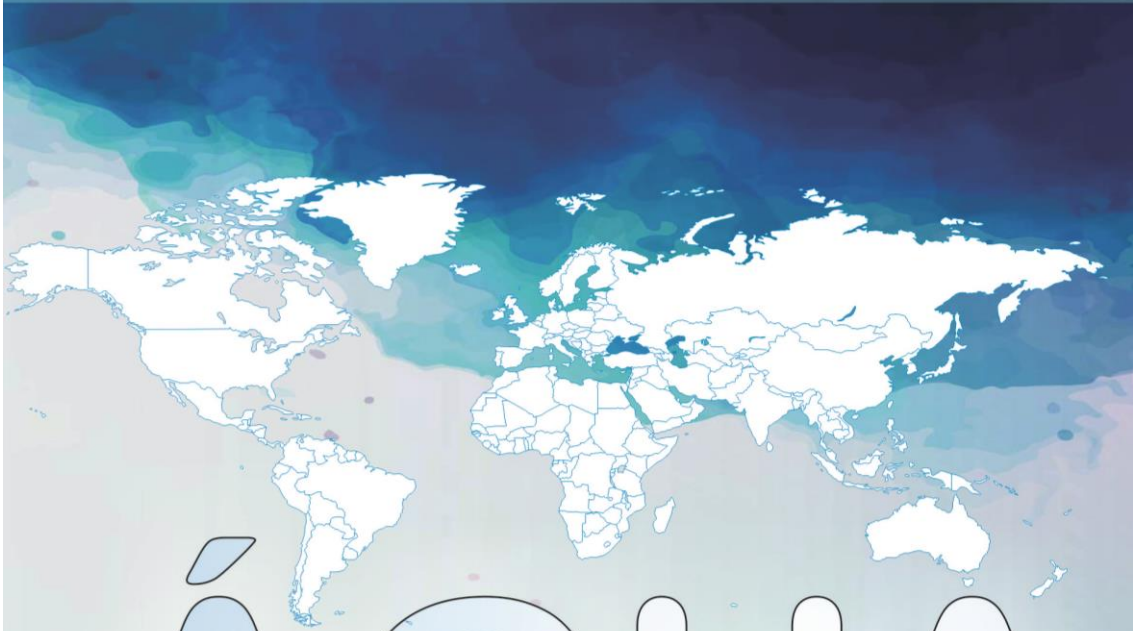


PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO  
ORG.



# ÁGUA

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
E COMPARTILHAMENTO

# ÁGUA

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E COMPARTILHAMENTO**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG**

A282 Água: Desenvolvimento sustentável e compartilhamento/  
Organizador: Francisco, Paulo Roberto Megna.

— Campina Grande: EPGRAF, 2018.  
117 f.: il. color.

ISBN: 978-85-60307-33-3

1. Engenharias. 2. Recursos Naturais. 3. Conservação.  
4. Água. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.  
As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.  
Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.

**Editoração, Revisão e Arte da Capa**

Paulo Roberto Megna Francisco

**Créditos de Imagens da Capa**

Freepick.com

**Conselho Editorial**

Aline Costa Ferreira (CCTA-UFCG)

Djail dos Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

Eduardo Rodrigues Viana de Lima (CCEN-UFPB)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CCT-UEPB)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes Alcântara (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco  
(Organizador)

# ÁGUA

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E COMPARTILHAMENTO



1.a Edição  
Campina Grande-PB  
2018

Realização



Apoio



**SUMÁRIO**

<i>APRESENTAÇÃO*</i> .....	6
<i>Capítulo 1</i> .....	7
<i>O Fórum Mundial da Água e sua História</i> .....	7
<i>Capítulo 2</i> .....	10
<i>Sistemas de drenagem urbana: desafios para a sua adequada implantação e manejo sustentável</i> .....	10
<i>Capítulo 3</i> .....	14
<i>Monitoramento da poluição atmosférica por meio da análise de metais em água das chuvas</i> .....	14
<i>Capítulo 4</i> .....	26
<i>Avaliação do emprego de energia fotovoltaica como fonte de energia alternativa em reator de Eletrocoagulação/flotação para tratamento de efluente da indústria têxtil</i> .....	26
<i>Capítulo 5</i> .....	39
<i>Qualidade de água em reservatório de brejo de altitude sob seca extrema</i> .....	39
<i>Capítulo 6</i> .....	49
<i>Resíduos sólidos na praia Martim de Sá, Caraguatatuba/SP – Potenciais poluidores da areia e da água<sup>1</sup></i> .....	49
<i>Capítulo 7</i> .....	65
<i>Avaliação de impacto ambiental das águas do rio Traíras na reserva Legado Verdes do Cerrado (LVC) no município de Niquelândia, Goiás, Brasil</i> .....	65
<i>Capítulo 8</i> .....	77
<i>Análise da distribuição espacial dos parâmetros físico-químicos e químicos de qualidade da água de abastecimento do bairro do Guamá, Belém-PA</i> .....	77
<i>Capítulo 9</i> .....	92
<i>Uso de geotecnologias aplicadas no levantamento batimétrico da barragem Saulo Maia, Areia/PB</i> .....	92
<i>Capítulo 10</i> .....	101
<i>Água de chuva no semiárido Nordeste: Significação social, simbologias e práticas sociais sustentáveis</i> .....	101
<i>Capítulo 11</i> .....	112
<i>Água, a Próxima Guerra</i> .....	112
<i>Curriculum do Organizador</i> .....	117

## APRESENTAÇÃO\*

O acesso ao saneamento básico e à água potável, em qualidade e quantidade adequadas, constitui requisito indispensável para a nossa existência e para a dignidade de cada um de nós. Sabemos, no entanto, que nas últimas décadas os recursos hídricos têm se tornado cada vez mais escassos, devido a fatores como as mudanças climáticas, os modelos de desenvolvimento econômico adotados por nossa sociedade, o crescimento populacional desordenado, em especial nas zonas urbanas, além das alterações provocadas no solo pelo manejo inadequado da terra.

Chegamos a um ponto em que 80% da população mundial vive em áreas com alta ameaça à segurança hídrica. Tal ameaça se traduz, principalmente, no aumento de situações extremas como as enchentes e as secas. Em Pernambuco, por exemplo, as cheias devastaram dezenas de cidades da zona da mata no último inverno, e a estiagem tem castigado o Nordeste há pelo menos 6 anos. Por tudo isso, os especialistas são unânimes em reconhecer que, se não adotarmos um modelo sustentável para uso da água, nosso mais precioso recurso mineral, corremos grandes riscos de falharmos como civilização.

Desde 1997, o espaço ideal para trocar experiências, analisar problemas e buscar soluções relacionadas ao uso consciente da água é o Fórum Mundial da Água, o maior evento global sobre o tema. A convenção, que conta tradicionalmente com a participação dos principais especialistas, gestores e organizações envolvidas com a questão da água no planeta, além do público em geral, será realizada pela primeira vez no hemisfério sul, entre os dias 18 e 23 de março de 2018, na cidade de Brasília.

A escolha de nosso país como sede da oitava edição deste Fórum Mundial é bastante razoável, na medida em que concentramos 12% da reserva de água doce do mundo, temos uma das matrizes energéticas mais limpas do planeta e, ao mesmo tempo, vivemos a dicotomia do excesso de água em alguns lugares e de sua escassez em tantos outros.

Todavia, sabemos que não existe solução para este problema que não passe pela conscientização de todos os atores da sociedade sobre o uso racional da água para o uso doméstico e industrial, mas principalmente para o uso agrícola.

Precisamos atender às necessidades do presente sem comprometer ainda mais nosso ecossistema nem as gerações futuras, e isto requer o compartilhamento da água e de seus benefícios de maneira inclusiva, buscando segurança alimentar, fontes verdes de energia, infraestrutura inteligente, consumo responsável e irrigação eficiente.

As aplicações das ciências agrícolas e dos diversos ramos da engenharia, que sempre foram determinantes para nosso desenvolvimento socioeconômico, passam a assumir um protagonismo ainda maior no que diz respeito à implementação de tecnologias sustentáveis para o manejo da água e, conseqüentemente, para a segurança hídrica de nossa população.

A esperança de uma nova vida, de uma vida menos sofrida e com mais oportunidades para milhões de sertanejos, por exemplo, passa pela transposição do rio São Francisco, a maior e mais importante obra de engenharia hídrica da história do país.

Dessa forma, gostaríamos de destacar a relevância deste evento, em que temos a oportunidade de promover debates altamente qualificados, trocar as experiências exitosas e formular propostas concretas para os desafios relacionados aos recursos hídricos.

É importantíssimo que os engenheiros e agrônomos de todo o Brasil se façam representados no oitavo Fórum Mundial da Água. A participação de nossas categorias profissionais neste tipo de espaço é fundamental para chegarmos a soluções que garantam a disponibilidade e o manejo sustentável da água.

Por fim, como membro da Frente Parlamentar em defesa da engenharia, agronomia e tecnologia da Assembleia Legislativa de Pernambuco, colocamos nosso colegiado a inteira disposição para a promoção de debates, simpósios e seminários no âmbito da comissão. Sugestões de projetos de lei ou de implementação de políticas públicas que tenham como escopo melhorar a infraestrutura hídrica.

Seguiremos fiscalizando e cobrando, dos órgãos públicos e instituições responsáveis, a conclusão das obras necessárias para que as águas do São Francisco cheguem, de fato, à casa de milhões de sertanejos que delas dependem e providências para que as enchentes da zona da mata não voltem a se repetir.

**José Humberto Cavalcanti**  
*Deputado Estadual de Pernambuco*  
Março de 2018

\*Discurso proferido na cerimônia de abertura da Reunião Preparatória da Engenharia e da Agronomia para o 8.º Fórum Mundial da Água promovida pelo Sistema Confea/Crea/Mútua.

## *O Fórum Mundial da Água e sua História*

**Paulo Roberto Megna Francisco<sup>1</sup>  
Dermeval Araújo Furtado<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pós-Doutor em Ciência do Solo, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

<sup>2</sup>Dr. em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, dermeval@deag.ufcg.edu.br

### **Introdução**

De acordo com o World Water Forum (WWF, 2018), o Fórum Mundial da Água é o maior evento global sobre o tema água, é organizado pelo Conselho Mundial da Água, que é uma organização internacional que reúne interessados no tema e tem como missão “promover a conscientização, construir compromissos políticos e provocar ações em temas críticos relacionados à água para facilitar a sua conservação, proteção, desenvolvimento, planejamento, gestão e uso eficiente, em todas as dimensões, com base na sustentabilidade ambiental, para o benefício de toda a vida na terra”.

É uma Organização internacional fundada em 1996, com sede permanente na cidade de Marselha, na França, o Conselho Mundial da Água é uma organização internacional que reúne cerca de 400 instituições relacionadas à temática de recursos hídricos em aproximadamente 70 países. O Conselho é composto de representantes de governos, da academia, sociedade civil, de empresas e organizações não governamentais, formando um significativo espectro de instituições relacionadas com o tema água.

O Fórum Mundial da Água contribui para o diálogo do processo decisório sobre o tema em nível global, visando o uso racional e sustentável deste recurso. Por sua abrangência política, técnica e institucional, o Fórum tem como uma de suas características principais a participação aberta e democrática de um amplo conjunto de atores de diferentes setores, traduzindo-se em um evento de grande relevância na agenda internacional (WWF, 2018).

### **Histórico**

O Fórum é organizado a cada três anos pelo Conselho Mundial da Água juntamente com o país e a cidade anfitriã. Ao todo, já ocorreram sete edições do evento em sete países de quatro continentes: África, América, Ásia e Europa.

Em 2014, a candidatura do Brasil foi selecionada, e Brasília foi escolhida como cidade-sede do evento. Desse modo, o Brasil sediará, em 2018, a 8ª edição do Fórum, e o evento ocorrerá pela primeira vez no hemisfério sul (WWF, 2018).

O Fórum Mundial da Água, organizado pelo Conselho Mundial da Água, é o mais importante evento do setor água. A cada três anos, um país e uma cidade são anfitriões desta importante iniciativa.

Sete edições já foram realizadas conforme a Figura 1: Marrakesh, Marrocos, 1997; Haia, Holanda, 2000; Kyoto, Japão, 2003; Cidade do México, México, 2006; Istambul, Turquia, 2009; Marselha, França, 2012; e Gyeongju e Daegu, Coréia do Sul, 2015 (WWF, 2018).

O 1º Fórum Mundial da Água, realizado em Marrakesh, Marrocos, em 1997, reuniu cerca de 400 participantes e discutiu o papel da água potável no desenvolvimento sustentável, enfatizando temas como saneamento, energia e meio ambiente.

O 2º Fórum Mundial da Água, realizado em Haia, Holanda, em 2000, reuniu cerca de 5.700 participantes de 130 países, e teve como tema central “A Visão da Água para o Futuro”, discutindo a gestão de recursos hídricos, os modelos de financiamento do setor, os impactos ambientais, e a redução da pobreza.

O 3º Fórum Mundial da Água, realizado em Kyoto, Japão em 2003, teve 12.000 participantes, cerca de 1.000 jornalistas e 130 ministros de estado de mais de 100 de países. A agenda do priorizou a discussão de compromissos assumidos pela comunidade internacional e visou uma maior articulação institucional para o enfrentamento dos desafios futuros.

O 4º Fórum Mundial da Água, realizado na Cidade do México, em 2006, reuniu cerca de 15.000 participantes, 1.500 jornalistas, representantes oficiais de 140 países, 120 prefeitos e 78 ministros de estado. Foram discutidos temas como “água para crescimento e desenvolvimento”, “implementando a



gestão integrada dos recursos hídricos”, “água potável e saneamento para todos”, “água para alimento e meio ambiente” e “gestão de riscos”.

O 5º Fórum Mundial da Água foi realizado em Istambul, Turquia, em 2009, reuniu mais de 25.000 participantes. O tema central do evento “Superar os Divisores de Água” contemplou abordagens como: “mudança global e gestão de risco”, “progredindo no desenvolvimento humano e nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio”, “administrando e protegendo os recursos hídricos”, “governança e gestão”, “financiamento” e “educação, conhecimento e desenvolvimento de capacidades” (WWF, 2018).

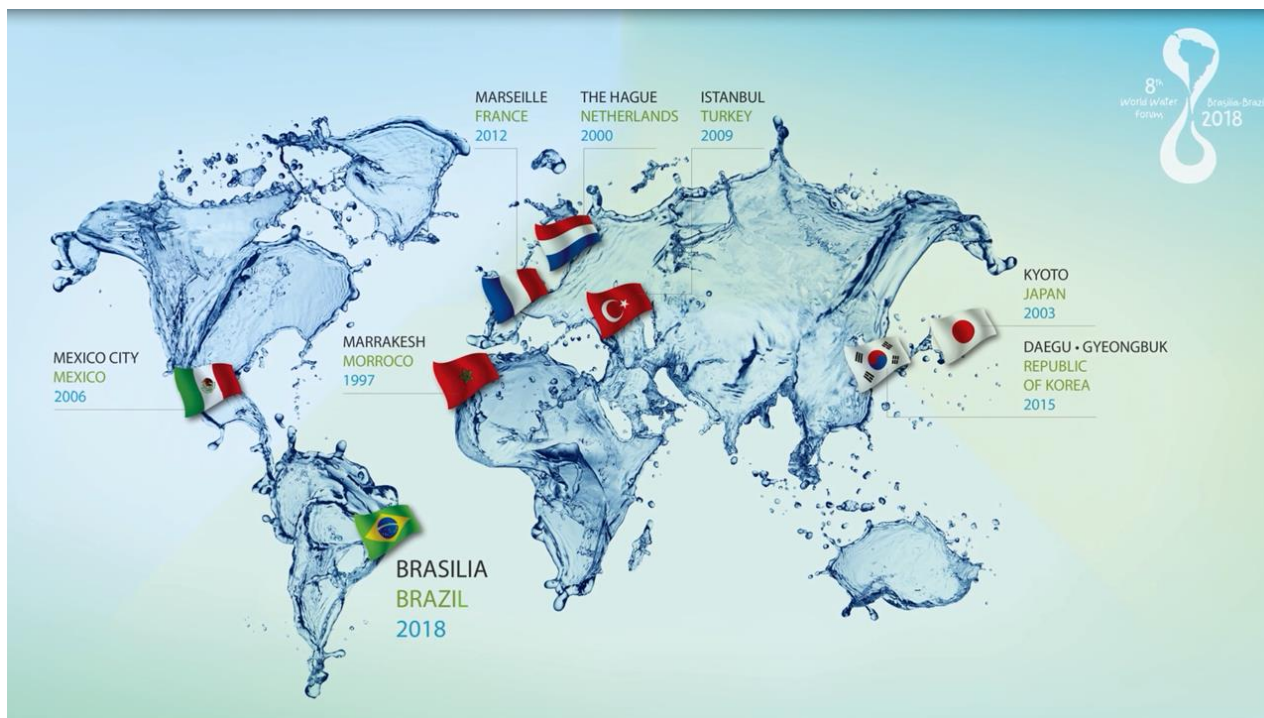


Figura 1. Imagem dos países onde se realizaram os Fóruns. Fonte: World Water Forum (WWF, 2018).

O 6º Fórum Mundial da Água, realizado em Marselha, em 2012, reuniu mais de 35.000 visitantes de 173 países, dos quais mais de 20.000 participaram de Sessões Técnicas, Regionais e Políticas. Participaram, ainda, 15 Chefes de estado, governos e secretários da Comunidade Europeia, 112 Ministros, Vice-Ministros e Secretários de Estado, 176 delegações oficiais e organizações internacionais, mais de 750 membros dos poderes locais e estaduais, incluindo 250 prefeitos e 250 parlamentares, mais de 500 empresas e instituições patrocinadoras, 2.800 representantes de ONGs e da sociedade civil e 900 jornalistas credenciados.

O 7º Fórum Mundial da Água, realizado nas cidades de Daegu e Gyeongju, em 2015, reuniu mais de 40.000 participantes de 168 países. Participaram 9 Chefes de Estado, governos e secretários da Comunidade Europeia, 80 Ministros, Vice-Ministros e Secretários de Estado e mais de 100 membros dos poderes locais, incluindo prefeitos e parlamentares. Com o tema “Água para o nosso Futuro”, promoveu mais de 400 sessões temáticas envolvendo Representantes de empresas privadas, organizações não governamentais, academia, governos, instituições internacionais e sociedade local (WWF, 2018).

### Inovação no evento

Para o evento no Brasil foi criado o Grupo Focal de Sustentabilidade, que é transversal a todos os outros processos do 8º Fórum Mundial da Água. O Grupo busca assegurar que as questões de sustentabilidade sejam incorporadas nos processos das demais comissões do Fórum, mapeando as oportunidades de desenvolver um evento ainda mais sustentável.

Esta inovação na agenda do evento principal pretende atrair contribuições e sugestões sobre temas relacionados à água e sua importância social, econômica e ambiental, do ponto de vista dos diversos interessados e de setores institucionais. De modo que as ações propostas por esse grupo possam contribuir de maneira efetiva para desenvolver modelos e práticas de gestão da água mais sustentáveis.

O Grupo promoverá o debate sobre os vários aspectos do uso sustentável dos recursos hídricos, à luz de compromissos multilaterais já existentes, e a observação de desafios atuais, especialmente em países com instituições setoriais fragilizadas ou que sofram deficiências significativas, incluindo dificuldades de acesso à água potável.

### **Considerações**

Neste interim, foi idealizado esta coletânea que engloba palestras, pesquisas de profissionais e pós-graduando de diversas áreas das engenharias com o objetivo de trazer novas contribuições e soluções dos problemas da realidade encontrada no país.

Acredita-se que após esse grandioso evento, o Brasil representado pelos diversos órgãos de governabilidade, dê um passo largo em busca das soluções sugeridas.

Espera-se também que surjam novos resultados de pesquisas que colaborem com o desenvolvimento e bem-estar da população brasileira.

### **Referências**

WWF. World Water Forum. 8º Fórum Mundial da Água. 2018. Disponível em: <http://www.worldwaterforum8.org/pt-br/8%C2%BA-f%C3%B3rum-mundial-da-%C3%A1gua-18-23-de-mar%C3%A7o-de-2018>. Acesso em: 12 de janeiro de 2018.

WWF. World Water Forum. 8º Fórum Mundial da Água. 2018. Disponível em: <http://www.worldwaterforum8.org/pt-br/edi%C3%A7%C3%B5es-anteriores>. Acesso em: 12 de janeiro de 2018.

## ***Sistemas de drenagem urbana: desafios para a sua adequada implantação e manejo sustentável***

**Ricardo de Aragão**

Dr. em Engenharia, Prof. da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB,  
ricardoaragao2005@gmail.com

### **Introdução**

O crescimento populacional acelerado e a sua conseqüente urbanização acontecem em diversas áreas das cidades brasileiras. Para a construção de moradias, comércio e implantação de indústrias, grandes áreas são desmatadas e posteriormente impermeabilizadas, o que impede a infiltração da água que precipita, contribuindo com o aumento do volume escoado na superfície, que quando não encontra condições suficiente para a correta destinação, provoca inundações.

A urbanização desordenada nos grandes centros e a conseqüente impermeabilização ocorrem, principalmente, devido à falta de planejamento e aplicação de soluções adequadas para a ocupação do solo urbano e contribuem para o lançamento de esgoto sanitário e resíduos sólidos no sistema de drenagem de águas pluviais, também chamado de sistemas de drenagem urbana (SDU). Observa-se o descaso por parte de alguns gestores públicos quanto à implantação e manutenção dos SDU, principalmente os canais principais. Somando a este fato, nota-se uma ausência de leis e normas federais, estaduais e municipais e também de literatura especializada e atualizada para o correto desenvolvimento de projetos dos SDU adequados a realidade da região onde serão implantados.

Esses fatores criam desafios aos projetistas e a órgãos municipais relacionados aos SDU para o correto planejamento, implantação e gestão, de forma que, apesar de todos os problemas já vivenciados e as experiências adquiridas, inundações continuam a ocorrer. Estes e outros aspectos serão discutidos em detalhes nos itens a seguir.

### **Sistemas de Drenagem Urbana (SDU)**

De acordo com o Plano Nacional de Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Sustentável (BRASIL, 1995), saneamento é definido como um conjunto de ações, obras e serviços considerados prioritários em programas de Saúde Pública, sendo composto de: abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos, controle da poluição de vetores e roedores e sistemas de drenagem urbana (SDU).

Os SDU são essencialmente sistemas preventivos de inundações, principalmente nas áreas marginais de cursos naturais de água ou nas áreas mais baixas das bacias (fundos de vales, planícies de inundação) que são sujeitas a alagamentos. As razões para a implantação dos SDU são: segurança: garantia para o tráfego de veículos de pedestres; econômicas: conservação das ruas e proteção das propriedades devido a danos causados pelo acúmulo excessivo de águas pluviais; higiênicas: afastamento das águas das primeiras chuvas, que arrastam consigo impurezas orgânicas, e possuem micro-organismos patogênicos.

### **Classificação e elementos constituintes**

Os SDU são classificados de acordo com suas dimensões em sistemas de microdrenagem (incluem a coleta e afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através galerias, sarjetas, bocas de lobo) e sistemas de macrodrenagem (sistemas de microdrenagem, canais e rios canalizados). Dos conceitos relacionados aos SDU os seguintes são muito utilizados: enchente - fenômeno fluvial em que um rio não conseguindo dar vazão à água que afluí num determinado ponto, eleva o nível das águas; inundação - invasão de um local pelas águas, que pode ser da chuva, de um rio que transbordou ou acumulação de água por drenagem deficiente; alagamento - existência de água empoçada em determinado local.

Pode-se dizer que as inundações e os alagamentos são processos criados pela humanidade, pois a medida que urbaniza, impermeabiliza e não trata corretamente as águas coletadas sobre os pavimentos. A impermeabilização pode levar a um aumento do pico de vazão das cheias em até 7 vezes e a redução do tempo que as águas levam para trafegar (tempo de concentração), de acordo com o grau de impermeabilização da bacia urbana.

Do ano 2000 até 2007 a população metropolitana brasileira cresceu 10% enquanto a população do resto do Brasil cresceu 6,5% (IBGE, 2016). No mesmo período, a taxa de urbanização saiu de 81,23% para 83,48%, o que se reflete em uma maior impermeabilização e aumento na frequência de eventos de inundação (TUCCI, 2007).

### **A canalização dos córregos naturais**

Uma vez que as inundações se tornaram mais frequentes nas áreas urbanas a solução pensada a curto e médio prazo é sempre a de canalização dos corpos hídricos urbanos (rios, riachos, córregos). Estes são, paulatinamente, retificados e aprofundados para melhor conduzir as águas que escoam, sendo uma solução não sustentável, pois funciona bem até que o nível de impermeabilização da bacia a montante aumente. A bacia de contribuição, bem como a que receberá os efluentes não são levadas em consideração e por consequência, a população que nelas vivem (principalmente as mais carentes) também serão penalizadas.

O excesso de pavimentos absorve muito calor, o que faz dos centros urbanos ilhas de calor com temperatura elevada, alta humidade e chuvas intensas. Para a cidade de São Paulo, existe uma tendência de aumento de precipitações de 4,5% (cenário de menor emissão de carbono) e de 31% (altas emissões e maiores períodos de retorno) (SCHARDONG et al., 2014).

### **Legislação e normas relacionadas à drenagem urbana**

Apesar da importância do tema em questão (SDU), ele é citado indiretamente pelas Leis nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001), também conhecida como Estatuto das cidades e pela lei nº 11.447, de 05 de janeiro de 2007, conhecida como lei do Saneamento Básico. Para a primeira, a política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante: plano diretor; medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres. Para a segunda, como princípios fundamentais do serviço público de saneamento básico, tem-se o abastecimento de água, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e águas pluviais.

Em termos de normas brasileiras, apenas duas delas tratam indiretamente de SDU: NBR-9794 - Tubo de Concreto Armado de Seção Circular para Águas Pluviais (ABNT, 2003); NBR-15645 - Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto (ABNT, 2008). Isto mostra uma ausência de leis e normas que tratam dos projetos, implantação, manutenção e fiscalização dos SDU.

Assim, dentre os desafios e dificuldades para o desenvolvimento de projetos de sistemas de drenagem urbana no Brasil está o fato de não se ter normas para orientar sobre o projeto e a execução destes sistemas. Como consequência, os projetos são concebidos com base em critérios muito diferentes uns dos outros, sendo difícil, e as vezes até impossível, de se fazer uma padronização. Ou seja, não se tem literatura atualizada nem normas sobre o tema, apesar da vasta experiência obtida por parte das diversas instituições brasileiras.

### **Quais as consequências da falta de normas para SDU?**

A drenagem de águas pluviais é tratada a parte, de forma isolada e pontual. Por isso a bacia não é considerada como um todo e sim somente a parte a que compete o projeto, transferindo-se o problema devido as inundações para jusante. A rede de drenagem pluvial também é utilizada para conduzir esgoto doméstico/comercial, e resíduos sólidos.

De acordo com Haddad e Barufi (2017), considerando dados de 2008, o prejuízo para o Brasil com os alagamentos ocorridos em São Paulo foi de R\$762 milhões ao ano. Cada ponto de alagamento registrado, causará no final do ano uma perda de produto interno bruto (PIB) de R\$1 milhão. No período de 1991 a 2012 foram registrados 4691 eventos de inundação e destes, 25% na região Nordeste e 34% na região Sudeste (CEPED/UFSC, 2013).

### **Soluções para um Manejo Sustentável das Águas Pluviais**

Ao longo das últimas décadas, diversas soluções foram propostas para lidar com o problema da inundação e estas serão discutidas a seguir:

Gestão integrada das águas urbanas/projetos ambientalmente sustentável – Os serviços de abastecimento de água, resíduos sólidos, rede de esgoto sanitário e de drenagem urbana precisam ser integrados de forma a evitar que resíduos sólidos sejam jogados nos canais de drenagem e evitar a

interligação dos sistemas de esgotamento sanitários com a drenagem. Deverá haver também uma severa fiscalização quanto ao projeto de SDU e a execução dos mesmos, para garantir que aquilo que foi autorizado foi efetivamente executado.

Plano diretor de planejamento urbano (PDU) – Lei municipal que permite a adequada ocupação do município, definindo o que pode e o que não pode ser implantado na cidade. Deve ser aplicado a cidades com mais de 20.000 habitantes, ou que estejam em região metropolitana ou mesmo que seja de interesse histórico. No Brasil, 1718 municípios estão no perfil acima citado e destes 178 ainda não possuem plano diretor. Dos que possuem, poucos fizeram atualização nos últimos dez anos. Dos que possuem um PDU, poucos possuem um plano diretor de drenagem urbana (PDDU), que trata das obras de drenagem, destino das águas urbanas e a maneira mais racional para remoção destas águas. Na sua ausência, desatualização ou descumprimento do plano, as cidades serão penalizadas com engarrafamentos, construções irregulares e em locais inadequados, dentre outras penalidades.

Medidas compensatórias ou de controle da inundação – as técnicas ou medidas compensatórias procuram compensar as consequências da urbanização tanto em qualidade quanto em quantidade, agindo de forma integrada com os elementos da bacia drenada, com o urbanismo e com o menor impacto ao meio ambiente. Estas medidas são classificadas em estruturais (requerem obras civis de engenharia que geralmente modificam a bacia de forma local ou em abrangência) e não-estruturais (utilizam instrumentos que não alteram o regime de escoamento superficial). Como obras compensatórias estão os piscinões, o aproveitamento de água de chuva, os telhados verdes, etc.

### **Caminhos para um Manejo Sustentável das Águas Urbanas**

Para que as inundações sejam mitigadas ou reduzida nos vários cantos do Brasil, faz-se necessário, dentre outras atividades as seguintes:

Criação de normas técnicas que contemplem as situações a nível nacional, bem como peculiaridades de cada região;

Capacitação de técnicos e criação de manuais para projeto de drenagem urbana com base nas normas técnicas e no conceito de sustentabilidade;

Mudança de concepção/pensamento de projetistas e gestores: do pensamento da eficiência hidráulica como solução de todos os problemas (pensamento higienista) para o pensamento de ser a bacia de contribuição como unidade (pensamento sustentável);

Educação ambiental e controle do processo de urbanização (planejamento urbano, compensação de efeitos, integração urbanística...);

Aprendizado sobre os processos hidrológicos urbanos monitoramento: conhecer o comportamento hidrológico urbano (diferentes realidades de ocupação do espaço) através da coleta de dados para os projetos de controle dos impactos;

Integração de ações via planejamento do uso do solo: Planos Diretores, Manuais, etc.;

Novas técnicas de drenagem: foco no controle do escoamento, qualidade da água, correta destinação dos resíduos sólidos, entre outros;

Integração do controle das águas urbana e dos serviços urbanos: drenagem urbana, abastecimento de água, coleta de resíduos sólidos, coleta e correta destinação dos esgotos domésticos, Integração da paisagem;

Incentivo à implantação dos SDU sustentáveis via financiamento;

### **Conclusão**

Apesar de todo o conhecimento hoje adquirido sobre inundações e sobre os SDU, faltam ações efetivas para o desenvolvimento de projetos adequados e a sua manutenção.

### **Referências**

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9794 - Tubo de Concreto Armado de Seção Circular para Águas Pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15645 - Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BRASIL. Plano nacional de saúde e ambiente no desenvolvimento sustentável. In: Conferência Pan-Americana sobre Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Humano Sustentável. Brasília: Ministério da Saúde. 1995. 104p.

BRASIL. Lei n. 10257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm). Acesso em: 11 de setembro de 2017.

BRASIL. Lei n. 11445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em: 11 de setembro de 2017.

CEPED UFSC. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 104p.

HADDAD, E. A.; BARUFI, A. M. B. From rivers to roads: Spatial mismatch and inequality of opportunity in urban labor markets of a megacity. *Habitat Internacional*, v.68, p.1-10, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Pesquisa de Informações Básicas Municipais (Munic). 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/protecaosocial/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?&t=downloads>. Acesso em: 11 de setembro de 2017.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas, Porto Alegre, ABRH/RHAMA. 393p. 2007.

SCHARDONG, A.; SIMONOVIC, S. P.; GARCIA, J. I. B. O possível efeito de mudanças climáticas e suas incertezas sobre afluências em sistemas de recursos hídricos REGA, v.11, n.2, p.53-65, 2014.

## ***Monitoramento da poluição atmosférica por meio da análise de metais em água das chuvas***

**Aldo Muro Jr.<sup>1</sup>**  
**Nelson Roberto Antoniosi Filho<sup>2</sup>**  
**Eliéser Viégas Wendt<sup>3</sup>**  
**Nicola Pittet Muro<sup>4</sup>**  
**Gabriel Marinho e Silva<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Professor Titular, IFG/UFG/LAMES, murojr@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Associado IV, IQ/UFG/LAMES, Goiânia/GO, niliantoniosi@gmail.com

<sup>3</sup>Mestre em Química, IQ/UFG/LAMES, elieserwendt@gmail.com

<sup>4,5</sup>Acadêmicos em Engenharia Ambiental e Sanitária, Engenharia/UFG, Goiânia/GO, nicmuro@gmail.com  
gabrielmarinho03@outlook.com

### **Introdução**

O desenvolvimento urbano provoca efeitos deletérios sobre o ambiente mediante a alteração do ciclo hidrológico, causado pela redução de áreas permeáveis, que acarreta o aumento do escoamento superficial, através da minimização de áreas permeáveis nos grandes centros urbanos (PUSCH, 2007).

A impermeabilização do solo faz com que haja um maior volume de evaporação das águas pluviais (DIAS et al., 2013), causando enchentes nas metrópoles, que além do transtorno que incrementa o caos urbano, carrega os contaminantes que se acumularam durante períodos de estiagem nos telhados, fachadas de prédios, calçadas e outros pontos.

Esses particulados são capazes de aglutinar substâncias tóxicas, seja por simples depósito ou por adsorção, que quando lixiviadas pelas águas pluviais, atingem o solo, os corpos d'água e o ar atmosférico, através da evaporação, principalmente em países em que o clima quente é predominante, como o Brasil (JACOBI, 1997; DAVIS, 2001; BOLLER, 2002), ou em regiões cuja precipitação tenha sido alterada pela emissão de gases e partículas durante a estação seca, provenientes de ações antrópicas e queimadas (ARTAXO, 2005).

A água da chuva é uma importante fonte de contaminação ambiental difusa, pois é capaz de carrear a longas distâncias elementos-traço contidos nas águas pluviais, oriundos da contaminação por ações antropogênicas de fontes fixas e móveis, merecendo especial atenção pelos órgãos de controle ambientais (CORREA et al., 2012), tanto pelo elevado grau de toxicidade dos metais que são levados juntamente com as águas das chuvas, quanto pela capacidade de impacto ambiental a curto prazo que os metais têm sobre o ambiente, dada a sua incapacidade em degradar-se e pela bioacumulação nos seres vivos (DAVIS, 2001).

Metais como Zn, Pb, Ca, Cu, Cd, Cr e Ni, oriundos de processos de lixiviação de materiais de construção, telhas, deposição atmosférica, desgaste dos freios e da borracha dos pneus que deixam partículas no solo, vazamentos de gasolina e óleo que são derramados dos veículos, constituem exemplos de onde advém os elementos-traço que são lançados na natureza pelas fontes de emissão mais comuns que compõem a rotina dos centros urbanos, isso sem contar com a emissão efetuada pelas indústrias em centros cujo cunho econômico seja fulcrado na produção industrial (AHKTER, 1993; LEE, 1999; LOUGH et al., 2005; PRESTES et al., 2006; PUSCH, 2007).

A capacidade de transportar elementos-traço por águas das chuvas é tão grande, que foram encontrados Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn, em remota região marinha da ilha das Bermudas, situada à aproximadamente 1.000 Km a leste da América do Norte, em estudo realizado através da coleta da água da chuva, durante um ano, com coletores de polietileno, em regiões afastadas de tráfego de veículos, árvores e construções (JICKELS, 1984).

Bunio et al. (2010), além das doenças cardiovasculares e pulmonares que já são amplamente atribuídas à elevação da concentração de poluentes atmosféricos (ARTAXO, 1991; DOCKERI, 1993; DEMAJOROVIC, 1996; JACOBI, 1997; HABERMANN, 2012), correlacionaram a incidência de doenças do metabolismo, como diabetes e obesidade e a presença de elementos-traço na água da chuva, como indicador indireto da existência de poeira em suspensão no ar atmosférico. Demonstraram, ainda, que

houve o incremento da frequência de hospitalização ocasionada pela deterioração do sistema endócrino da população de Opole Voivodeship, uma cidade de um milhão de habitantes na Polônia, distribuída em comunidades que variavam de 44.000 a 151.000 habitantes, durante os anos de 2000 a 2002. Para as síndromes relacionadas a diabetes, houve forte correlação entre a presença de crômio, cádmio, chumbo e zinco, nos indivíduos de ambos os sexos, que foram objeto do estudo (BUNIO et al., 2010).

A problemática da presença de elementos-traço em águas da chuva tem sido objeto de estudo em diversos países, em função dos danos à saúde que acarreta. Báez et al. (2007), analisaram a água das chuvas na Cidade do México, encontrando diversos metais traço como Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, V e Al, sendo este último elemento o que apareceu em maior concentração, devido a emissões antropogênicas. Na Grécia foram encontrados elementos-traço na atmosfera, oriundos de fontes de emissão artificiais e naturais, devido a emissões do Vulcão Etna, em Nápoles, na Itália, devido à facilidade de transporte de poluentes a longas distâncias pelas correntes de ar, principalmente oceânicas (ANATOLAKI, 2009), com observação semelhante de poluentes oriundos de veículos e fontes naturais vulcânicas, por Gonzáles (2012), em um estudo realizado em uma cidade Andina média, na Colômbia.

O desenvolvimento econômico e a forte produção industrial também têm gerado emissões de partículas na atmosfera, tanto que, a partir do início deste século, começaram a ser objeto de publicações que demonstraram a presença de particulados contendo elementos-traço em importantes capitais brasileiras, principalmente as industrializadas, como Rio de Janeiro, Curitiba e São Paulo (De MELLO, 2000; LEAL et al., 2004; PUSCH, 2007; DA CONCEIÇÃO, 2011).

De Mello (2000) encontrou, na região metropolitana do Rio de Janeiro, maiores quantidades de particulados na atmosfera, contendo metais em época de chuvas, em relação do quantitativo observado em períodos de estiagem.

Em São Paulo, maior e mais poluída cidade brasileira, figurando, ainda, entre as 20 piores cidades do mundo em termos de poluição atmosférica (ARTAXO, 1991), abriga, na região metropolitana, 20 milhões de habitantes e a parcela de 1/5 da frota veicular do país. A maior capital brasileira apresenta uma grande variação de particulados durante o dia, principalmente durante os dias úteis, em horários mais quentes, tendo a presença de elementos-traço nos particulados, além dos compostos CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>, normalmente presentes em metrópoles (BACKMAN et al., 2012), predominando a ocorrência de Cd, Pb e Cu, em suspensão no ar atmosférico durante o período de chuvas (FONTENELE, 2009).

Um estudo realizado em Curitiba, grande centro urbano situado na Região Sul do Brasil, onde o clima é temperado, simulou a lixiviação da água da chuva em freios, telhados e em reservatórios contendo resíduos de óleos lubrificantes, que foram lavados com chuva sintética, aplicada com um borrifador, para a produção de amostras de deposição atmosférica seca e úmida, coletadas em um galão de material plástico, tipo PET. Este estudo foi capaz de detectar a liberação de diversos metais, que seriam levados pela água das chuvas, onde, em ordem crescente de abundância, foram encontrados Zn, Pb, Cu e Cd (PUSCH, 2007).

Mesmo cidades menores, contudo, com fortes ações antrópicas provocadas por emissões de indústrias de cimento, apresentam particulados no ar atmosférico contendo elementos-traço, conforme encontrado nas cidades de Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro, cidades do estado do Sergipe, Região Nordeste do Brasil, cuja população é de, respectivamente, 29.603 e 160.829 habitantes (IBGE, 2010), tendo em seu ar atmosférico a presença de Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, S, Sr e Zn.

Assim, o presente estudo objetiva a determinação da presença de elementos-traço, na cidade de Goiânia, situada na Região Centro-Oeste, capital do Estado de Goiás que, diferentemente das grandes metrópoles industrializadas e apresentadas como objeto de monitoramento, tem predominância econômica regional na atividade agropecuária.

## Material e Métodos

O local de estudo foi a cidade de Goiânia (-16,67°L, -49,25°N), capital do estado de Goiás, situada na Região Centro-Oeste do Brasil, cuja população é, segundo o Censo realizado em 2010, de aproximadamente 1.300.000 habitantes, distribuída em uma área de 733 Km<sup>2</sup>. A capital goiana conta com uma frota veicular de mais de 1.000.000 de veículos, o que equivale a dizer que, em 2012, cada 1,22 goianiense tem um veículo à sua disposição. Em 2011 este número era de 1,27 habitante por veículo, mostrando que a frota veicular cresce mais que a população local.

O bioma goianiense é o Cerrado e a atividade principal da cidade é o setor de serviços, porém situada em um estado eminentemente agropecuário (IBGE, 2010).



Foram escolhidos cinco pontos para a coleta da água das chuvas, com base nos trabalhos efetuados por Muro e Antoniosi Filho (2013) e por Brait e Antoniosi Filho (2010), elegendo os pontos onde houve maior concentração de poluentes atmosféricos na capital goiana. Os pontos onde foram alocados os coletores de água da chuva estão indicados na Figura 1 e nas coordenadas geográficas indicadas na Tabela 1.

As coletas de amostras de água de chuva foram executadas do período de 18/02/2013 a 18/03/2013.

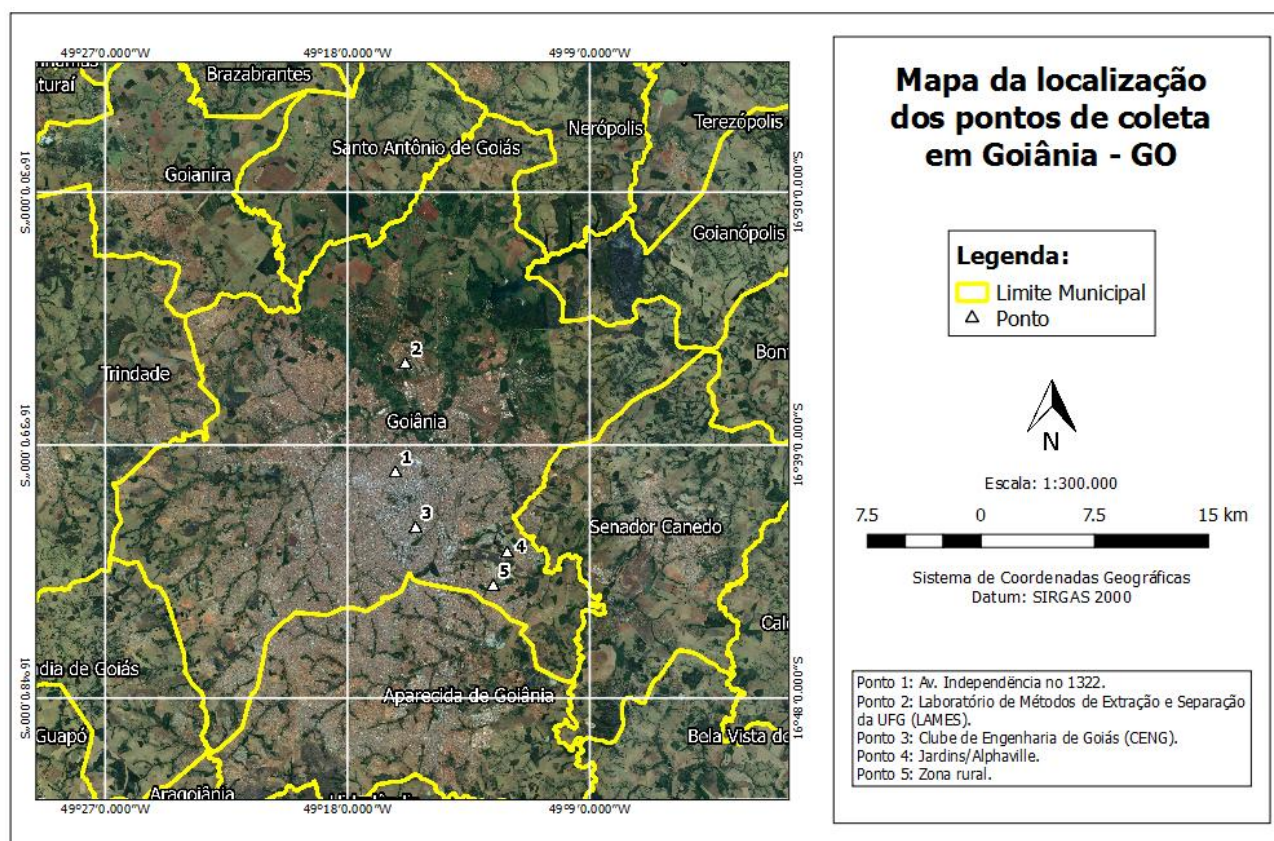


Figura 1. Localização espacial dos cinco pontos onde foram alocados os coletores de água das chuvas, juntamente com o posicionamento da cidade de Goiânia, no território brasileiro.

Tabela 1. Coordenadas UTM e geográficas dos pontos de coleta

Ponto	Local de instalação dos SISCO	X (UTM)	Y (UTM)	LATITUDE	LONGITUDE
1	Avenida Independência	684463	8156514	16°40'00"S	49°16'13"O
2	Campus II UFG/ LAMES	685182	8163659	16°36'08"S	49°15'51"O
3	Clube de Engenharia	685783	8152826	16°41'58"S	49°15'28"O
4	Alphaville/Jardins	693259	8150657	16°42'51"S	49°12'04"O
5	Zona Rural	690856	8149018	16°44'02"S	49°12'35"O

Para a análise da composição química da água da chuva, em Goiânia, foi efetuada a coleta em frascos de polietileno de “boca larga”, com capacidade de 1L, previamente submetidos a procedimento de descontaminação por imersão em ácido nítrico 10% por 24 horas, tríplice lavagem com água deionizada grau Mili-Q® e secagem completa.

Imediatamente após o início da chuva, os frascos de plástico para a coleta de água da chuva foram dispostos sobre um pedestal de 1,0 m de altura (Figura 2), em relação ao solo e posicionados em campo aberto, à distância mínima de 50 metros de raio de qualquer fonte que pudesse causar contaminação na amostra de água da chuva, tais como árvores, telhados ou quaisquer tipos de construções capazes de carrear sedimentos pelo vento para os recipientes de coleta, de maneira que toda a água que foi coletada nos frascos de vidros, foi unicamente oriunda da precipitação da água, pelas chuvas.



Figura 2. Pedestal para disposição de frascos de coleta de água de chuva.

As eventuais contaminações ocorridas por pouso de algumas aves no sistema de coleta, ou acúmulo de sedimentos visíveis nos frascos, fizeram com que as amostras fossem descartadas.

Após a coleta, as amostras foram transferidas para frascos de polietileno de 100 mL, também submetidos a procedimento de descontaminação, e acidificadas com ácido nítrico 70% Metal Ultra Puro da Vetec®.

A análise de metais foi realizada via ICP-OES da Thermo Fisher Scientific, modelo iCAP 6300 Duo, com os seguintes acessórios: tubos de tygon, nebulizador concêntrico, câmara de nebulização ciclônica e tubo central de 2mm.

Os comprimentos de onda foram escolhidos levando em consideração as linhas de maior intensidade e de menor número de interferentes, ou seja: Al (396,152 nm), B (249,773 nm), Ba (455,403 nm), Be (234,861 nm), Bi (223,061 nm), Ca (393,366 nm), Cd (214,438 nm), Co (228,616 nm), Cr (267,716 nm), Cu (324,754nm), Fe (259,940 nm), K (769,896 nm), Li (670,784 nm), Mg (280,270 nm), Mn (257,610 nm), Mo (202,030 nm), Na (588,995 nm), Ni (231,647 nm), P (178,284 nm), Pb (220,353 nm), Sn (189,989 nm), Sr (421,552 nm), Ti (337,280 nm), Tl (190,856 nm), V (292,402 nm) e Zn (206,200 nm).

As leituras foram realizadas utilizando visão axial da tocha, rotação da bomba de 50 RPM, vazão do gás argônio auxiliar de 0,5 L min<sup>-1</sup>, pressão do gás argônio de nebulização de 0,16 Mpa e potência na fonte de 1250 Watts.

Os limites de quantificação foram calculados a partir da multiplicação do desvio padrão de 10 análises do branco (água Milli-Q acidificada) por 10, dividido pelo coeficiente angular da respectiva curva de calibração.

## Resultados e Discussão

No total foram coletadas 06 amostras no Ponto 1, 02 amostras no Ponto 2, 04 amostras no Ponto 3, 04 amostras no Ponto 4 e 06 amostras no Ponto 5.

A concentração média de elementos-traço que foram encontrados na água das chuvas em Goiânia, em relação aos cinco pontos de coleta, seguindo a ordem quantitativa decrescente, foi: Ca>Al>Sr>Mg>Fe>Na>Zn>Mn>Ba. As concentrações de elementos-traço encontradas nos cinco pontos em que foi efetuada coleta de água estão relacionados na Tabela 2 juntamente com os limites de exposição humana para ambientes ocupacionais determinados pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2009) e com os limites para o consumo humano de água, conforme preconizado pela norma

brasileira Resolução CONAMA nº 357, alterada pelas Resoluções CONANA nº 410/2009; e 430/2011 (CONAMA, 2012).

A escolha dos limites de emissões ocupacionais se deve ao fato de que aqueles limites normalmente levam em consideração a exposição humana às substâncias patogênicas, durante um intervalo de tempo médio de 8h/dia. Como a exposição aos poluentes contidos no ar atmosférico seco ou úmido, é maior do que o tempo utilizado como limite à subsunção ocupacional, tais limites foram utilizados como referência, para a exposição humana e comparados com os níveis de poluição por elementos-traço encontrados na água das chuvas em Goiânia.

Tabela 2. Concentração média de elementos-traço [mg/m<sup>3</sup>] encontrados em Goiânia, comparados com os limites ocupacionais estabelecidos pela OMS e pelo CONAMA, para águas de consumo humano

[mg/m <sup>3</sup> ]	Alphaville	Av. Ind.	CENG	LAMES	Rural	Expos <sup>(1)</sup>	Água <sup>(2)</sup>
Al	86,11	94,54	55,04	36,16	152,55	0,01	100
Ba	< L. Q.	< L. Q.	< L. Q.	0,48	< L. Q.	- <sup>(3)</sup>	700
Ca	2494,72	3208,20	2001,64	97,41	61,43	0,005	-
Fe	30,83	17,03	13,54	49,93	17,50	-	300
Mg	43,13	52,41	31,66	17,41	13,71	-	-
Mn	0,63	< L. Q.	0,29	0,68	0,80	0,001	100
Na	< L. Q.	0,0241	0,0633	< L. Q.	0,02156	-	-
Sr	13,70	17,98	11,23	< L. Q.	< L. Q.	-	-
Zn	2,83	1,41	1,69	1,98	0,51	0,001	180

(1) Limites de exposição ocupacional. (2) Limites de emissão em águas doces para consumo humano. (3) “-” Ausência de limites, tanto nos padrões da OMS, quanto nas normas brasileiras.

Analisando-se os níveis de contaminação de elementos-traço na água das chuvas, depreende-se que, para os elementos Al, Ca, Mn e Zn, houve contaminação ambiental acima dos limites indicados pela OMS, como sendo não patogênicos à saúde humana. Os elementos-traço Ba, Fe, Mg, Na e Sr, apesar de terem sido detectados na água das chuvas, não apresentam limites estabelecidos pela OMS (WHO, 2009). As representações dos quantitativos dos elementos-traço comparados com os limites definidos pela OMS, estão contidos nas Figuras 3 a 11.

A comparação por meio de histogramas, entre os quantitativos de elementos-traço encontrados na água das chuvas, com limites permitidos para água, pela norma brasileira, está representada na Figura 12.

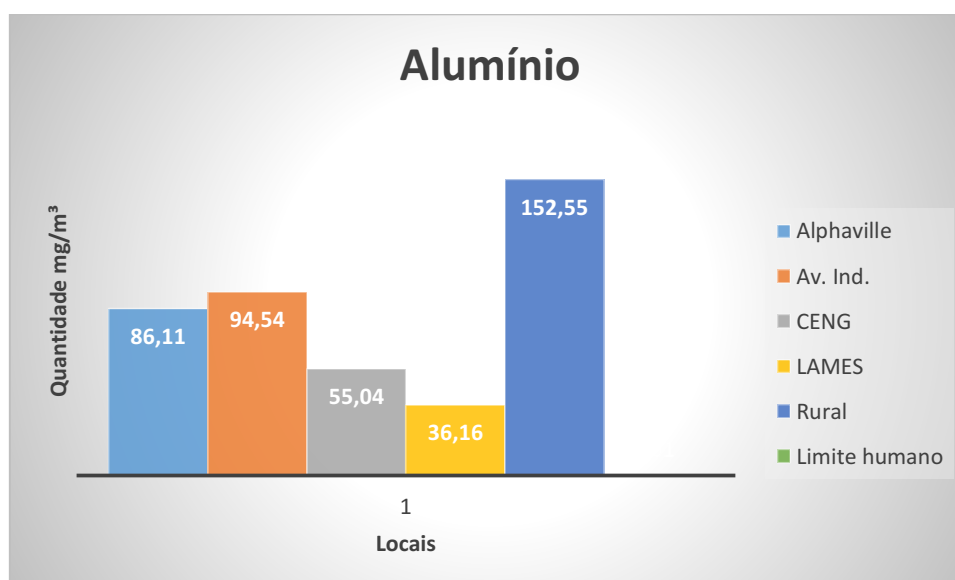


Figura 3. Níveis de emissão de Alumínio nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis considerados aceitáveis pela OMS.

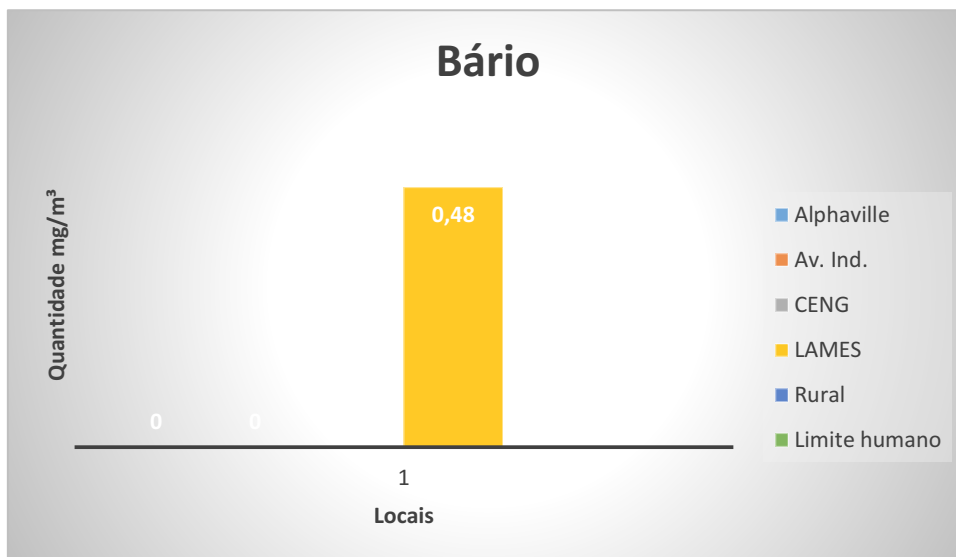


Figura 4. Níveis de emissão de Bário nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis considerados aceitáveis pela OMS.

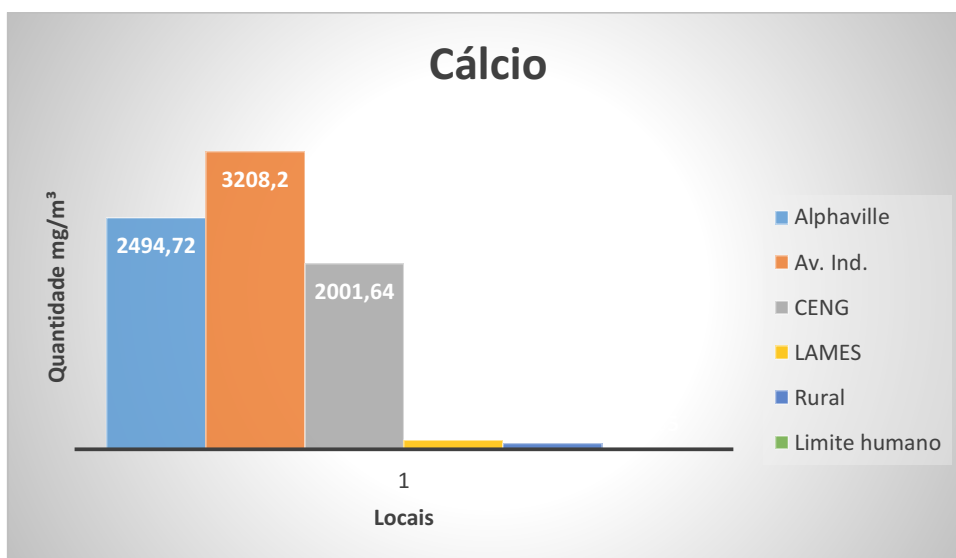


Figura 5. Níveis de emissão de Cálcio nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis considerados aceitáveis pela OMS.

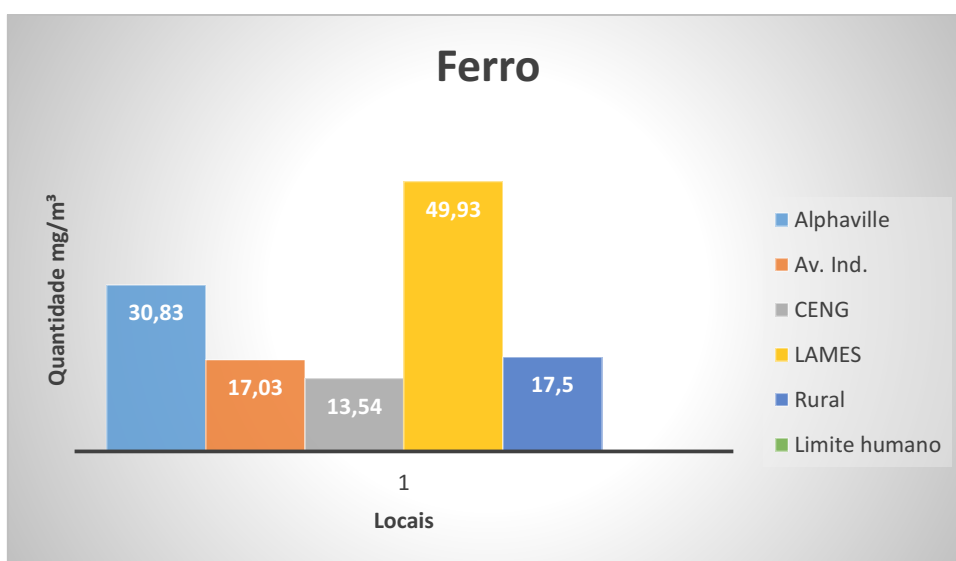


Figura 6. Níveis de emissão de Ferro nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis considerados aceitáveis pela OMS.

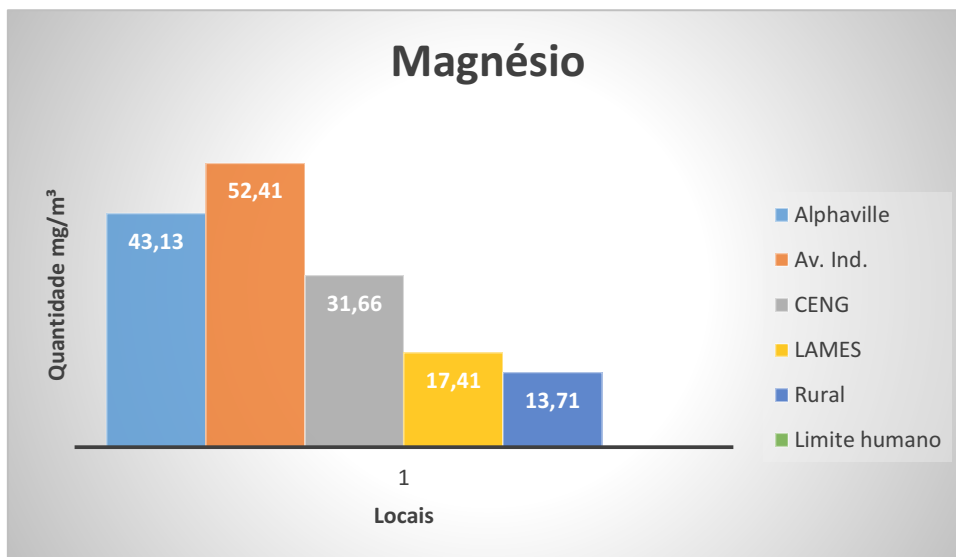


Figura 7. Níveis de emissão de Magnésio nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis considerados aceitáveis pela OMS.

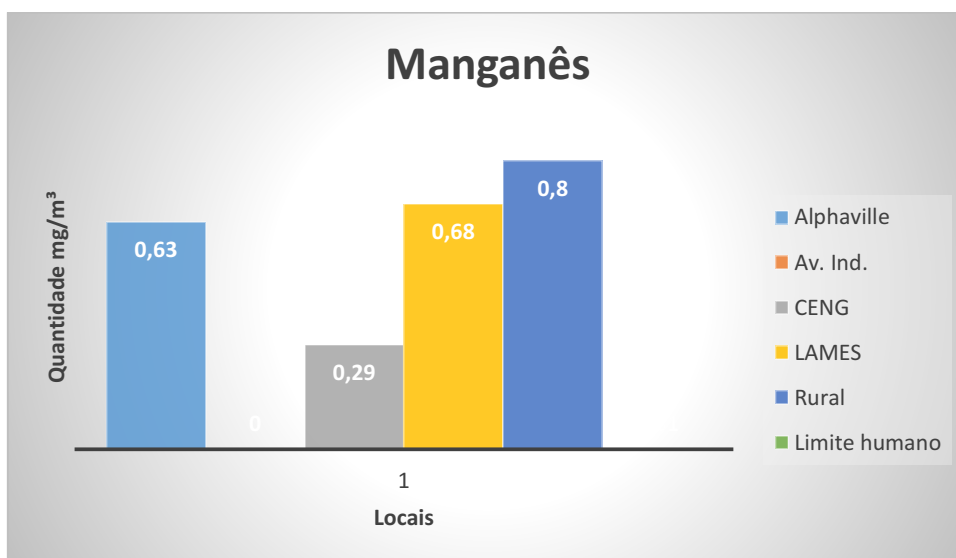


Figura 8. Níveis de emissão de Manganês nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis considerados aceitáveis pela OMS.

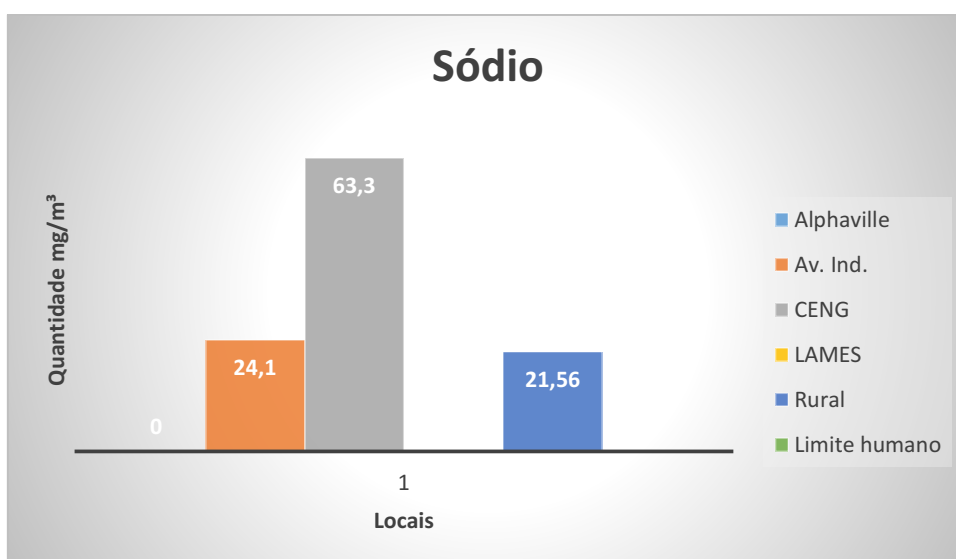


Figura 9. Níveis de emissão de Sódio nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis considerados aceitáveis pela OMS.

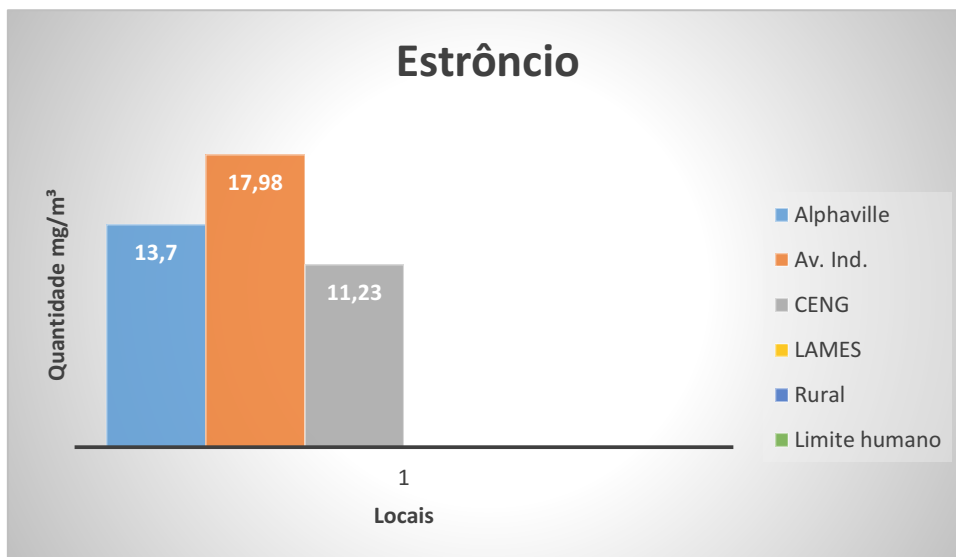


Figura 10. Níveis de emissão de Estrôncio nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis considerados aceitáveis pela OMS.

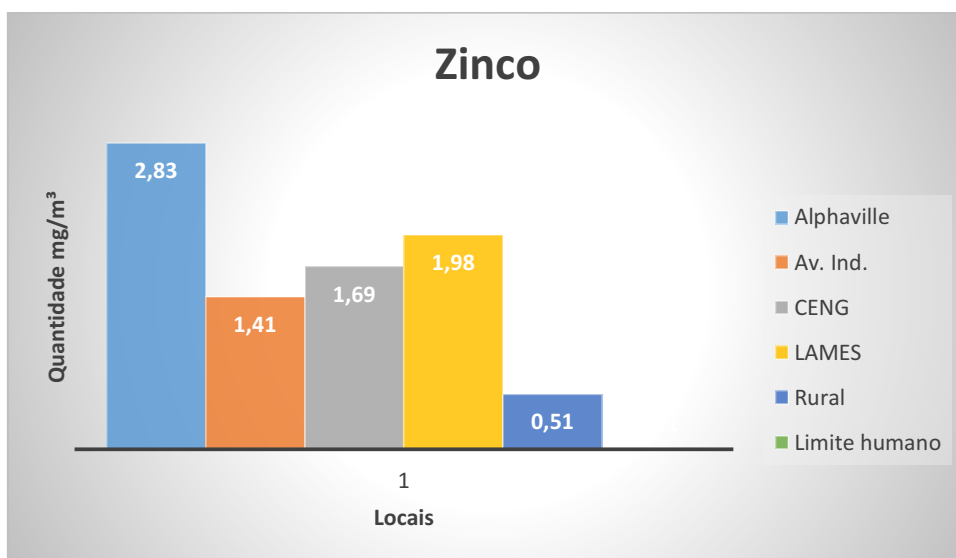


Figura 11. Níveis de emissão de Zinco nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis considerados aceitáveis pela OMS.

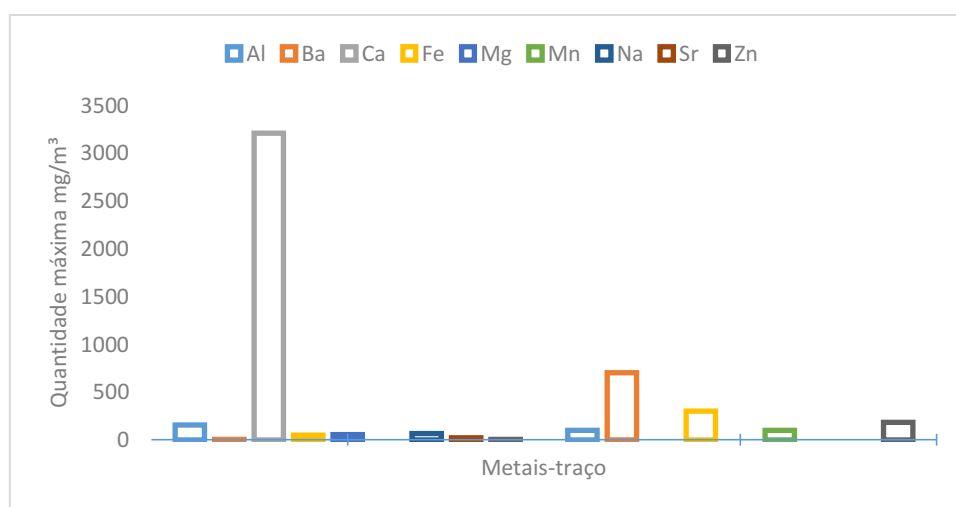


Figura 12. Níveis de emissão de elementos-traço nos 5 pontos de coleta, comparados com os níveis constantes da norma brasileira, para o consumo humano de água doce.

Os elementos-traço que foram encontrados na água das chuvas, da cidade de Goiânia, demonstram que há contaminação condizente com as emissões antropogênicas de uma capital com mais de um milhão de habitantes.

Todos os elementos-traço que foram objeto de estudo: Alumínio, Bário, Cálcio, Ferro, Magnésio, Manganês, Sódio, Estrôncio e Zinco, apresentaram limites acima do que a OMS prevê como patogênicos, indicando que na capital goiana, já existe poluição do ar atmosférico, haja vista que o inc. III, do art. 3º, III, da Lei nº 31 de agosto de 1981 – Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), define como poluição o estágio avançado da degradação ambiental, isto é, quando os níveis de contaminantes ambientais já estão a prejudicar a saúde, a segurança e o bem estar da população, bem como afetando negativamente a biota, e cujos lançamentos de matérias ou de energias, estejam em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A presença dos elementos-traço Alumínio, Cálcio e Zinco na água das chuvas, em Goiânia, Figuras 3, 5 e 11, pode ser justificada pelo fato desses metais serem relativamente abundantes na crosta terrestre, normalmente encontrados no ar, na água e na água das chuvas, em consequência, em todas as cidades do mundo, tendo como causa principal de incremento de seus quantitativos no ambiente, as emissões de origem antropogênicas, por fontes fixas e móveis (WHO, 2009).

A elevada presença de Cálcio nas amostras de águas das chuvas nas regiões do Alphaville, CENG e Av. Independência, Tabela 2 e Figura 5, provavelmente ocorreu pela elevada intensidade de construções que há nos locais, devido ao boom de crescimento por que passa Goiânia, já tendo sido demonstrado que os resíduos da construção civil, costuma carrear para o ar atmosférico e, conseqüentemente, para a água das chuvas, particulados contendo o elemento-traço Cálcio (MAY, 2004), inclusive em altas concentrações, em regiões marinhas e interioranas (MOREIRA-NODERMANN, 1997; de MELLO, 2000; LEAL et al., 2004; DA CONCEIÇÃO, 2011).

A presença dos elementos-traço Ba, Fe, Mg, Na e Sr, Figuras 4, 6, 7, 9 e 10, demonstra claramente a influência das emissões antrópicas sobre a poluição atmosférica.

O Bário está presente nas rochas, minerais, solo e ar, tendo sua principal fonte de emissão a evaporação de tintas e vernizes, vidro e defensivos agrícolas. Observando-se a Tabela 2 e a Figura 4, depreende-se que o elemento-traço somente foi encontrado no LAMES. Acredita-se que a presença de tal elemento naquele local se deve ao grande fluxo de ônibus e outros veículos que transitam nas proximidades e às emissões efetuados pelos exaustores das capelas dos laboratórios da Universidade Federal de Goiás, que acabou por contaminar, mesmo que pontualmente, a precipitação das águas, pelas chuvas, uma vez que o metal somente se apresentou em uma única amostra analisada.

O Ferro, apesar de ser um elemento essencial à manutenção de todas as formas de vida, principalmente nos mamíferos, devido à sua função de transporte do oxigênio, deve ser controlado no ambiente, pois a OMS considera como limite máximo de presença do metal no organismo humano, a quantidade de 0,8 mg/Kg de massa corporal (WHO, 2009). A contaminação pelo metal-traço Ferro foi encontrada em todas as cinco localidades em que foi coletada a água das chuvas, em Goiânia, Tabela 2, Figura 6, o que era esperado pela elevada emissão de poeira contendo o metal em suspensão, oriundo das atividades da área de metal-mecânica.

O Magnésio foi encontrado em todas as regiões em que houve coleta de água das chuvas, Tabela 2 e Figura 7, contudo, pode-se observar que os maiores quantitativos presentes nas amostras de água das chuvas, contendo o metal-traço, ocorreu na região onde há maior atividade industrial, que é a Avenida Independência e a Região do Alphaville/Jardins, devido à proximidade dos municípios de Aparecida de Goiânia e Senador Canedo, que pela expansão urbana, já fazem parte da Grande Goiânia, sendo locais de elevada atividade industrial, muitas delas clandestinas ou jejunas de licenciamento ambiental. Atenção deve ser dada ao elemento-traço Magnésio, devido às doenças degenerativas cerebrais e osteoporose que provoca e, principalmente, pelo fato de ser um indicador indireto da poluição veicular, quando presente no ar ou na água das chuvas (GOLWER, 2006)

O Sódio também está presente abundantemente na crosta terrestre, principalmente em regiões marinhas, contudo, a presença desses elementos-traço na atmosfera pode causar doenças do sistema nervoso e respiratório, bem como irritação dos olhos (DE AZEVEDO, 2003, WHO, 2009). A maior concentração de sódio nas águas das chuvas goianas ocorreu no LAMES, Tabela 2, Figura 9, provavelmente pelo mesmo fato ocorrido com o Bário, isto é, emissões veiculares e/ou pelos laboratórios da Universidade Federal de Goiás.

O estrôncio é normalmente encontrado em locais onde haja atividades de mineração, deixando sua presença no ar atmosférico, também, quando ocorrem pulverizações de fertilizantes. A maiores

concentrações de estrôncio nas águas pluviais, em Goiânia, ocorreu nas localidades da Avenida Independência e na Região do Alphaville/Jardins, respectivamente. Acredita-se que a atividade de mineração que há no município de Senador Canedo, contígua à área Sul da Grande Goiânia, foi a causadora da emissão de tal metal-traço, sendo carregado pelos ventos até o CENG e a Av. Independência, Tabela 2, Figura, 10.

Os elementos-traço Ba, Fe, Mg, Na e Sr, apesar de terem sido detectados na água das chuvas, não apresentam limites estabelecidos pela OMS (WHO, 2009).

Os níveis de concentração de poluentes inorgânicos em sistemas hídricos delimitados pelas normas brasileiras, encontram-se em índices muito mais elevados daqueles previstos para o ar atmosférico, Tabela 2, Figura, 12. Contudo, o controle da poluição atmosférica é fundamental, pois a precipitação contínua que ocorre no ciclo hídrico, com a presença de elementos-traço já em quantidades superiores ao limite condizente com a manutenção da saúde humana, fará com que a deposição da água das chuvas no solo, evaporação e despejo nos corpos hídricos, atinjam os níveis elevados normativos de poluição, previstos para a água de consumo humano, confirmando a tese de que o recurso natural “ar” é o primeiro a ser atingido pelas ações antrópicas e naturais.

### Conclusão

O monitoramento da qualidade do ar ambiental, através da análise da água das chuvas é capaz de trazer seguros indicativos de poluição atmosférica.

A concentração média de elementos-traço que foram encontrados na água das chuvas em Goiânia, em relação aos cinco pontos de coleta, seguindo a ordem quantitativa decrescente, foi: Ca>Al>Sr>Mg>Fe>Na>Zn>Mn>Ba.

A cidade de Goiânia apresenta poluição ambiental pelos elementos-traço: Al, Ca e Zn, todos nocivos à saúde humana, de acordo com os índices estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde – OMS.

Os elementos-traço Ba, Fe, Mg, Na e Sr, encontrados na água das chuvas, podem causar patologias à saúde humana, apesar de não terem seus limites de emissão definidos pela OMS.

Faz-se necessária a elaboração de uma norma capaz de compelir o Poder Público a efetuar o monitoramento e o controle dos elementos-traço, sem inclui-los dentro dos limites de matérias particulados, pois os quantitativos, mesmo que mínimos desses elementos, são prejudiciais à saúde humana.

### Agradecimentos

O autor agradece à Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG; e ao Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – CONFEA, pelo apoio financeiro.

### Referências

- ANATOLAKI, C.; TSITOURIDOU, R. Relationship between acidity and ionic composition of wet precipitation. A two years study at an urban site, Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research*, v.92, p.110-113, 2009.
- AKHTER, M. S.; MADANY, I. M. Heavy metals in street and house dust in Bahrain. *Water, Air and Soil Pollution*, v.66, p.111-119, 1993.
- ARTAXO, P. A problemática da poluição do ar em regiões metropolitanas. *Ambiente urbano e qualidade de vida*, Pólis, v.3, p.28-36, 1991.
- ARTAXO, P.; GATTI, L. V.; LEAL, A. M. C.; LONGO, K. M.; DE FREITAS, S. R.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T. M.; PROCÓPIO, A. S.; RIZZO, L. V. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazônica*, v.35, p.185-196, 2005.
- BACKMAN, J.; RIZZO, L. V.; HAKALA, J.; NIEMINEN, T.; MANNINEN, H. E.; MORAIS, F.; AALTO, P. P.; SIIVOLA, E.; CARBONE, S.; HILLAMO, R.; ARTAXO, P.; VIRKKULA, A.; PETÄJÄ, T.; KULMALA, M. On the diurnal cycle of urban aerosols, black carbon and the occurrence of new particle formation events in springtime São Paulo, Brazil, *Atmos. Chem. Phys.*, v.12, p.11733-11751, 2012.
- BÁEZ, A.; BELMONT, R.; GARCÍA, R.; PADILLA, H.; TORRES, M. C. Chemical composition of Rainwater collected at a southwest site of Mexico City, Mexico. *Atmospheric Research*, v.86, p.61-75, 2007.
- BOLLER, M. Urban waste management in transition in: *Toward sustainable urban management*. EAWAG News, v.57, p.23-28, 2002.



- BUNIO, A.; SZYGULA, R.; TUBEK, S.; KRASOWSKI, G. The content of elements in Rainwater and its relation to the frequency of hospitalization for diabetes and obesity in Opole Voivodship, Poland, during 2000-2002. *Biological Trace Element Research*, v.136, p.149-156, 2010.
- BRAIT, C. H. H.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Desenvolvimento e aplicação de sistema passivo de coleta de poluentes atmosféricos para monitoramento de Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn e particulados totais. *Química Nova*, v.33, p.7-13, 2010.
- BRASIL, Decreto-Lei nº 4.657, de 4 de setembro de 1942. Lei de Introdução às normas do Direito Brasileiro (Redação dada pela Lei nº 12.376, de 30 de dezembro de 2010). Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del4657.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del4657.htm). Acesso em: fevereiro de 2018.
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resoluções do CONAMA vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: MMA, 2012.
- CORREA, S. M.; DE SOUZA, C. V.; SODRÉ, E. D.; TEIXEIRA, J. R. Volatile organic compound emissions from a landfill, plume dispersion and the tropospheric ozone modeling. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v.23, p.496, 2012.
- DA CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; NAVARRO, G. R. B. Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual na bacia d Alto Sorocaba (SP). *Química Nova*, v.34, p.610-616, 2011.
- DAVIS, A. P.; SHOKOUHIAN, M.; NI, S. Loading estimates of lead, cooper, cadmium and zinc in urban runoff from specific sources. *Chemosphere*, v.44, p.997-1009, 2001.
- DE MELLO, W. Z. Precipitation chemistry in the coast of Metropolitan Region of Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Pollution*, v.114, p.235-242, 2000.
- DEMAJOROVIC, J.; MACDOWELL, S. Meio ambiente, condições de vida e políticas sociais. *Boletim de Conjuntura Política e Social. FUNDAP*, v.21, p.68-72, 1996.
- DIAS, M. A. F. S.; DIAS, J.; CARVALHO, L. M. V.; FREITAS, E. D.; DIAS, P. L. S. Changes in extreme daily rain fall for São Paulo, Brazil. *Climatic Change*, v.113, p.705-722, 2012.
- DOCKERY, D. W.; POPE, C. A.; XU, X.; SPENGLER, J. D.; WARE, J. H.; FAY, M. E.; FERRIS JR., B. G.; SPEIZER, F. E. An association between air pollution and mortality in six U. S. Cities. *The New England Journal of Medicine*, v.9, p.1753-1759, 1993.
- FONTENELE, A. P. G.; PEDROTTI, J. J. Avaliação de metais traços e íons majoritários em águas de chuva na cidade de São Paulo. *Química Nova*, v.32, p.839-844, 2009.
- GONZÁLES, C. M.; ARISTIZÁBAL, B. H. Acid rain and particulate matter dynamics in a mid-sized Andean city: The effect of rain intensity on ion scavenging. *Atmospheric Environment*, v.60, p.164-171, 2012.
- HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. Motor vehicle traffic and cardiovascular mortality in male adults. *Revista de Saúde Pública*, v.46, p.26-33, 2012.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados\\_dou/SE2010.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_dou/SE2010.pdf). Acesso em: abril de 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo das cidades 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=520870#>. Consultado em fevereiro de 2018.
- JACOBI, P. R. (coord.) Poluição do ar em São Paulo e resposta da ação pública. *Cadernos CEDEC*, v.60, 1997.
- JICKELLS, T. D.; KNAP, A. H. Trace metals in Bermuda Rainwater. *Journal of Geophysical Research*, v.89, p.1423-1428, 1989.
- LEAL, T. F. M.; FONTENELE, A. P. G.; PEDROTTI, J. J. Composição química majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. *Química Nova*, v.27, p.855-861, 2004.
- LEE, J. H.; BANG, K. W. Characterization of urban storm water runoff. *Wat. Res.*, v.34, p.1773-1780, 1999.
- LOUGH, G. C.; CHAUER, J. J.; PARKER, J. S.; SHAFER, S. M.; DEMINTERJ, J. WEINSTEIN, J. Emissions of metals associated with motor vehicle roadway. *Environmental Chemistry Technology*, v.39, p.826-836, 2005
- MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação de mestrado, 159 p. São Paulo, SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
- MOREIRA-NODERMANN, L. M.; GIRARD, P; RÉ POPPI, N. Química da precipitação atmosférica na cidade de Campo Grande – MS. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.15, 1997.
- Muro, Jr. Antoniosi Filho, N. R. Ribeiro Alves, M. I. Monitoramento da poluição atmosférica pela análise de PAH, via sistema de passivo de monitoramento ambiental. In: Congresso Técnico Científico da

Engenharia e da Agronomia – CONTECC 2016. Foz do Iguaçu, RS. Anais (on-line). Rio Grande do Sul, 2016. Disponível:

[http://www.confea.org.br/media/contecc2016/quimica/an%C3%A1lise%20de%20hidrocarbonetos%20arom%C3%A1ticos%20polic%C3%ADclicos%20\(pah\)%20no%20ar%20atmosf%C3%A9rico%20usando%20sistema%20passivo%20para%20monitoramento%20ambiental.pdf](http://www.confea.org.br/media/contecc2016/quimica/an%C3%A1lise%20de%20hidrocarbonetos%20arom%C3%A1ticos%20polic%C3%ADclicos%20(pah)%20no%20ar%20atmosf%C3%A9rico%20usando%20sistema%20passivo%20para%20monitoramento%20ambiental.pdf).

PRESTES, E. C.; ANJOS, V. E.; SODRÉ, F. F.; GRASSI, M. T. Cooper, lead and cádmium loads and behavior in urban stormwater runoff in Curitiba, Brazil. Journal of the Brazilian Chemical Society, v.17, p.53-60, 2006.

PUSCH, P. B. Inventário de cargas de metais a partir de fontes difusas de poluição. Dissertação (Mestrado) 99p. Universidade Estadual de Campinas, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Public Health and the Environment. Genebra, 2009. Disponível em: [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/national/countryprofile/angola.pdf](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/angola.pdf) Acesso em: fevereiro de 2018.

## ***Avaliação do emprego de energia fotovoltaica como fonte de energia alternativa em reator de Eletrocoagulação/flotação para tratamento de efluente da indústria têxtil***

**<sup>1</sup>Edson Alves de Jesus**

**<sup>2</sup>Janaina Moreira de Meneses**

**<sup>3</sup>Giovanna Feitosa de Lima**

**<sup>4</sup>Larissa Santana Batista**

**<sup>5</sup>Nayara Michele Silva de Lima**

<sup>1</sup>Engenheiro Ambiental - FPB, Mestrando em Energias Renováveis - UFPB. eajesus10@hotmail.com

<sup>2</sup>Professor. Faculdade Internacional da Paraíba. João Pessoa, PB, Brasil. janaina.meneses@fpb.edu.br

<sup>3</sup>Mestre em Engenharia Civil e Ambiental - UFCG, Especialista em Segurança do Trabalho - Unipê  
giovannafeitosa@gmail.com

<sup>4</sup>Mestre em Engenharia Civil e Ambiental - UFCG, Especialista em Gestão de Projetos – FGV  
larisantanabatista@gmail.com

<sup>5</sup>Técnica em Edificações – IFPE, Graduanda Engenharia Civil - Unifavip/Devry  
nayara-michele@hotmail.com

### **Introdução**

A água é o recurso natural mais abundante do planeta e é essencial a todos os seres vivos. Porém, devido às mudanças climáticas e denudação do solo, este recurso vem se tornando cada vez mais escasso e é afetado, em grande escala, pelas atividades industriais que causam a poluição dos mananciais. De acordo com dados do PNUD (2007) – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, a escassez vem se agravando a cada instante e a população mundial deverá entrar em estresse hídrico nos próximos anos, e ainda declara, que cada pessoa tem o direito humano a um mínimo de cerca de 20 litros de água por dia, independentemente da riqueza, localização, gênero ou grupo racial, étnico ou outro.

O avanço tecnológico beneficiou sobremaneira o setor industrial proporcionando aumento significativo em sua capacidade produtiva, como também o surgimento de novos produtos. Para Freire et al. (2012), essa evolução tornou-se de primeira necessidade, e a atividade industrial adquiriu um caráter essencial na sociedade contemporânea.

As indústrias espalhadas por todo o mundo, geralmente, procuram se instalar nas proximidades dos recursos hídricos e a realizar sua captação para uso na produção. Após a utilização da água em processo industrial, o efluente, provavelmente, se encontra contaminado e precisa ser tratado antes de ser descartado, de forma que não traga prejuízos ao meio ambiente. As águas subterrâneas são águas de subsuperfície, mas para a hidrogeologia é aquela que circula na “zona saturada”, ou seja, abaixo do nível freático, representando 21% do total da água doce do planeta ou 97% da água doce não-congelada (CPRM, 2005).

Diante de regulamentações mais rígidas e consciência ambiental, onde as empresas desejam consolidar uma imagem ambientalmente correta, estas vem buscando soluções eficazes para atender de forma econômica e eficiente os parâmetros estabelecidos pelas resoluções. Segundo a resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011, os efluentes industriais contaminados por substâncias poluidoras, antes de ser lançados nos corpos hídricos, precisam passar por processos de tratamentos, afim de atingir os padrões mínimos aceitáveis para o descarte nos meios hídricos, levando-se em conta a classificação destes, para evitar uma contaminação e transtornos expressivos culminando em desastre ambiental.

Com a finalidade de tratar efluente industrial, foram desenvolvidas várias técnicas de tratamento para melhorar os índices de qualidade. Para Crespilho et al. (2004) destacam-se os tratamentos físicos, que são caracterizados por métodos de separação de fases: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação e flotação dos resíduos, os processos biológicos e adsorptivos, por troca iônica e por oxidação química, processos oxidativos avançados e as unidades de osmose reversa.

Uma dessas técnicas empregadas é a eletrofloculação, também chamada de eletrocoagulação, que consiste basicamente, no emprego de um reator de simples operação, baixo custo e que se utiliza de energia elétrica para promover eletrodialise, ou seja, uma reação química no efluente que realiza a remoção dos poluentes (CRESPILHO et al., 2004). Para Meneses et al. (2012), essa técnica apresenta

algumas vantagens quando comparada aos métodos tradicionais, tais como: simplicidade, tempo de retenção do efluente, não uso de produtos químicos, facilidade de operação, sedimentação dos flocos eletrogeradores e menor produção do lodo.

A eletrofloculação/flotação é uma técnica empregada no tratamento de efluentes industriais desde o final do século XIX e tem se mostrado eficaz para alguns tipos de efluentes. Mas, apesar disso, tem encontrado resistência para ser implantado em longa escala devido a algumas desvantagens e viabilidade econômica (CERQUEIRA & MARQUES, 2012). Entretanto, Fornari (2007) relata alguma das dificuldades que podem ser encontradas no emprego desta técnica tais como: que os eletrodos precisam ser substituídos regularmente, porque pode ocorrer passivação dos eletrodos (fenômeno de formação de camada de oxigênio que impede a reação); o custo elevado de energia; perda da eficiência da unidade devido à formação de um filme no cátodo; e o efluente requerer alta condutividade.

No processo de eletrofloculação/flotação utiliza-se um reator que possui eletrodos de sacrifício de alumínio, que produzem íons  $Al_3^+$  por causa da aplicação de uma ddp (diferença de potencial) (CRESPILHO et al., 2004). Haja vista a aplicação do potencial elétrico e da preocupação acentuada com a preservação do meio ambiente, e ainda do reator necessitar de uma fonte de alimentação de energia, o emprego de fontes alternativas se torna uma questão *sine qua non* (LUIZ, 2013).

Uma das fontes de energias alternativas que se pode usar neste processo é a energia fotovoltaica, que algumas vezes pode ser confundida com a energia foto térmica. Entretanto, no sistema fotovoltaico a transformação da radiação solar em eletricidade ocorre de forma direta. Para que essa transformação aconteça utiliza-se um dispositivo conversor de energia solar em eletricidade, que é a célula fotovoltaica, e que quando associada à outras células formam um painel fotovoltaico, que vai ter sua capacidade de geração de corrente elétrica diretamente proporcional ao número desses painéis utilizados em ligação série ou série-paralelo, e também da incidência da radiação solar nos painéis (LOPEZ, 2012). Na energia térmica, por sua vez, a radiação solar é refletida através de dispositivos reflexivos e direcionada sobre uma pequena área. Essa concentração irá provocar o aquecimento e a condução do calor através do sistema (LOPEZ, 2012).

Segundo Lopez (2012), a energia solar encontra-se disponível em toda superfície da terra, sendo o Brasil um país privilegiado quanto a incidência da radiação solar, principalmente na região Nordeste, que mede valores típicos entre 1752 kWh/m<sup>2</sup> a 2190 kWh/m<sup>2</sup>. Entretanto, existem alguns fatores que afetam o desempenho global e precisam ser levados em consideração, pois causam variação quanto a eficiência e aproveitamento desta, cujos principais são: inclinação dos painéis em relação a superfície da terra; a não utilização de rastreador de sol, seja de 1 ou 2 eixos; direcionamento do ângulo azimutal para estrutura fixa; aceitação de carga durante o recarregamento da bateria; o horário de exposição à radiação solar em que as cargas são acionadas; nebulosidade do local da instalação; distância do sol ao local no qual se encontra instalado os captadores; época do ano; e ainda, as perdas relacionadas ao efeito Joule nos condutores e internamente no controlador de carga e no inversor (SHAYANI, 2006).

Usualmente no processo de tratamento de efluentes através do emprego da eletrocoagulação/flotação utiliza-se a energia elétrica gerada por fonte hídrica que é convertida em energia contínua por uma fonte AC/DC. Uma vez que a aplicação deste processo consome uma grande quantidade de energia se tornando uma grande desvantagem para o sucesso deste método, às vezes o tornando economicamente inviável, o desafio consiste no emprego de tecnologia que proporcione a utilização de outras fontes para alimentar o sistema (CERQUEIRA, 2011).

Visando atender os princípios de sustentabilidade (econômico, ambiental e social), o emprego da energia fotovoltaica como fonte geradora em um sistema de eletrodiálise para tratamento de efluentes industriais se torna uma possibilidade real, uma vez que Ortiz et al. (2007) já utilizaram para dessalinização de águas salobras. Eles concluíram, a partir dos seus experimentos, que o sistema de eletrodiálise empregando energia fotovoltaica pode ser realizado com sucesso, desde que, se tenha uma irradiação solar acima de 200 W/m<sup>2</sup>, pois assim chega a produzir 0,29 m<sup>3</sup>/h de água potável.

Quanto a eficiência da aplicação direta das células fotovoltaicas, Valero et al. (2003), garante m que a viabilidade deste método foi comprovada pela remoção do contaminante reativo Remazed Red 133 de um efluente têxtil, pois conseguiu-se remover uma porcentagem acima de 90%. Zhang et al. (2013), fizeram a aplicação direta de células fotovoltaicas no estudo de remoção do fosfato de águas naturais e constataram a diminuição da concentração de fosfato. E ainda, Dermentzisa et al. (2014), com o objetivo de reduzir os íons de cromo presentes num efluente de galvanoplastia, constataram uma remoção do cromo na ordem de 99%, com um consumo de cerca de 8,4 kWh para tratar 1 m<sup>3</sup> de água residual, e assim, comprovando a eficiência do processo.

Segundo Kobya et al. (2011), o custo operacional se sobressai dentro dos parâmetros mais importantes a serem analisados, quando da aplicação de qualquer método de tratamento. No processo de eletrocoagulação/flotação os custos se norteiam, principalmente, quanto ao consumo dos eletrodos, consumo e custo de energia, trabalho e manutenção do reator. Entretanto, para cálculos dos custos, deve-se considerar apenas o material e a energia necessária para o processo.

Kobya et al. (2011), ainda ressaltam que a aplicação de um processo na indústria, tem que ser uma alternativa atingível e competitiva, pois isso vai torná-lo economicamente viável. Sendo assim, o consumo de energia elétrica aplicada no processo de eletrofloculação/floração é um dos parâmetros que torna mais oneroso o custo operacional.

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a aplicação da energia fotovoltaica em um reator de eletrocoagulação/flotação construído em escala laboratorial, no tratamento de um efluente que simula o efluente da indústria têxtil, instalado no município de João Pessoa e comparar o custo deste tratamento quando aplicado fonte de energia convencional.

### Material e Métodos

Utilizou-se neste trabalho, um efluente modelo preparado no laboratório da Faculdade Internacional da Paraíba - FPB, contendo a substância de Eriocromo t diluído em água na proporção de 20g/l, simulando os efluentes coloridos e com contaminantes inorgânicos, gerados por empresas têxteis, conforme pode-se verificar na Figura 1. Foi preparado um volume de 20 litros e armazenados em garrafas plásticas com volume de 5L previamente higienizadas. Após o preparo o material foi refrigerado e armazenado no refrigerador do laboratório de química, para posteriores análises físico-químicas da amostra, bem como uso no reator para tratamento através do processo de eletrocoagulação/flotação.

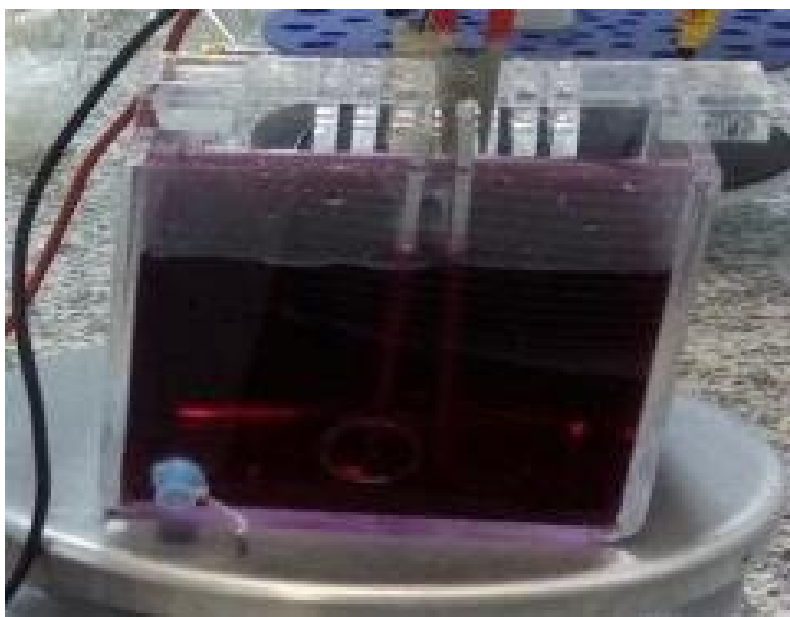


Figura 1. Efluente bruto preparado em laboratório usado no experimento.

A metodologia utilizada na caracterização do efluente bruto e tratado para os parâmetros físico e químicos (Temperatura, cor, Turbidez, condutividade e pH) e a preservação, prazo de análise e acondicionamento das amostras do efluente bruto e do efluente tratado pela técnica da eletrofloculação, foram baseadas nos procedimentos descritos no Standard Methods for Examination of Water & Wasterwater (APHA, 2005).

#### *Procedimento experimental*

Para o sistema de eletrocoagulação/flotação utilizou-se um reator monopolar em sistema de batelada em escala de bancada. O reator foi construído em acrílico com capacidade de 1 L, e com tampa para fixar quatro (4) eletrodos de alumínio com dimensões de 10 cm de comprimento x 5 cm de largura e 0,4 cm de espessura. O reator foi colocado sobre um agitador magnético para manter o sistema em agitação de 300 rpm durante o processo de tratamento.

A escolha pelos eletrodos de alumínio levou em consideração a disponibilidade de se encontrar este material no mercado, o baixo custo, o fato de não deixar cor no efluente tratado, sua eficácia, e ainda, sua capacidade de adsorção do hidróxido de alumínio em relação aos hidróxidos de outros materiais.

A princípio foi realizado teste inicial no sistema de eletrocoagulação/flotação com fonte convencional de energia (Figura 2), para avaliar a variação de corrente elétrica ao longo do tempo de tratamento e posteriormente fazer o cálculo do consumo de energia, conforme a equação (1)

$$Ce = \frac{U \times i \times t}{V} \quad (1)$$

Onde:  $C_e$  é o consumo de energia (KWh/m<sup>3</sup>),  $U$  corresponde à diferença de potencial aplicada no sistema (Volts),  $i$  a corrente elétrica aplicada (Amperes),  $t$  o tempo de aplicação da corrente (horas) e  $V$  o volume de efluente tratado (m<sup>3</sup>) (GOBBI, 2013).

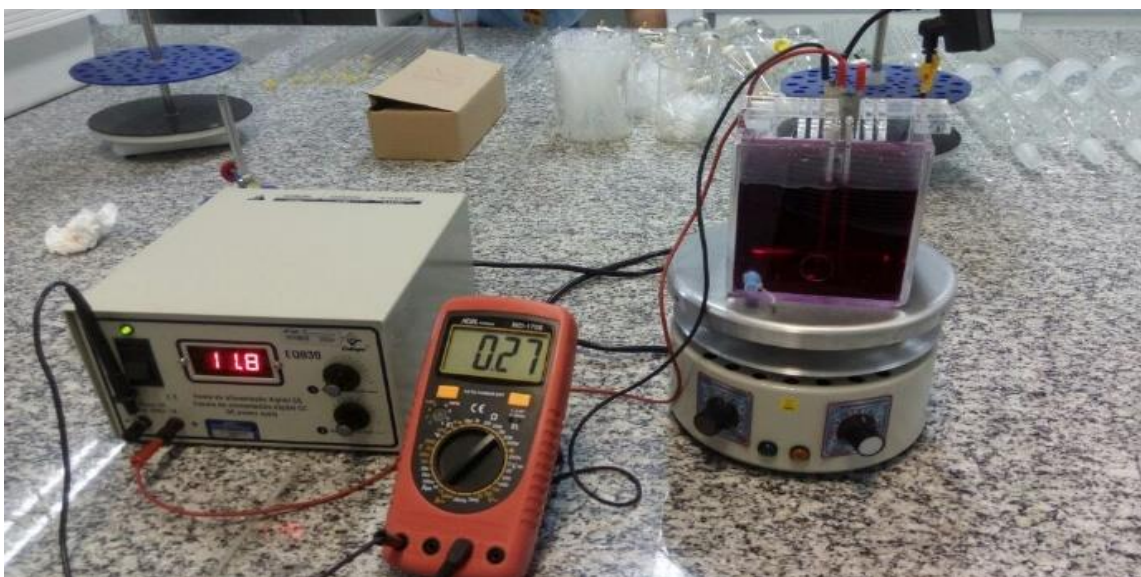


Figura 2. Montagem do sistema de eletrocoagulação/flotação usando fonte convencional de energia.

Nos ensaios do sistema convencional foram fixadas as seguintes variáveis: pH 6,5, número de eletrodos (4). O tempo de tratamento variou em ensaios de 20 min e 30 min, sobre a eficiência de remoção de turbidez do efluente bruto.

Para a realização dos experimentos da eletrocoagulação/ flotação foram adicionados 800 mL do efluente bruto no reator eletroquímico. Durante o processo de tratamento, realizou-se o cálculo da massa do eletrodo consumida ou massa de eletrodo teórica utilizando-se a equação 2. Em seguida os eletrodos de alumínio tiveram sua massa medida em balança analítica, para poder verificar a perda de massa total, após o processo de tratamento através da equação 3, e assim, fazer uma comparação.

$$\Delta M_{teo} = \frac{i \times t \times M}{F \times n} \quad (2)$$

Onde:  $i$  é a corrente (A);  $t$  é o tempo de aplicação da corrente (s);  $M$  é a massa molar do elemento predominante do eletrodo (g/mol);  $n$  é o número de elétrons envolvidos na reação de oxidação do elemento do anodo ( $n_{Al} = 3$ ); e  $F$  é a constante de Faraday ( $9,65 \times 10^4$  C/mol).

$$\Delta M_{exp} = \Delta M_a + \Delta M_c \quad (3)$$

Onde:  $\Delta M_a$  e  $\Delta M_c$  é a variação de massa dos eletrodos antes e após a eletrocoagulação/flotação para o anodo e catodo (em gramas), respectivamente.

No processo de tratamento os eletrodos foram conectados a uma fonte de corrente contínua de modo a viabilizar a eletrocoagulação/flotação. O sistema foi mantido sob agitação constante para

ocorrer melhor interação entre as moléculas. Durante o processo foi observado os fenômenos de coagulação e flotação das partículas, bem como acompanhado o valor da corrente ao longo do tempo de tratamento, para posteriormente calcular o custo energético deste processo.

Uma vez concluída o tempo de tratamento para cada ensaio experimental, foram removidos os eletrodos e o lodo flotado na superfície do reator, em seguida o efluente tratado permaneceu em repouso por 30 min para remover alguma partícula decantada.

Os eletrodos foram lavados com cuidado e colocados em estufa para secagem e posterior medição de massa. O efluente tratado foi em seguida submetido as análises de turbidez, pH e condutividade, e os valores obtidos foram anotados para em seguida ser inserido no programa de estatística, onde foram gerados gráficos para observar os efeitos das variáveis de entrada sobre as variáveis respostas turbidez, pH, consumo de energia, desgaste de eletrodos e condutividade.

Uma vez realizado o experimento com a fonte convencional de alimentação do sistema de eletrocoagulação/flotação, foi realizado o mesmo procedimento reacional descrito anteriormente, modificando apenas a fonte de alimentação do sistema, utilizando então a energia fotovoltaica como fonte de energia elétrica para o sistema de eletrocoagulação/flotação, como pode ser observado na Figura 3.



Figura 3. Montagem do sistema de eletrocoagulação/flotação usando fonte fotovoltaica de energia.

O ensaio foi realizado através da montagem do sistema onde conectou-se uma placa solar de Si, com potência de 50W, tensão máxima de 17,5 V, corrente 2,3 A. Essa conexão foi feita utilizando fios de 1,5mm com isolamento em PVC, no controlador de cargas, que se conectou com uma bateria estacionária de 12 V, que por sua vez foi conectada diretamente a um multímetro digital ligado em série para medição da corrente do sistema, e por fim aos eletrodos de alumínio que se encontravam dentro do reator. A placa fotovoltaica foi instalada ao sistema paralelo ao solo para um melhor aproveitamento da radiação solar do local.

Terminada a montagem do sistema, iniciou-se o processo de tratamento como já abordado anteriormente para o sistema convencional. Marcou-se os tempos para que a reação ocorresse e só então o sistema foi desligado.

O processo foi repetido variando-se o tempo de tratamento em 10 min, 20 min e 30 min. Após cada ensaio o efluente tratado foi armazenado em garrafas plásticas de 500 ml, previamente higienizadas, e encaminhado para análise de turbidez. A corrente e a tensão do sistema, foram monitoradas ao longo do tempo para cálculo do custo operacional do sistema.

De acordo com os dados obtidos através da (CENSOLAR, 1993), a irradiação solar média diária no município de João Pessoa, coordenadas 7,11748° S e 34,873427° N é da ordem de 5,50 kWh/m<sup>2</sup>.dia. Esses dados são endossados pelo Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006, o qual apresenta uma média anual de irradiação para a cidade de João Pessoa – PB variando entre 5,5 a 5,7 kWh/m<sup>2</sup>.dia.

## Resultados e Discussão

### Variação do pH

Na literatura científica, muitos autores afirmam que o pH afluente é um fator que influencia na operacionalidade do processo eletroquímico, dentre eles Chen (2004). O pH inicial do efluente tratado neste trabalho foi fixado em 6,5, que é considerado neutro. Entretanto, observa-se na Figura 4, que ocorreu um aumento deste após o processo de tratamento por eletrocoagulação/flotação, tanto no experimento com energia convencional como na fotovoltaica. Esse aumento do pH pode ser atribuído a evolução do hidrogênio no cátodo. Segundo Mohouedhen at al. (2008) que estudaram o processo de eletrocoagulação utilizando eletrodos de alumínio, observaram que quando o pH do efluente é ácido, o pH final tende a aumentar, enquanto que se ele for alcalino, poderá sofrer uma diminuição.

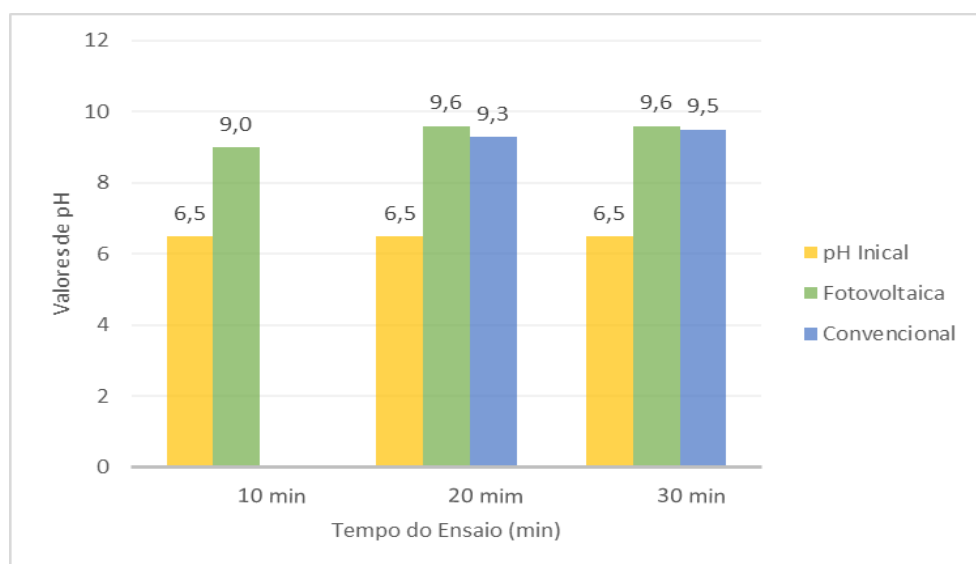


Figura 4. Comparação da variação do pH utilizando as duas fontes de energia no sistema.

No caso deste trabalho, um fator que pode ter ocasionado o aumento do pH, mesmo o efluente sendo neutro, foi a ocorrência de transferência de  $\text{CO}_2$ , pois este é supersaturado em eletrólito aquoso e pode ter sido liberado devido a agitação do sistema causada pelas bolhas de  $\text{H}_2$ , como observa-se na Figura 5, o que casou o aumento do pH.

Mhouedhen at al. (2008) dizem que, um pH na faixa entre 6 e 7, conduz uma coagulação química efetiva, devido a formação do  $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$  amorfo, que tem grande área de superfície. Isto explica o porquê de o pH final ter ficado acima de 9, como pode-se observar na Figura 5.





Figura 5. Observação da formação de bolhas de H<sub>2</sub> durante o processo de tratamento.

De acordo com a Resolução CONAMA 430/11, as condições para lançamento de efluente em corpos receptores, deve apresentar pH entre 5 e 9. Entretanto, como observado neste trabalho o efluente se encontra fora dos padrões de lançamento e deve ter pH corrigido através de adição de ácidos.

*Turbidez*

No efluente bruto gerado em laboratório com Eriocromo t, observou-se uma coloração forte num tom preto, devido as características do produto químico. A turbidez inicial medida no efluente foi da ordem de 1,92 NTU. Na Figura 6, pode-se observar os resultados obtidos após o tratamento de eletrocoagulação/flotação, aplicando-se as duas fontes de energia, e verifica-se que o melhor valor obtido foi, no tempo de 20 min de tratamento do efluente, tanto com o uso de fonte convencional, quanto fotovoltaica.

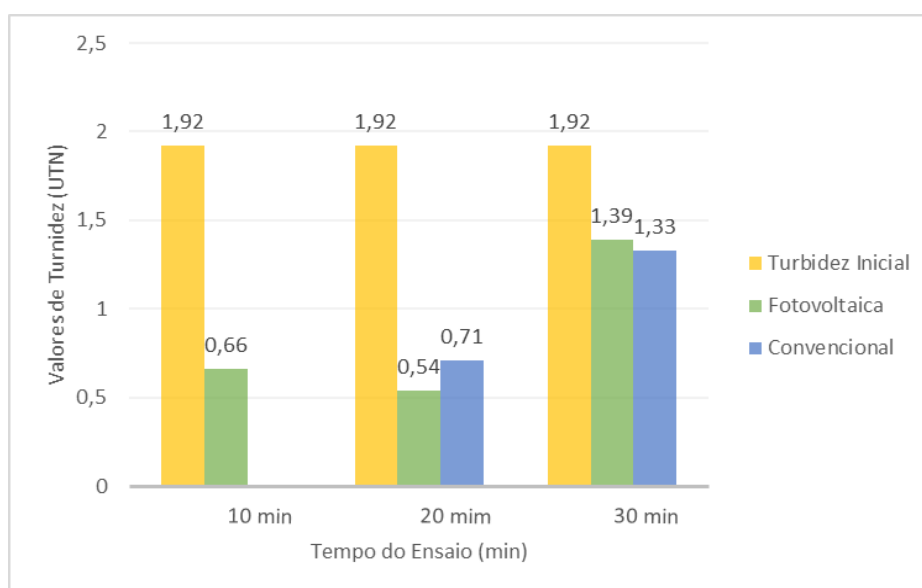


Figura 6. Avaliação da turbidez inicial e final.

Um fato que chamou atenção nos ensaios de 30 min, tanto com a fonte convencional, quanto com a fonte fotovoltaico, foi o aparecimento de flocos de gel que ficaram em suspensão no efluente tratado,

e por isso, a turbidez não apresentou valores de melhoria expressivo, conforme pode ser observado na Figura 7. Essa ocorrência é comum no tratamento químico onde se adiciona coagulantes químicos no efluente a ser tratado, principalmente o sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ).



Figura 7. Observação da formação de gel na superfície do reator.

Viana (2014) explica esse fenômeno como desestabilização por varredura, argumentando que ocorre uma desestabilização das partículas ocasionadas pelo hidróxido de alumínio, que normalmente nas condições de pH e dosagem de floculante que se adiciona, esse hidróxido se torna insolúvel. Desta forma, apresenta-se sob forma de gel e precipita-se quando a água é deixada em repouso. Ainda explica que, durante a floculação, as partículas desse gel chocam-se com as partículas que se deseja remover do efluente em tratamento, e as adsorvem. A Figura 8 ilustra o acontecimento deste fenômeno.

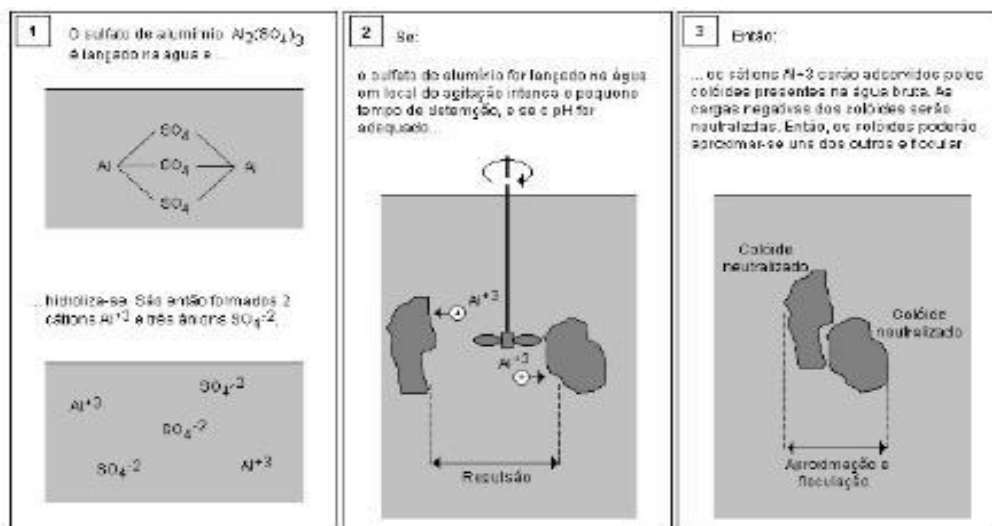


Figura 8. Desestabilização por varredura. Fonte: Viana (2014).

Entretanto, a Resolução CONAMA 430/11 não estabelece padrão de turbidez para lançamento de efluentes em corpos receptores, mas faz uma ressalva orientando que o valor de turbidez não deve ser lançado acima de 100 UNT (unidades nefelométricas de turbidez).

Segundo Macedo (2002), ao se lançar um efluente com uma turbidez alta em um curso d'água, vai prejudicar a zona de luz e a fotossíntese, interferindo no equilíbrio natural, e isso terá como uma possível consequência a eutrofização do ambiente.

## Condutividade

A condutividade elétrica, que também é conhecida como condutância específica, é a capacidade que uma solução tem de conduzir corrente elétrica, e esta deve variar de acordo com as características de cada solução.

Segundo Cerqueira (2006), a capacidade de conduzir corrente elétrica é proporcional a quantidade de íons condutores presentes na solução. Sendo assim, quanto maior for a concentração de íons na solução maior será a capacidade de conduzir corrente elétrica possibilitando a ocorrência de reações entre as substâncias presentes na solução, e também proporciona a redução do consumo de energia.

Pode-se fazer a adição de Cloreto de Sódio para aumentar a condutividade elétrica de uma solução, afim de que está atinja um nível adequado e reduza o consumo de energia, pois este é diretamente proporcional a voltagem da célula eletrolítica e aumenta com a resistividade da solução. O cloreto de sódio, é geralmente, utilizado por possuir baixa toxicidade em níveis moderados, apresenta um custo razoável, e ainda inibem a passivação na superfície dos anodos de sacrifício, segundo Sánchez et al. (2003).

Neste trabalho a condutividade medida no efluente bruto foi de 1,870 mS, que é considerado baixa para que se ocorra as reações no reator. Logo, adicionou-se cloreto de sódio durante o processo de tratamento e deu-se início as reações de eletrocoagulação/flotação. Ao final dos ensaios verificou-se novamente os valores de condutividade, os quais estão dispostos na Figura 9. Observou-se que, de acordo com o parâmetro de condutividade, o ensaio que proporcionou economia de energia elétrica, foi o de 30 min com o uso de fonte convencional.

A Resolução CONAMA 430/11 não estabelece padrão de condutividade de um efluente para lançamento em corpos receptores

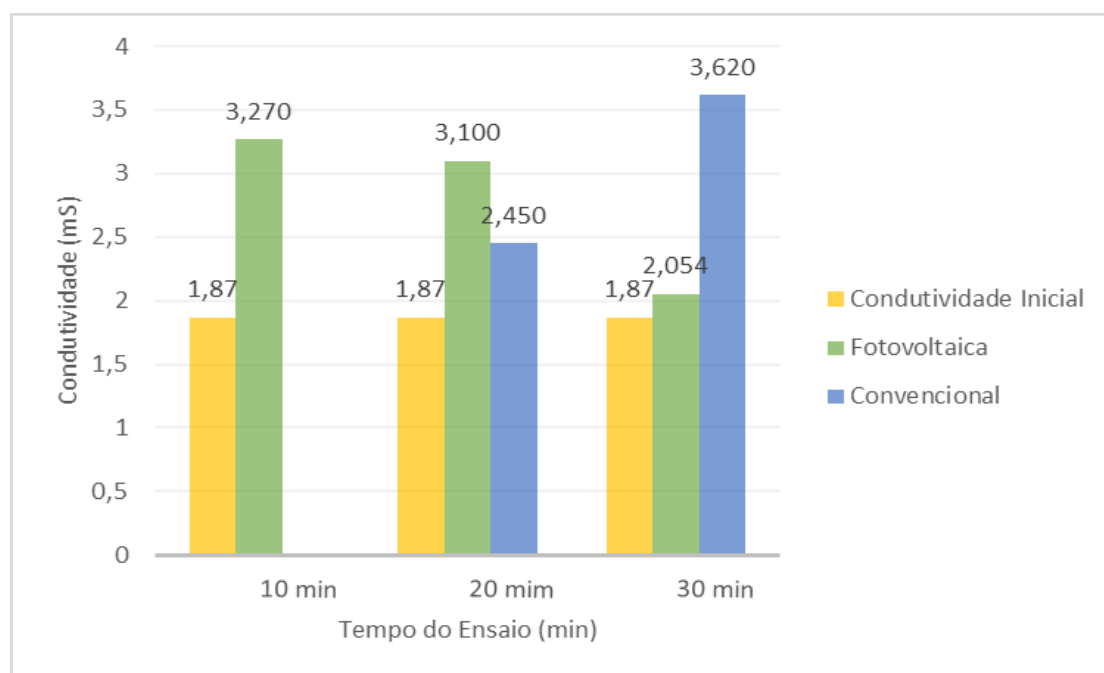


Figura 9. Comparação dos valores de condutividade do efluente inicial e final do processo.

## Massa do eletrodo consumida

Segundo Mohouedhen et al. (2008) a liberação de alumínio durante o processo de eletrolise como dosador de coagulante no processo de eletrocoagulação/flotação é de muitíssima importância, pois uma vez que haja excesso de coagulante depois que ocorre a neutralização da carga e desestabilização dos coloides carregados negativamente pela hidrólise catiônica dos produtos de  $Al_3^+$ , pode gerar uma carga reversa e reestabilizar os coloides.

De acordo com a Lei de Faraday, durante o processo eletrolítico ocorre a corrosão dos eletrodos, ocasionando uma perda na massa destes. O valor teórico do consumo dessa massa foi verificado de acordo com a equação 2.

Na Figura 10, observa-se os valores teórico de consumo de massa para estes experimentos, levando-se em consideração a média das correntes obtidas durante os ensaios, e o tempo de cada um deles. Logo, observa-se que a medida que aumentamos o tempo, o consumo teórico de massa de alumínio tende a aumentar também.

O cálculo da quantidade de alumínio liberado pelos eletrodos durante o processo de tratamento, foi verificado através da diferença de peso destes, medida antes e depois de cada ensaio, conforme a equação 3.

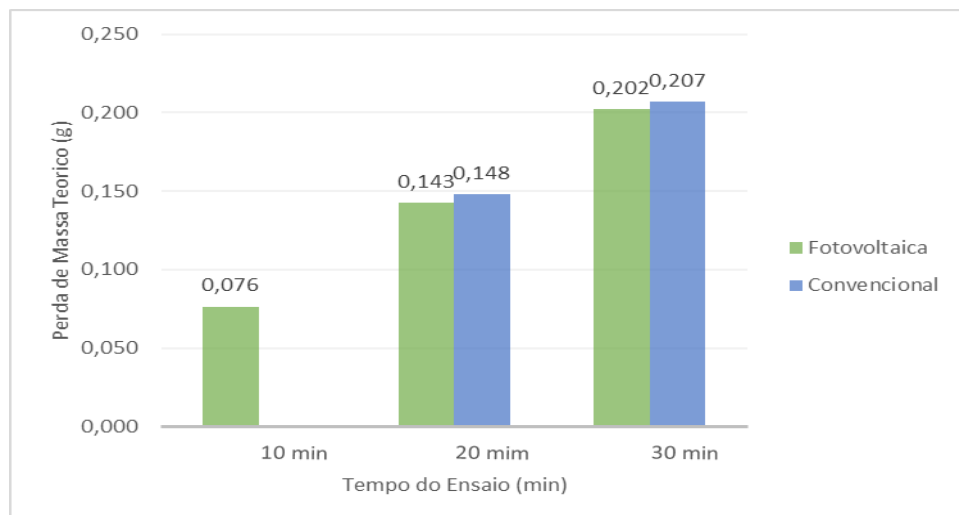


Figura 10. Valor teórico do consumo da massa de eletrodo consumida ao longo do processo.

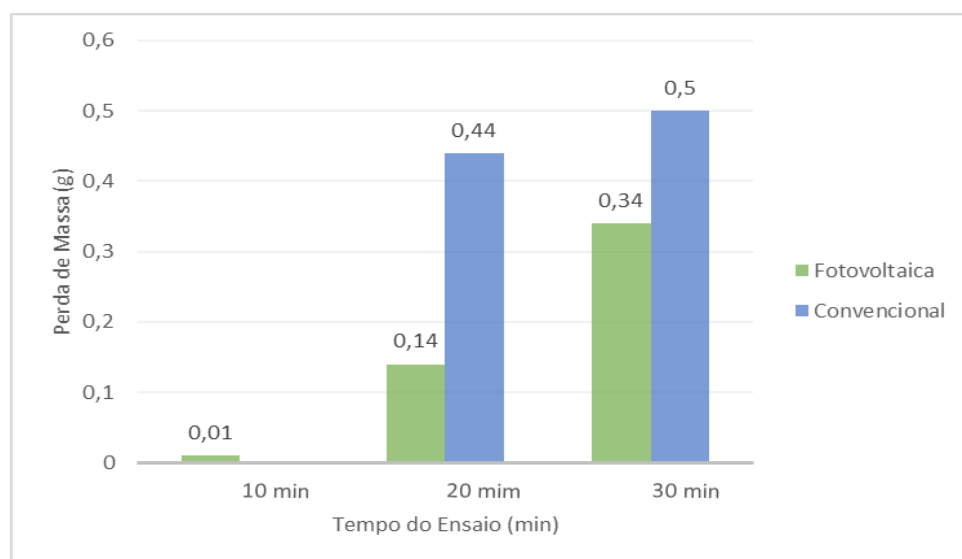


Figura 11. Valor experimental da massa de eletrodos consumida.

Observa-se que o valor experimental do alumínio liberado dos eletrodos em todos os ensaios foi maior que o valor teórico. De acordo com a Lei de Faraday, esse fato pode ser atribuído ao fato de que o alumínio total consumido é soma do alumínio dissolvido eletricamente, e ainda, quimicamente pela dissolução do cátodo, ocasionado por um ataque químico dos íons de hidroxilas gerados durante a redução da água, especialmente com valores de pH alto, como no caso deste efluente, provado por alguns autores como Can et al. (2003).

Nos ensaios com fonte de energia fotovoltaica, percebe-se um consumo menor em relação ao da fonte convencional, entretanto o que ocorre, é que a média da corrente consumida no reator durante o ensaio apresentou valores médios da ordem de 1,326 A, enquanto que para a fonte fotovoltaica os valores médios foram da ordem 1,276 A, e isso tem interferência direta no processo, como já foi observado na equação (1).

Segundo Vik et al. (1984), um aumento na densidade da corrente produz uma maior quantidade de coagulante ( $Al^{3+}$ ) liberado dos eletrodos. Simultaneamente, a taxa do gás hidrogênio no catodo também aumenta.

Após a realização dos ensaios e análises físico-químicas, conforme a Figura 12, pode-se observar o aspecto visual do efluente bruto (a) e tratado (b), onde percebe-se nitidamente que, após o tratamento o efluente teve a remoção de sua coloração ficando mais incolor.

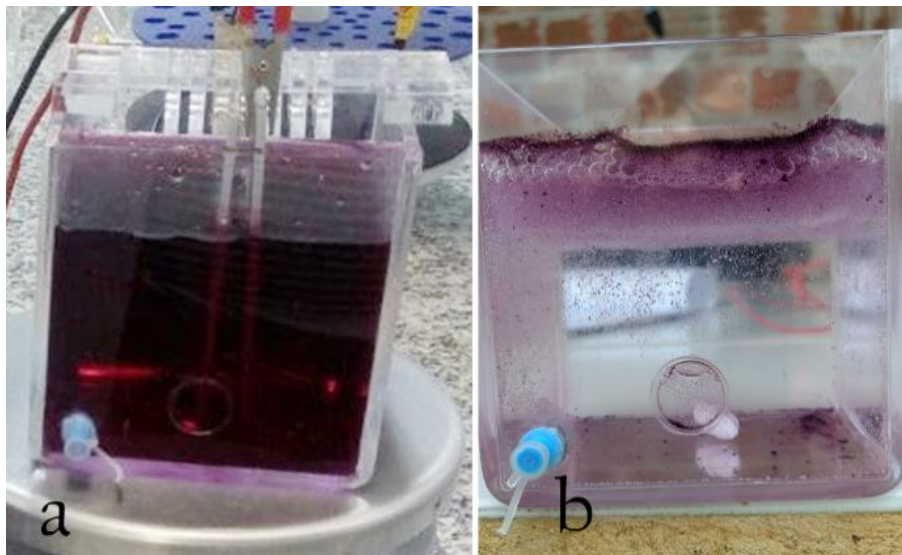


Figura 12. (a) Imagem do efluente bruto e (b) após o tratamento.

Nas Figuras 13 e 14, pode-se observar os valores dos ensaios obtidos no tempo de 20 min, que foi considerado os melhores resultados dos ensaios, tanto com a utilização da fonte de energia fotovoltaica quanto a convencional.

#### Consumo de energia

Nesse estudo a condutividade do efluente bruto foi de 1,870 mS, a distância dos eletrodos fixadas em 4mm, a tensão adotada foi de 12 V, variou-se apenas a fonte de alimentação de energia aplicada e o tempo de duração de cada ensaio.

Na Figura 13 observa-se o consumo de energia ao longo do tempo. Esse é um parâmetro que exerce ação direta sobre os gastos, pois quanto maior o tempo de tratamento maior será o consumo de energia, e conseqüentemente, maior os custos de operação. Koby et al. (2006), em seu experimento verificaram o efeito do tempo sobre o consumo de energia quando aumentou o tempo de ensaio de 5 para 40 min e obteve um aumento sobre o consumo que passou de 4,8 para 44,11 kWh/m<sup>3</sup>.

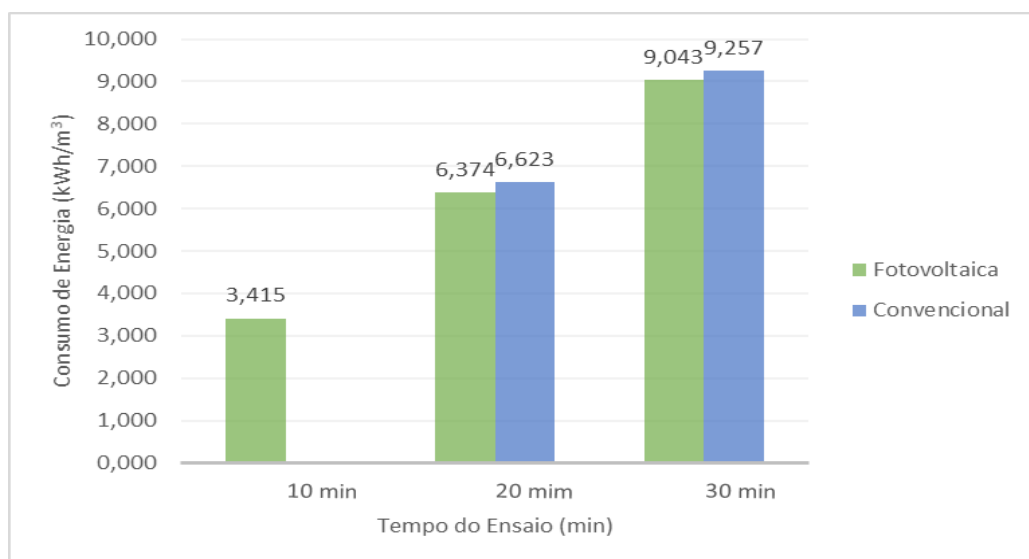


Figura 13. Valor da energia consumida durante o processo.

Neste trabalho, observa-se que para se tratar 800 ml do efluente, no tempo de 20 min, tem-se o consumo de energia na ordem de 6,623 kWh/m<sup>3</sup>. Considerando a tarifa atual de energia o valor de R\$ 0,44026 no estado da Paraíba, fixada pela concessionária, o custo de energia foi de R\$ 2,915. Para o tempo de 30 min o consumo foi 9,257 kWh/m<sup>3</sup>, e gastou-se a quantia de R\$ 4,075.

Na aplicação da fonte fotovoltaica, observa-se que para o tempo de 10 min com a utilização de fonte de energia fotovoltaica o consumo foi da ordem de 3,415 kWh/m<sup>3</sup>. Considerando a tarifa atual de energia o valor de R\$ 0,44026, o gasto seria de R\$ 1,503 para se tratar 800 ml. Para o tempo de ensaio de 20 min o consumo foi de 6,374 kWh/m<sup>3</sup>, e o gasto correspondente seria de R\$ 2,806, para tratar os mesmos 800 ml. Já no ensaio de 30 min com o consumo de 9,043 kWh/m<sup>3</sup>, se gastaria R\$ 3,981.

Observa-se também, que os valores de consumo de energia estão muito próximos, e que a pequena variação ocorreu por conta de estabilização da aplicação da tensão da fonte fotovoltaica, uma vez que esta alimenta uma bateria que alimenta o sistema e não varia, enquanto que a aplicação da tensão da fonte convencional depende dos níveis de tensão da rede de energia pública da concessionária.

Entretanto, salienta-se que com a utilização da fonte de energia fotovoltaica estaria deixando de pagar à concessionária a energia consumida, uma vez que está vindo de fonte própria. O que se faz necessário fazer são estudos de dimensionamento e viabilidade econômica para implantação de um projeto de eletrocoagulação/flotação.

## Conclusão

De acordo com os resultado e parâmetros analisados o tempo ideal para tratar esse efluente foi o de 20 min.

O sistema de eletrocoagulação/flotação mostrou-se ser uma técnica que poderá ser adotado por indústrias têxteis, pois verificou-se a mudança de aspecto na coloração do efluente deixando-o sem cor aparente.

A Condutividade do efluente exerce extrema importância no sistema de tratamento por eletrocoagulação/flotação, pois ela está diretamente ligada aos custos de energia gasta.

O sistema de tratamento utilizando a técnica de eletrocoagulação/flotação com o uso de fonte de energia fotovoltaica se mostrou tão eficiente quanto ao uso da fonte de energia convencional.

Conforme mostrado através de cálculos o sistema de eletrocoagulação/flotação é economicamente viável e dependendo do volume a ser tratado se paga em poucos anos.

A intensidade da irradiação solar, para aplicação do sistema fotovoltaico, exerce influência direta sobre o dimensionamento de um projeto, sendo fator limitante para a viabilidade econômica deste.

Verificou-se durante os ensaios que para a aplicação desta técnica de tratamento, o efluente precisa está com um pH próximo a 7, pois ao contrario pode não ocorrer reações.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Processo: 48500.001760/2013-52: Modelo para envio de contribuições referente à audiência pública. Nº 7/2013 ed. Brasil: Roberto Zilles: Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos – Instituto de Energia e Ambiente, 2013.
- APHA. AWWA. WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed., Washington, DC, American Public Health Association, 1325p. 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. In: Resoluções, 2011. Disponível em:<www.mma.gov.br> Acesso em: 21 abr. 2016.
- CAN, O. T.; BAYRAMOGLU, M.; Koby, Engineering Faculty, Department of Environmental, Gebze Institute of Tchnology. M. Ind. Eng. Res. 42, 3391, 2003.
- CENSOLAR. Programa SunData. Banco de dados valores médios de irradiacion solar sobre suelo horizontal do Centro de Estudos de la Energia Solar, 1993.
- CERQUEIRA, A. A. Aplicação da técnica de eletrofloculação no tratamento de efluentes têxteis. 111p. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- CERQUEIRA, A. A. Aplicação da técnica de eletrofloculação utilizando corrente alternada de frequência variável no tratamento de água de produção da indústria do petróleo. 133f. Tese (Doutorado). Pós-graduação em Meio Ambiente. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011
- CERQUEIRA, A. A.; MARQUES, M. R. C.; Electrolytic Treatment of Wastewater in the Oil Industry. New Technologies in the Oil and Gas Industry, Ed. Rijeka, Croatia: INTECH, cap.1, 2012

- CHEN, G. Electrochemical technologies in wastewater Treatment. Separation and Purification Technology, v.38, p.11-41, 2004
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório do Desenvolvimento Humano 2006: A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial de água. [s.l.], 2007.
- CRISPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. O. Eletroflotação: Princípios e Aplicações. RiMa Editora, São Carlos, 2004.
- DERMENTZISA, K.; MARMANISA, D.; CHRISTOFORIDIS, A. Photovoltaic electrocoagulation process for remediation of chromium plating wastewaters. Desalination and Water Treatment. 2014.
- FORNARI, M. M. T. Aplicação da técnica de eletro-floculação no tratamento de efluentes de curtume. Centro de engenharias e ciências exatas. Toledo – PR, 2007.
- FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L. T; DURÁN, N.; PERALTA-ZAMORA, P. Novas Tendências para o Tratamento de Resíduos Industriais Contendo Espécies Organocloradas. Química Nova, v.23, n.4, 2012.
- GOBBI, L. C. A. Tratamento de água oleosa por EF. 120f. Dissertação (Mestrado em Energia). Centro Universitário Norte do Espírito Santo. Universidade Federal do Espírito Santo. São Mateus, 2013.
- KOBYA, M.; HIZ, H.; SENTURK, E.; AYDINER, C.; DEMIRBAS, E. Treatment of potato chips manufacturing wastewater by electrocoagulation. Desalination, v.190, n.1-3, p.201-211, 2006.
- KOBYA, M.; ULU, F.; GEBOLOGLU, U.; DEMIRBAS, E.; ONCEL, M. S. Treatment of potable water containing low concentration of arsenic with electrocoagulation: Different connection modes and Fe–Al electrodes. Separation and Purification Technology, v.3, p.283-293, 2011.
- LOPEZ, R. A. Energia Solar para produção de eletricidade. São Paulo: Artliber Editora, 2012.
- LUIZ, A. M. Energia solar e preservação do meio ambiente. 1ª Ed., São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.
- MACEDO, J. A. Métodos laboratoriais de análises físico-química e bacteriológica. 2. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2003.
- MENESES, J. D.; VASCONCELOS, R. D. F.; FERNANDES, T. D. F.; ARAÚJO, G. D. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrofloculação/flotação: investigação dos parâmetros operacionais. Química Nova, v.35, n.2, p.236-240, 2012.
- MOUEDHEN, G.; FEKI, M.; WERY, M. DE P.; AYEDI, H. F.; J. HARZAD. MATER. Behavior of aluminum electrodes in electrocoagulation process. Journal of Hazardous Materials, v.150, n.1, p.124-135. 2008,
- ORTIZ, J. M.; EXPÓSITO, E.; GALLUD, F.; GARCÍA-GARCÍA, V.; MONTIEL, V.; ALDAZ, A. Electrodialysis of brackish water powered by photovoltaic energy without batteries: direct connection behavior. Science Direct – Desalination, v.208, p.89-100, 2007.
- SHAYANY, R. F. Medição do Rendimento Global de um Sistema Fotovoltaico Isolado Utilizando Módulos de 32 células, Distrito Federal, 2006.
- RODRIGUES, K.; VIDAL, C. B.; BARBOSA, A.; CHAVES, B.; PESSOA-WANDERLEY, C. R.; SILVEIRA DUARTE, I. C.; MARINHO, G. Viabilidade do tratamento de água residuária sintética têxtil em reator aeróbio de leito fixo. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.15 n.1, p.99-106, 2010.
- SANCHEZ, L. C.; LECLERC, J. P.; TANGUY, G.; CAMES, M. C.; PATERNOTTE, G.; VALENTIN, G.; ROSTAN, A.; LAPICQUE, F. Anelectrocoagulation unit for the purification of soluble oil wastes of high COD. Environmental Progress, v.22, n.1, p.57-65, 2003.
- VALERO, D.; ORTIZ, J. M.; EXPOSITO, E.; MONTIEL, V.; ALDAZ, A. Electrocoagulation of a synthetic textile effluent powered by photovoltaic energy without batteries: direct connection behavior. Science Direct: Solar Energy Materials & Solar Cells, v.92, p.291-297, 2008.
- VIANA, M. R. Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água. 5.ed. Nova Lima: Imprimatur, 2014.
- ZHANG, S.; ZHANG, J.; WANG, W.; LI, F.; CHENG, X. Removal of phosphate from landscape water using an electrocoagulation process powered directly by photovoltaic solar modules. Solar Energy Materials & Solar Cells, v.117, p.73-80, 2013.

## **Qualidade de água em reservatório de brejo de altitude sob seca extrema**

**<sup>1</sup>Gabriel Gustavo Ferraro de Andrade Pessoa**

**<sup>2</sup>João Paulo de Oliveira Santos**

**<sup>3</sup>Joseilson dos Santos Silva**

**<sup>4</sup>Luciana Gomes Barbosa**

**<sup>5</sup>Andressa Kamila Souza Alves**

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, gabriel.gustavo03@hotmail.com

<sup>2</sup>Mestrando em Engenharia Ambiental (PPEAMB/UFRPE), jpos@agro.adm.br

<sup>3</sup>Graduando em Química, UFPB/CCA, Areia, joseilsonufpb@gmail.com

<sup>4</sup>Professora Adjunta, UFPB/CCA/DFCA, Areia, lucianabarbosa@cca.ufpb.br

<sup>5</sup>Mestranda em Agronomia (PPGA/UFPB), milah-alves@hotmail.com

### **Introdução**

O barramento de rios e demais cursos d'água para viabilizar criação de reservatórios é uma das alternativas encontradas pelo homem para garantir o suprimento de água para o abastecimento de uma população cada vez maior, esses reservatórios além do fim para que foram criados apresentam múltiplos usos, como geração de energia elétrica, irrigação, lazer e demais recursos econômicos e científicos que deles são provenientes (PEDRAZZI et al., 2014).

O crescente aumento da população humana e as suas atividades, tem gerado um aumento de impactos sob os ecossistemas aquáticos, comprometendo assim os usos múltiplos da água dos lagos e reservatórios no Brasil e no mundo (COSTA et al., 2009). O aumento crescente da contaminação dos recursos hídricos, causada por diferentes atividades e fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, os efluentes industriais e a carga difusa urbana e agrícola, compromete a utilização da água para os seus diversos fins (VASCO et al., 2011; SILVA et al., 2017). Problemas relacionados à potabilidade podem aumentar os riscos sanitários e aumentam os custos de tratamento para consumo humano (VASCO et al., 2011; BRITTO et al., 2015).

Um dos principais processos que comprometem a qualidade da água é a eutrofização, processo que consiste no aumento da fertilidade dos ambientes aquáticos, devido ao incremento excessivo de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio (THEBALDI et al., 2017). Considerado um dos maiores impactos mundiais da atualidade, estima-se que, na América do Sul, 41% dos lagos e reservatórios estejam eutrofizados (NYENJE et al., 2010).

Nos reservatórios perenes e intermitentes da região Nordeste do Brasil, esse cenário é ainda mais alarmante, associado às múltiplas pressões antrópicas, condições climáticas extremas, distribuição irregular espaço-temporal dos índices pluviométricos, solos com reduzida capacidade de armazenamento de água, estiagens prolongadas, além das altas taxas de evaporação e secas extremas (OLIVEIRA et al., 2015).

Nesse contexto, o monitoramento de reservatórios perenes em regiões com distribuição irregular de chuvas é determinante nas ações de planejamento para conservação da qualidade da água. O monitoramento de um corpo aquático e de sua dinâmica é imprescindível para a compreensão do comportamento do mesmo e de sua biota aquática, uma vez que, essas características variam de acordo com o espaço e o tempo, podendo ser um indicativo da interferência humana, e o seu prévio conhecimento pode nortear ações de planejamento, manutenção ou recuperação (CARDOSO & NOVAES, 2013; CARVALHO et al., 2017). A forma mais usual de monitoramento da qualidade da água de reservatórios se dá com base na coleta e acompanhamento de dados limnológicos (CUNHA et al., 2013), representados por diversos parâmetros, indicadores das características físicas, químicas e biológicas do ambiente (PEREIRA et al., 2017).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a flutuação da qualidade da água e do estado trófico da Barragem Vaca Brava, Areia, Paraíba, submetido a um longo período de irregularidades pluviométricas, buscando-se compreender a relação entre os parâmetros analisados e os efeitos da sazonalidade nesse corpo hídrico.



## Material e Métodos

O Estado da Paraíba possui uma extensão territorial de 56.439,84 km<sup>2</sup>, correspondente a 3,63% da área da região Nordeste. Situado entre as latitudes 06°00'11,1" e 08°19'54,7" sul e as longitudes 34°45'50,4" e 38°47'58,3" oeste, a vegetação apresenta florestas definidas como a caatinga, tabuleiros costeiros, mangues, mata úmida, mata decidual, mata atlântica e restinga (PERH, 2007).

O estado possui 11 bacias hidrográficas, dentre as quais se destaca a Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape, terceiro maior curso d'água do estado da Paraíba, situa-se no extremo leste do Estado da Paraíba, entre as latitudes 6°41'57" e 7°15'58" sul e longitudes 34°54'37" e 36° a oeste de Greenwich, ocupa uma área de 3.522,69 Km<sup>2</sup>, é caracterizada por apresentar formações vegetacionais representadas por floresta ombrófila aberta (brejos de altitude), floresta estacional decidual e semidecidual e ecossistemas associados, nas faixas ecotonais. Apresenta elevada intensidade de impactos antropogênicos, associados com a elevada ocupação humana no entorno, que totalizam um contingente de aproximadamente meio milhão de habitantes, causando diversas modificações, devastação da cobertura vegetal e avanço da eutrofização (ALVES & BARBOSA, 2013).

Areia é um município brasileiro do estado da Paraíba, inserido na mesorregião do agreste paraibano, na microrregião do Brejo Paraibano. Sua área é de aproximadamente 269 km<sup>2</sup>, com uma população estimada em 24.992 habitantes (IBGE, 2010). O município de Areia encontra-se inserido parte nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Mamanguape. O clima na região, pela classificação de Köppen é do tipo As' (quente e úmido), com estação chuvosa no período outono-inverno, sendo as maiores precipitações nos meses de junho e julho (BRASIL, 1972). A temperatura média anual é de 24°C, com uma umidade relativa média em torno de 80% e precipitação média anual de 1400mm.

Para o presente estudo foi selecionado o reservatório de abastecimento público Vaca Brava, localizado no município de Areia, Paraíba. A Barragem Vaca Brava está inserida em uma reserva de Mata Atlântica de altitude, a qual preserva a área de captação da barragem. Sendo a única reserva florestal deste tipo no Agreste da Paraíba. A barragem abastece três municípios no agreste paraibano (SANTOS et.al, 2002), possuindo uma capacidade de 3.783.556 m<sup>3</sup>.



Figura 1. Barragem Vaca Brava, Areia, Paraíba.

As coletas de água foram realizadas mensalmente, durante o período de seis meses (julho a dezembro de 2016). Os dados relativos à precipitação pluviométrica e volume armazenado no período estudado, foram obtidos junto ao site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

A transparência da água (m) dos corpos d'água foi calculada através da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi (Zds), correspondente a 10% da luz incidente na superfície (COLE, 1983). O pH, a condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e a temperatura foram obtidos através de sonda multiparâmetros.

As amostras foram coletadas na subsuperfície da coluna de água do reservatório, sendo preservadas congeladas para evitar a degradação dos compostos de interesse. Para a coleta foram utilizadas garrafas de polietileno com capacidade para armazenamento de 1 L. Antes da amostragem, as garrafas foram imersas em solução de HCl 10% para limpeza, por 48 horas, sendo posteriormente enxaguadas com água destilada.

As análises de fósforo total e ortofosfato da água foram realizadas segundo a metodologia descrita por APHA (1998) também conhecida como “método do ácido ascórbico”. Esse método consiste na reação de complexação do ortofosfato pelo molibdato em meio ácido sendo catalisada pelo antimônio, com formação de ácido fosfomolibdico, que é reduzido pelo ácido ascórbico, resultando no chamado azul de molibdênio cuja composição é incerta. A intensidade da cor azul é proporcional à quantidade de fosfato inicialmente incorporada ao heteropoliácido (MARUCHI, 2005), onde a amostra passa anteriormente por digestão com persulfato de potássio. Para a determinação do ortofosfato a amostra é previamente filtrada em filtros de fibra de vidro.

Para o cálculo do IET foi utilizado o índice de Carlson (1977), modificado para ambientes tropicais por Toledo Jr. et al. (1983). O índice se baseia nos teores de fósforo total na água. A expressão utilizada foi a seguinte:

$$\text{IET PT} = 10 \{6 - [\ln (80,32 / \text{PT}) / \ln 2]\}$$

Onde: IET PT = índice de estado trófico para fósforo; PT = concentração de fósforo total, medida à superfície da água ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ).

Conforme a CETESB (2009), levando em consideração os valores encontrados na expressão do IET, as águas do corpo aquático podem ser classificadas como:

Oligotrófico:  $\text{IET} \leq 44$

Mesotrófico:  $44 < \text{IET} \leq 54$

Eutrófico:  $54 < \text{IET} \leq 74$

Hipereutrófico:  $\text{IET} > 74$

A análise descritiva de componentes principais (ACP) foi realizada a partir da variação mensal das variáveis físico-químicas da água e do reservatório (transparência, precipitação, volume acumulado, IET, STD, condutividade elétrica, pH, fósforo total da água e ortofosfato), com o objetivo de avaliar a influência da sazonalidade na distribuição mensal das unidades amostrais. O programa utilizado foi o R (The R project for Statistical Computing).

## Resultados e Discussão

Durante todo o período de monitoramento observaram-se a ocorrência de chuvas no município de Areia, no entanto, não ocorreram acréscimos significativos no volume armazenado no Açude Vaca Brava. O volume do manancial se manteve abaixo dos 10%, com valores máximos de 6,8% ( $257.000 \text{ m}^3$ ) em julho e mínimos de 1,1% ( $40.000 \text{ m}^3$ ) em dezembro. Observou-se uma queda no decorrer dos meses no volume do reservatório, com exceção do mês de novembro, que registrou um leve aumento (Tabela 1).

Tabela 1. Dados do volume de água armazenado no Açude Vaca Brava durante o período de julho a dezembro de 2016

Mês	Precipitação Pluviométrica (mm)	Volume ( $\text{m}^3$ )	Volume (%)
<b>Julho</b>	39,1	257.006	6,8
<b>Agosto</b>	26,8	253.056	6,7
<b>Setembro</b>	32	196.275	5,2
<b>Outubro</b>	19,8	82.219	2,2
<b>Novembro</b>	3,1	163.688	4,3
<b>Dezembro</b>	172,3	40.250	1,1

A capacidade de armazenamento do reservatório é de  $3.780.000 \text{ m}^3$ , todavia, nos últimos anos as estiagens prolongadas aliadas ao crescente aumento da demanda de água, levaram o ambiente a diversos períodos de colapso, não sendo registrado o preenchimento total de sua capacidade desde 2012.

A transparência variou de 0,15 metros nos meses de outubro e novembro a 0,8 metros no mês de agosto (Figura 2), caracterizando assim um reservatório de águas turbidas. Deve-se considerar que durante o período monitorado o reservatório esteve sempre com capacidade de armazenamento abaixo de 10%, aumentando a influência do vento na ressuspensão do sedimento para a coluna d'água e consequentemente no aumento da turbidez (BARBOSA et al., 2006). Santos (2017), ao analisar a variação da transparência da Barragem Vaca Brava no ano de 2015, também observou baixos valores, com média de 0,17 metros.

Os maiores valores de transparência foram observados no final da estação chuvosa (julho e agosto) indicando que a sazonalidade influencia na dinâmica da penetração de luz em reservatórios. Decréscimo da transparência entre períodos de chuva e seca em reservatórios do Nordeste são comumente observados (BRAGA et al., 2015).

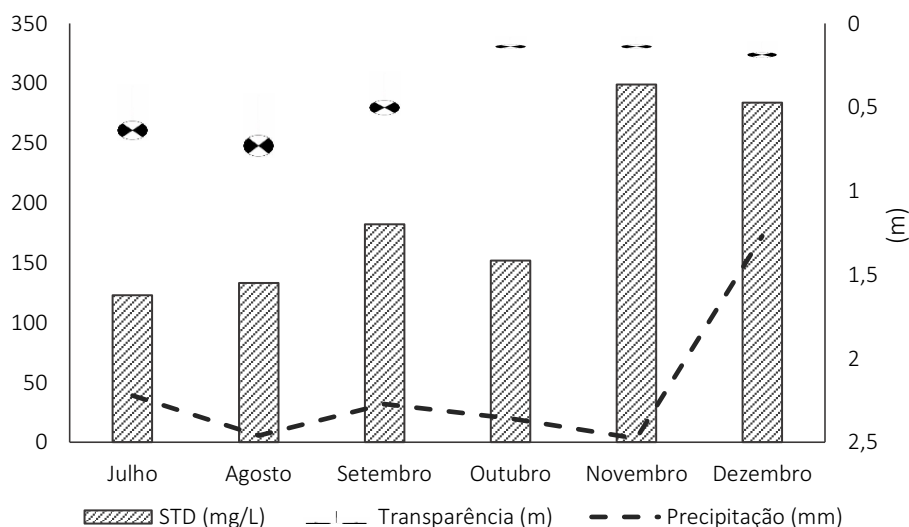


Figura 2. Valores de sólidos totais dissolvidos, precipitação e transparência da Barragem Vaca Brava, no período de julho a dezembro de 2016.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) variaram entre 123 mg/L (julho) e 299 mg/l (novembro) com médias de 195,5 mg/L. Aumento nos valores desse parâmetro foram observados com aumento compatível com o período de seca. Tendência semelhante observada por Lira et al. (2007) em reservatório localizado em condições climáticas semelhantes ao reservatório em estudo. Embora rodeado por mata preservada, parte da bacia é influenciada por minifúndios, onde a intensificação das atividades agropecuárias facilita a desagregação do solo, e a ação das chuvas favorece o transporte de sólidos para os reservatórios (CABRAL et al., 2012). Durante todo o período de estudo os valores de STD se mantiveram dentro do que estabelece a resolução 357/2005 do CONAMA, que preconiza valor máximo de 500 mg/L de sólidos totais dissolvidos para águas para consumo humano, classe I, II e III.

A temperatura da água do reservatório estudado variou de 24,7°C (julho) a 28,5°C (setembro) com média de 26, 9°C. Brito e Alencar (2015) observaram valores semelhantes aos encontrados nesse estudo no reservatório Bananeiras, no semiárido potiguar, e atribuíram os valores as características climáticas da região, que em grande parte do ano recebe intensa insolação. A temperatura da água influencia diretamente nas reações químicas que ocorrem na coluna d'água, com participação direta na decomposição biológica da matéria orgânica, reações químicas e biogeoquímicas (ROLIM et al., 2013).

A condutividade elétrica variou de 236  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (julho) a 565  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (novembro), com uma média de 354,5  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (Figura 2). Os valores de condutividade elétrica em reservatórios nordestinos normalmente são elevados, com valores superiores a 300  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (BRAGA et al., 2015; SOUZA et al., 2016).

Alguns fatores contribuem para o aumento da condutividade elétrica, como a deposição de efluentes domésticos e industriais, dejetos de animais (MORAES, 2001), além do uso de insumos agrícolas no entorno da bacia de drenagem (ALVES et al., 2017). Valores acima de 100  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , como apresentado em todo período de estudo (Figura 3), são indicativos de impactos ocasionados por ações antrópicas (BUZELLI & CUNHA-SANTINO, 2013). Porém, a maioria desses fatores não se enquadram com a realidade do reservatório estudado, podendo estes valores associarem-se a concentração de sais

na coluna d'água devido ao pouco volume armazenado e ao período de estiagem, uma vez que esse parâmetro é facilmente influenciado pelo volume de chuvas (ESTEVES, 1998).

O pH se manteve levemente ácido, obtendo-se uma média de 6,75, variando de 6,36 (novembro) a 6,87 (setembro). Esse padrão pode estar associado aos solos no entorno do reservatório, em sua maioria Latossolos, naturalmente ácidos. O tipo de solo por onde ocorre o escoamento da água, pode interferir nos valores de pH no corpo d'água. Dessa forma, em reservatórios com solos ácidos a água naturalmente tende a apresentar menores valores de pH (BORGES et al., 2003). Durante todo o período de estudo os valores de pH registraram concordância com os padrões da resolução Conama nº 357 de 2005, que estabelece pH de 6 a 9, para água doce de classe II.

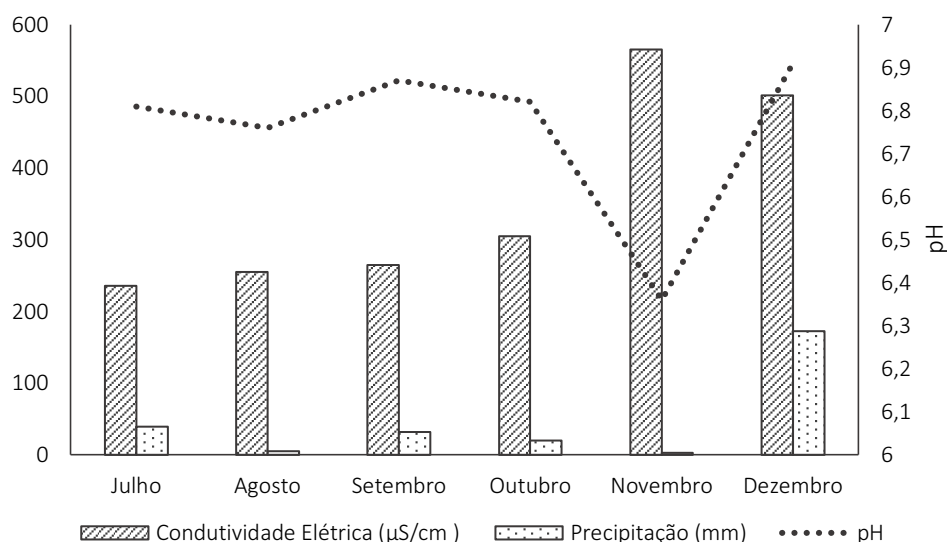


Figura 3. Comportamento da condutividade, precipitação e pH da Barragem Vaca Brava no período de julho a dezembro de 2016.

A média de fósforo total no reservatório foi de 37,5 µg/L (Figura 4), com valores mínimos de 13,255 µg/L (julho) e máximos de 80,4628 µg/L (outubro), associados ao menor valor de volume armazenado registrado. A redução progressiva do volume armazenado dos reservatórios nordestinos é uma consequência da redução da precipitação pluviométrica e da elevada demanda por abastecimento e múltiplos usos (SANTOS, 2017; OLIVEIRA et al., 2016).

Os teores de fósforo total encontrados nesse estudo são inferiores a maioria dos trabalhos desenvolvidos da região Nordeste, onde valores superiores a 100 µg/L são comuns (FREITAS et al., 2011; DANTAS et al., 2012; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2013; BEZERRA et al., 2014; LIMA et al., 2015). Boa parte desses altos valores se deve a ação antrópica nos arredores desses reservatórios onde a detecção da influência humana sobre o processo de eutrofização e mudanças no estado trófico, comprometem a qualidade da água usada para fins de abastecimento (CHAVES et al., 2013). Além disso, em áreas com altas taxas de evaporação e precipitações irregulares o quadro tende a se agravar.

A resolução CONAMA nº 357 de 2005, estabelece o limite de 30 µg/L de fósforo total para corpos d'água de classe II, assim os meses de outubro (80,4628 µg/L), novembro (46,7275 µg/L) e dezembro (46,9106 µg/L) apresentaram desconformidades com essa legislação.

Baixos valores de ortofosfato foram observados, com média de (14,2 µg/L), mínimo de 6,13 µg/L (julho) e máximo de 23,39 µg/L (dezembro). Essa fração do fósforo apresenta grande relevância, sendo a forma de fosfato mais prontamente disponível para os organismos aquáticos (ESTEVES & PANOSSO, 2011). Logo, em ambientes com pouco ou nenhum impacto antrópico, os valores dessa fração são baixos, já que são rapidamente assimilados (BARBOSA et al., 2012).

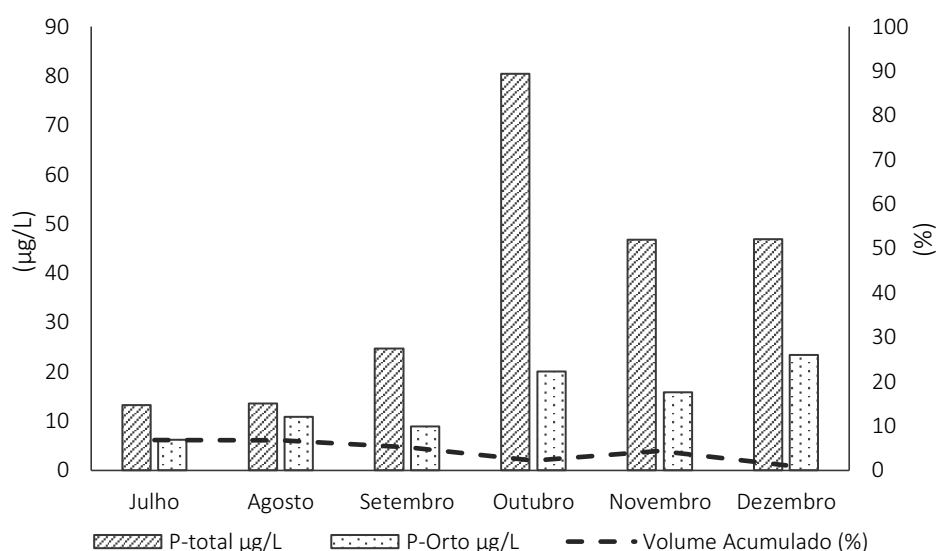


Figura 4. Valores de fósforo total (P-total), ortofosfato (P-Orto) e volume acumulado da Barragem Vaca Brava no período de julho a dezembro de 2016.

Feiden et al. (2015) encontraram valores máximos de ortofosfato de 13 µg/L durante o período de um ano na represa de Salto Caxias, Paraná, ambiente que apresentou boas métricas ambientais. Já Lopes et al. (2017), trabalhando na represa de Vargem das Flores na região metropolitana de Belo Horizonte com severas pressões antrópicas, obtiveram valores superiores a 1000 µg/L, somando-se a esses altos valores a presença de floração de cianobactérias.

As classificações obtidas através do Índice de Estado Trófico (IET) mostraram elevada sazonalidade, com a mudança de oligotrófico, nos meses que antecedem a parte mais seca da estação (julho, agosto e setembro), para eutrófico e mesotrófico nos meses posteriores. Deve-se observar que entre setembro e outubro o IET passou bruscamente de oligotrófico para eutrófico. Conforme ocorreu o aumento do nível do reservatório em novembro, o grau de trofia decaiu para mesotrófico, indicando a forte relação entre volume armazenado, concentração de nutrientes e produtividade primária. (BATISTA et al., 2014).

Tabela 2. Índice de Estado Trófico do reservatório estudado no período de julho a dezembro de 2016

Mês	IET	Classificação
<b>Julho</b>	34,00777401	Oligotrófico
<b>Agosto</b>	34,27830511	Oligotrófico
<b>Setembro</b>	42,96037948	Oligotrófico
<b>Outubro</b>	60,02562673	Eutrófico
<b>Novembro</b>	52,18512583	Mesotrófico
<b>Dezembro</b>	52,24154684	Mesotrófico

Por situar-se em uma área com pequena interferência antrópica, pode-se associar os altos valores de estado trófico aqui encontrados com as condições hidrológicas do reservatório, uma vez que as maiores concentrações de P-total, ocorreram em associação com menores volumes de água armazenada. Além disso, a ação do vento sobre a ressuspensão do sedimento pode atuar de tal forma que, muito embora não tivesse ocorrido aportes externos do nutriente, a coluna d'água sofreu uma recarga advinda do material anteriormente sedimentado. Aumento do teor de fósforo total e redução da transparência em períodos de menor profundidade e volume armazenado são identificados ao longo da região Nordeste, sendo uma tendência em escala espacial e temporal (LIMA, 2016).

A Análise de Componentes Principais (ACP) registrou 84,1% de explicação nos dois primeiros eixos (Figura 5). Para o eixo 1, que explica 63,84 % das variações, as variáveis com maior associação foram transparência (r = -0,40), volume acumulado (r = -0,39) e ortofosfato (r = 0,38). Essas correlações mostram a forte relação entre o volume de água do reservatório e os valores de transparência e ortofosfato. Em condições de reduzido volume de água armazenado, ocorre uma maior concentração de

nutrientes no reservatório, além de maior contribuição na ressuspensão do sedimento (JEPPESEN et al., 2015; MOSLEY, 2015), diminuindo assim a transparência da água.

Pode-se perceber que os meses de julho, agosto e setembro formaram um agrupamento com os melhores valores de transparência, menores teores de fósforo total e ortofosfato, e também menor grau de trofia, sendo todos esses parâmetros associados a um maior volume de água armazenado. Comprovando assim a ocorrência de sazonalidade no reservatório.

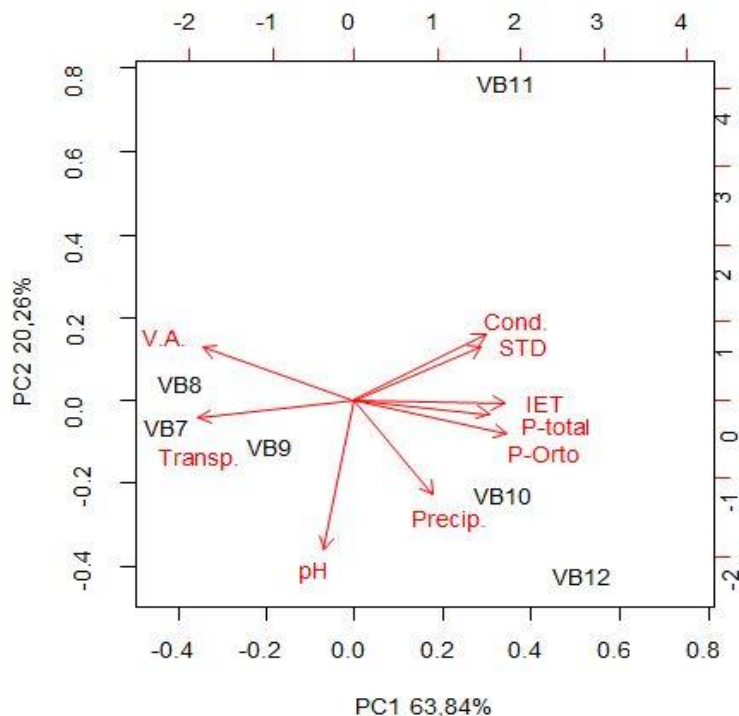


Figura 5. Gráfico da Análise de Componentes Principais. Cond. = Condutividade; Transp.= Transparência; pH = Potencial Hidrogeniônico; IET = Índice de Estado Trófico; P-total = Fósforo Total, P-Orto = Ortofosfato, STD = Sólidos Totais Dissolvidos, Precip. = Precipitação; V.A = Volume Acumulado. VB= Vaca Brava, 7 a 12 representam os meses de julho a dezembro respectivamente.

No eixo 2, que explica 20,26% da variância original, observa-se a influência da precipitação ( $r = -0,45$ ) sobre o pH ( $r = -0,72$ ) e inverso sobre a condutividade ( $r = 0,31$ ). O aumento do pH em períodos de maior precipitação também foi observado por Buzelli e Cunha-Santino (2013). Esse comportamento pode ser explicado devido ao aumento da diluição de compostos dissolvidos ocasionados pelas chuvas e pelo maior escoamento (SILVA, 2008). Períodos de estiagem estão ligados ao menor aporte de água nos reservatórios, com conseqüente concentração dos sais dissolvidos, ocasionando assim, aumento na condutividade elétrica da água (GARCIA et al., 2012; BRAGA et al., 2015; QUEIROZ et al., 2016).

## Conclusão

Os parâmetros de qualidade de água do reservatório foram influenciados diretamente pela sazonalidade.

O ambiente se manteve como oligotrófico até o final da estação chuvosa, aumentando seu estado trófico conforme o reservatório diminuiu sua capacidade de armazenamento, fator associado as baixas taxas de precipitação e elevada demanda hídrica.

## Referências

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 15 de junho de 2017.
- ALVES, W. S.; SANTOS, L. N. S.; MEDEIROS, V. S.; AQUINO, D. S.; MORAIS, W. A.; SALEH, B. B.; PEREIRA, V. C. MOURA, D. M. B. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do ribeirão das Abóboras, em Rio Verde – GO, Brasil. *Geociências*, v.36, n.1, p.13-29, 2017.
- APHA. American Public Health Association. Standard methods for examination of water and wastewater. New York, p.824, 1998.

- ALVES, R. M. A.; BARBOSA, L. G. Efeitos da macrófita exótica *Uruchloa subquadripara* (trin.) R. D. Webster sobre a biodiversidade nativa em reservatórios do Semiárido Brasileiro. In: ALMEIDA, B. de L. F. de. (Org.). Série Iniciados. 1ed. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013, v.18, p.465-475.
- BARBOSA, B. C. AMARAL JUNIOR, F. C.; SILVA, L. S.; PESSOA, K. R.; MARINHO, G M. Avaliação da qualidade da água de um trecho do rio Cocó sob possível influência do lixão desativado do Jangurussu Fortaleza/CE. *Conex. Ciência e Tecnologia*, v.6, n.3, p.26-40, 2012.
- BARBOSA, J. E. L.; ANDRADE, R. A.; LINS, R. P.; DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semiárido Brasileiro. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, n.1, p.81-89. 2006.
- BATISTA, A. A.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; IZÍDIO, N. S. C.; LOPES, F. B. Seasonal and spatial variation of the trophic state index of the Orós reservoir, Ceará, Brazil. *Revista Agroambiente On-line*, v.8, p.39-48, 2014.
- BEZERRA, A. F. M.; BECKER, V.; MATTOS, A. Balanço de massa de fósforo total e o estado trófico em açudes do Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.19, n.2, p.67-76, 2014.
- BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; FERRAUDO, A. S. Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgotos em cursos d'água urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.8, n.2, p.161-171, 2003.
- BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P.; MENDONÇA JUNIOR, J. R.; BEZERRA, A. F. M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, A. M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. *Acta Limnológica Brasileira*, v.27, n.1, p.15-23, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de Agroecologia – SUDENE. Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. Rio de janeiro: MA/SUDENE, 1972. 670p. (Boletim Técnico, 15).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.
- BRITO, R. H. L.; ALENCAR, G. J. Avaliação da Qualidade da Água do reservatório Bananeiras, Alexandria /RN. *Revista do CERES*, v.1, n.2, p.1-6, 2015.
- BRITTO, F. B.; SILVA, T. M. M.; VASCO, A. N.; AGUIAR NETTO, A. O.; MOURA CARVALHO, C. M. Avaliação do risco de contaminação hídrica por agrotóxicos no perímetro irrigado Betume no Baixo Rio São Francisco. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.9, n.3, p.158-170, 2015.
- BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). *Ambi-Agua, Taubaté*, v.8, n.1, p.186-205, 2013.
- CABRAL, J. B. P.; SANTOS, F. F.; NOGUEIRA, P. F.; BRAGA, C. C. Análise espacial de sólidos em suspensão em reservatórios do estado de Goiás: estudo de caso de UHE Caçu e Barra dos Coqueiros. *Revista Geonorte*, v.2, n.4, p.126-137, 2012.
- CARDOSO, R. S.; NOVAES, C. P. Variáveis limnológicas e macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v.1, n.5, p.16-35, 2013.
- CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, n.22, p.361-369, 1977.
- CARVALHO, L. L. S.; LACERDA, C. F.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; VALNIR JÚNIOR, M.; CARVALHO, C. M. Variabilidade espacial e temporal da qualidade da água de poços no perímetro irrigado do Baixo Acaraú – CE. *Rev. Bras. Agric. Irrigada*. v.11, n.2, p.1348-1357, 2017.
- CHAVES, F. I. B.; LIMA, P. F.; LEITÃO, R. C.; PAULINO, W. D. SANTAELLA, S. T. Influence of rainfall on the trophic status of a Brazilian semiarid reservoir. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v.35, n.4, p.505-511, 2013.
- COLE, G. *Textbook of limnology*. London: The C. V. Mosby Co. 1983. 436p.
- COSTA, I. A. S.; CUNHA, S. R.; PANOSSO, R. F.; ARAÚJO, M. F. F.; MELO, J. L. S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecol. Bras.*, v.13, n.2, p.382-401, 2009.
- CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C.; LAMPARELLI, M. C.; MENEGON JUNIOR, N. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005-2009). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.18, n.2, p.159-168, 2013.
- DANTAS, E. W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Dynamics of phytoplankton associations in three reservoirs in Northeastern Brazil assessed using Reynolds' theory. *Limnologia*, v.42, p.72-80, 2012.

- ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; MENEZES, R.; COSTA, I. S., ARAÚJO, M.; PANOSSO, R.; ATTAYDE, J. L. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semiarid. *Brazilian Journal of Biology*, v.73, n.1, p.37-52, 2013.
- ESTEVEZ, F. A. Fundamentos de Limnologia. Interciência, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 1998, 602p.
- ESTEVEZ, F. de A.; PANOSSO, R. Fósforo. In: ESTEVEZ, F. de A. (Org.). Fundamentos de Limnologia. 3ª ed. São Paulo. Editora Interciência, p.259-281, 2011.
- FEIDEN, I. F.; OLIVEIRA, J. D. S.; DIEMER, O.; FEIDEN, A. Qualidade da água, capacidade de suporte e melhor período para criação de peixes em tanques rede no reservatório de Salto Caxias. *Eng. Sanit. Ambiental*, v.20, n.4, p.589-594, 2015.
- FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro. *Oecologia Australis*, v.15, n.3, p.655-665, 2011.
- GARCIA, H. L.; SILVA, V. L.; MARQUES, L. P.; GARCIA, C. A. B.; ALVES, J. P. H.; SILVA, M. G.; CARVALHO, F. O. Nível trófico do reservatório de Jacarecica I – Sergipe – Brasil. *Scientia Plena*, v.8, n.7, p.1-9, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=310620>. Acesso em: 20 de junho de 2017.
- JEPPESEN, E.; BRUCET, S.; NASELLI-FLORES, L.; PAPASTERGIADOU, E.; STEFANIDIS, K.; NÖGES, T.; NÖGES, P.; ATTAYDE, J. L.; ZOHARY, T.; COPPENS, J.; BUCAK, T.; MENEZES, R. F.; FREITAS, F. R. S.; KERNAN, M.; SØNDERGAARD, M.; BEKLIOĞLU, M. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in waterlevel and related changes in salinity. *Hydrobiologia*, v.750, n.1, p.201-227, 2015.
- KOPPEN, W. Dasa geographi SC system der klimare. In: KOPPEN, W.; GEIGER, R. *Handbuch der klimatologie*. Berlin: Gerdrulier Borntaeger, v.1, Part, 44p. 1936.
- LIMA, P. F. Índices de estado trófico, eutrofização e dominância de cianobactérias em açude do semiárido cearense durante forte déficit hídrico. 209f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2016.
- LIMA, P. F.; SOUSA, M. S. R.; PORFÍRIO, A. F.; ALMEIDA, B. S.; FREIRE, R. H. F.; SANTAELLA, S. T. Preliminary analysis on the use of Trophic State Indexes in a brazilian semiarid reservoir. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v.37, n.3, p.309-318, 2015.
- LIRA, G. A. S. T.; OLIVEIRA, M. C. B.; MOURA, A. N. Caracterização ecológica da comunidade fitoplancônica em um reservatório de abastecimento do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, supl. 2, p.219-221, 2007.
- LOPES, A. M. M. B.; GOMES, L. N. L.; MARTINS, F. C. M.; CERQUEIRA, D. A.; MOTA FILHO, C. R.; VON SPERLING, E.; PÁDUA, V. L. Dinâmica de protozoários patogênicos e cianobactérias em um reservatório de abastecimento público de água no sudeste do Brasil. *Eng. Sanit. Ambiental*, v.22, n.1, p.25-43, 2017.
- MARUCHI, A. K. Fracionamento de P em plantas empregando diferentes procedimentos de preparo de amostras e sistemas de análise em fluxo monosegmentados. 80f. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química. Universidade de São Paulo, 2005.
- MORAES, A. J. Manual para a avaliação da qualidade da água. São Carlos: RiMa, 2001.
- MOSLEY, L. M. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. *Earth-Science Rev*, v.140, p.203-214, 2015.
- NYENJE, P. M.; FOPPEN, J. W.; UHLENBROOK, S.; KULABAKO, R.; MUWANGA, A. Eutrophication and nutrient release in urban areas of sub-Saharan Africa-A review. *Science of the Total Environment*, v.408, n.3, p.447-455, 2010.
- OLIVEIRA, F. H. P. C.; SILVA, J. D. B.; COSTA, A. N. S. F.; RAMALHO, W. P.; MOREIRA, C. H. P.; CALAZANS, T. L. S. Cyanobacteria community in two Tropical eutrophic reservoirs in northeastern Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v.37, n.2, p.169-176, 2015.
- OLIVEIRA, J. F.; COSTA, R. S.; NOVAES, J. L. C.; REBOUÇAS, L. G. F.; MORAIS-SEGUNDO, A. L. N. PERETTI, D. Efeito da seca e da variação espacial na abundância de indivíduos nas guildas tróficas da ictiofauna em um reservatório no Semiárido Brasileiro. *Bol. Inst. Pesca*, v.42, n.1, p.51-64, 2016.
- PEDRAZZI, F. J. M.; CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. Avaliação da qualidade da água no reservatório de Itupararanga, Bacia do Alto Sorocaba (SP). *Geociências*, v.33, n.1, p.6-38, 2014.
- PEREIRA, V. O. G.; MESQUITA, G. M.; SANT'ANA, G. R. S. Análise das características físico-químicas da água do lago do jardim botânico na cidade de Goiânia-GO. *Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia*, v.11, p.294-308, 2017.



- PERH. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Relatório final. 2007. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/perh/>. Acesso em: 18 de junho de 2016.
- QUEIROZ, M. T. A.; QUEIROZ, C. A.; QUEIROZ, F. A.; LEÃO, M. M. D.; AMORIM, C. C. Estudo dos parâmetros físico-químicos, qualidade da água e trofia do reservatório da usina hidrelétrica de Sá Carvalho, Minas Gerais, Brasil. *Revista Gestão Industrial*, v.12, n.1, p.58-77, 2016.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R Foundation for Statistical Computing. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Viena, Áustria. 2006. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 de junho de 2017.
- ROLIM, H. O.; LEITE JÚNIOR, J. B.; GOMES FILHO, R. R. Qualidade da água. In: GOMES FILHO, R. R. (Org.). *Gestão de recursos hídricos: conceitos e experiências em bacias hidrográficas*. Goiânia: América; UEG, 2013, p.215-253.
- SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.54, n.1, p.86-94, 2002.
- SANTOS, J. P. O. Avaliação da qualidade da água e do sedimento em reservatórios de abastecimento público na bacia do rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2017.
- SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amazônica*, v.38, n.4, p.733-742, 2008.
- SILVA, E. B.; ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; SOUZA, C. A.; ANDRADE, E. M. Variabilidade espaço-temporal da qualidade de água no vale do rio Trussu, Ceará. *Rev. Bras. Agric. Irrigada*. v.11, n.2, p.1420-1429, 2017.
- SOUZA, C. A.; ARAUJO, Y. R.; ARAÚJO NETO, J. B.; PALÁCIO, H. A. Q.; BARROS, B. E. A. Análise comparativa da qualidade de água para irrigação em três sistemas hídricos conectados no Semiárido. *Rev. Bras. Agric. Irrigada*, v.10, n.6, p.1011-1022, 2016.
- THEBALDI, M. S.; SILVA, A. V.; VILELA, N. M. S.; LEAL, B. P.; BORGES, I. C.; MARTINS, I. P.; FERNANDES, L. R. Concentração de nutrientes na água de duas lagoas urbanas do município de Formiga – MG. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v.11, n.2, p.172-184, 2017.
- TOLEDO JR., A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E. G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: *Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária*, 12, Camboriú. Anais... Camboriú: 1983, p.1-34, 1983.
- VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Ambi-Agua*, v.6, n1, p.118-130, 2011.

## ***Resíduos sólidos na praia Martim de Sá, Caraguatatuba/SP – Potenciais poluidores da areia e da água<sup>1</sup>***

<sup>2</sup>Gisele Herbst Vazquez

<sup>3</sup>Sandra de Fátima Mira Teodoro

<sup>4</sup>Cibele Machado

<sup>1</sup>Parte das Dissertações de Mestrado de Sandra de Fátima Mira Teodoro e Cibele Machado à Universidade Brasil/Pós-graduação em Ciências Ambientais.

<sup>2</sup>Professora Titular, Universidade Brasil, Fernandópolis/SP, gisele.vazquez@universidadebrasil.edu.br

<sup>3,4</sup>Ex-alunas do curso de mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Brasil, São Paulo/SP, sandramira5@gmail.com; cibelemachado290772@gmail.com

### **Introdução**

A costa brasileira apresenta 8.500 km com inúmeras praias urbanas intensamente utilizadas, especialmente nos meses de setembro a março, que são os mais ensolarados, acarretando uma sobrecarga ambiental e social (SILVA et al., 2006).

Atualmente, com a onda do consumismo, o mundo passa por uma “era dos descartáveis”, que quanto mais rica for a sua população, maior será a quantidade de resíduos produzidos. No Brasil, em 2012, a produção média de resíduos foi de 383 kg.ano<sup>-1</sup> ou 1,05 kg.dia<sup>-1</sup>, em Estados mais desenvolvidos como São Paulo, este valor chegou a 1,39 kg.dia<sup>-1</sup> (BARBOSA, 2013). Em praias, o problema não é diferente, o que gera desvalorização estética, imobiliária, turística e ecológica (KAY & ADLER, 1999), além de gastos financeiros com a limpeza das praias pelos órgãos públicos cuja verba poderia ser utilizada para outros fins, exigindo, assim, cada vez mais atenção na busca de soluções, principalmente no que diz respeito à poluição costeira e marinha.

A Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que Instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, define resíduos sólidos como:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, Art.3º, inciso XVI).

Já segundo a normativa da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 10004/1987, os resíduos sólidos são “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição” (ABNT, 1987).

Por sua vez, a Convenção das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar (CNUDM), assinada em 10 de dezembro de 1982, e que entrou em vigor no Brasil em 1995, após a publicação do Decreto nº 1530, diz que:

poluição no meio marinho significa a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou de energia no meio marinho, incluindo os estuários, sempre que a mesma provoque ou possa vir a provocar efeitos nocivos, tais como danos aos recursos vivos e à vida marinha, riscos à saúde do homem, entrave às atividades marítimas, incluindo a pesca e as outras utilizações legítimas do mar, alteração da qualidade da água do mar, no que se refere à sua utilização e deterioração dos locais de recreio (BRASIL, 1995, Art. 1º, Item 4).

A abrangente definição induz à ideia de que a principal fonte de poluição marinha é baseada em terra. Do ponto de vista jurídico, só ocorre poluição se houver efeitos nocivos (prejuízo detectável) ou consequência séria. Na prática, para caracterizá-la, é preciso avaliar o contexto – região, localidade e interesse afetado – e a intensidade – grau de poluição, caráter do conflito, potencial de dano único ou desconhecido (CNIO, 1998).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) considera que detrito marinho é: qualquer material sólido, persistente, manufaturado ou processado, que é descartado ou abandonado no ambiente marinho e costeiro. Os detritos marinhos são objetos que foram feitos ou usados por pessoas e deliberadamente descartados nos mares, rios ou praias; foram levados ao mar indiretamente pelos rios, inundações, esgotos e águas servidas, ou vendavais; foram perdidos acidentalmente, incluindo materiais perdidos no mar durante tempestades (materiais de pesca, cargas); ou foram deliberadamente deixados pelas pessoas nas praias e costas (UNEP, 2005).

Assim, diversos pesquisadores têm estudado a questão dos resíduos nas praias e as suas consequências para o ambiente costeiro e marinho. De acordo com Caldas (2007), o aumento alarmante da quantidade e da diversidade dos diferentes tipos de resíduos sólidos produzidos pelo homem nas últimas décadas tornou-se uma das grandes preocupações mundiais. Sendo a deficiência na coleta e disposição e a falta de orientação da população, fatores que resultam na entrada dos mesmos no ambiente marinho por diferentes meios (ARAÚJO & COSTA, 2007). Os resíduos sólidos quando são depositados na areia e não recolhidos a tempo, podem ser carregados pelas correntes e marés, recontaminando a praia (SILVA et al., 2008), e causando danos a biota marinha, como ingestão acidental e enredamento pelo lixo, o que pode causar sufocamento, ferimentos, doenças e até a morte do animal (DIAS FILHO et al., 2011a).

Os usuários presentes em grande número nas praias urbanas são os principais contribuintes do descarte de resíduos e a contaminação da areia por embalagens de comida, garrafas e latas de bebida, copos, canudos e talheres de plástico, palitos e embalagens de picolé, pontas de cigarro e outros (GREGORY, 1999; ARAÚJO & COSTA, 2007; SOARES et al., 2007; SILVA et al., 2008; SILVA-CAVALCANTI et al., 2009).

Segundo Dias Filho et al. (2011b), avaliar a quantidade e a composição dos resíduos encontrados na praia, relacionando-as com o número de usuários presentes em áreas distintas, permite estabelecer padrões para determinar com maior precisão a fonte desses resíduos e as providências a serem executadas.

Além dos itens anteriormente citados como poluição gerada pela população, existe ainda o que se denomina lixo de mão, itens que após o consumo gera algum resíduo que necessita ser descartado, e que muitas vezes ao invés de ser depositado em lixeiras, comumente são arremessados em ruas, praças, parques e praias.

De acordo com o Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA, 1996) citado por Almeida et al. (2015), a ponta de cigarro é considerada o lixo mais comum do mundo, representando cerca de 30% do lixo de mão jogado nas ruas, bueiros, praias, sendo altamente tóxico.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de tabaco, atrás apenas da China, com produção de cerca de 695 mil t e 308 mil ha na safra de 2015, de acordo com dados da Associação de Fumicultores do Brasil (AFUBRA, 2015). Estima-se que para a produção do papel e a alimentação dos fornos à lenha necessários na produção do tabaco, para cada 300 cigarros produzidos, uma árvore é queimada. Havendo ainda grande utilização de defensivos agrícolas pelos fumicultores; liberação de substâncias tóxicas, como o monóxido de carbono gerado pela fumaça do cigarro; incêndios causados por pontas de cigarro acesas, causando graves danos à flora e a fauna e problemas decorrentes por pontas de cigarro jogadas no ambiente que, carregadas de materiais tóxicos, podem demorar anos para se decompor, contaminando solos e rios (FIGUEIRAL et al., 2014).

De acordo com o relatório global da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre as Tendências no Uso de Tabaco, no ano de 2010, o número de fumantes no mundo seria de 1,1 bilhão de pessoas, ou seja, 22% da população mundial com 15 anos ou mais de idade (ONU, 2015), e que de acordo com a Autoridade para as Condições de Trabalho (ECYCLE, 2013), 7,7 pontas de cigarro seriam descartadas por pessoa em um dia, totalizando cerca de 12,3 bilhões de pontas descartadas diariamente, constituindo, portanto, a forma mais comum de lixo do mundo (SLAUGHTER et al., 2011).

Segundo a United Nations Environment Programme (UNEP, 2009), agência para o ambiente do sistema das Nações Unidas, mais de 80% do lixo disposto nos mares é formado por sacolas plásticas e garrafas PET, sendo que filtros de cigarros, embalagens de tabaco e restos de cigarro formam 40% do lixo marinho no Mar Mediterrâneo, enquanto no Equador o lixo proveniente do mercado do fumo foi responsável por mais da metade de todos os descartes encontrados na costa em 2005.

O lixo deixado nas praias altera a vida dos microrganismos, podendo causar doenças de pele e outras enfermidades, além de afetar a microfauna da areia e atrair a presença de animais transmissores

de doenças, como ratos e urubus, criando um efeito visual desagradável, diminuindo assim, a atividade turística daquele ambiente (SOUZA & SILVA, 2015).

Ao entrar em contato com a água, as substâncias tóxicas que compõe o cigarro, como o chumbo e o cádmio, podem atingir o lençol freático ou até mesmo permanecerem armazenadas nas superfícies. As pontas de cigarro podem ser letais para microrganismos de água doce (consumidores primários importantes para o equilíbrio energético de um ecossistema aquático), podendo persistir no meio ambiente como fontes de poluição por até 18 meses, já que possui acetato de celulose, um tipo de plástico não degradável (MOERMAN & POTTS, 2011).

Já de acordo com Ecycle (2013), a ponta de cigarro possui mais de 4,7 mil substâncias tóxicas impregnadas, o que prejudica o solo, contamina rios e córregos e entope tubulações e bueiros, sendo um dos fatores para o agravamento do efeito das enchentes, além de seu longo tempo de decomposição que pode demorar de 5 a 10 anos de acordo com Zhao et al. (2010).

No Brasil, em praias, devido ao alto custo do serviço de limpeza periódica, normalmente só as de reconhecido valor turístico, são regularmente limpas. Na praia Martim de Sá, na cidade de Caraguatatuba/SP, apesar da limpeza constante, só os itens maiores do lixo são recolhidos, ficando para trás os resíduos pequenos ou lixo de mão, como pontas de cigarro, pedaços de plástico, palitos de picolé e outros, que permanecem misturados à areia. Daí é improvável que a simples limpeza da praia dissociada de outras medidas mais efetivas, possa resolver definitivamente a questão do descarte de pontas de cigarro no ambiente costeiro e marinho.

Especificamente em Caraguatatuba/SP há vários projetos e programas referentes à educação ambiental, porém, nenhum deles trata especificamente do descarte correto de pontas de cigarro em praias.

Sabe-se que “uma vertente da educação ambiental, relativamente pouco trabalhada, porém, com grandes implicações no meio ambiente, é a problemática referente ao descarte incorreto de pontas de cigarro” (ALMEIDA et al., 2015). Monteiro et al. (2007) afirmam que “caso exista uma intervenção de educação ambiental, os hábitos dos fumantes [...] podem ser modificados, levando a uma melhoria na qualidade de vida [...]”.

Para manter uma praia turística livre de resíduos antrópicos, a solução pode ser abordada do ponto de vista da remediação ou da eliminação das fontes. Neste sentido, a limpeza pública tem caráter remediador e, embora necessária, é bastante dispendiosa e não resolve o problema em longo prazo. Já a educação ambiental tem a finalidade de eliminar as fontes através da conscientização da população, aumentando a sua qualidade de vida e, ainda, reduzindo os custos da limpeza. A educação ambiental necessita um grande envolvimento da administração local e de mão de obra qualificada, entretanto tem grandes chances de resolver o problema em longo prazo (SANTOS et al., 2004).

A educação ambiental assume cada vez mais uma função transformadora, na qual a co-responsabilização dos indivíduos torna-se um objetivo essencial para promover um novo tipo de desenvolvimento – o desenvolvimento sustentável. Entende-se, portanto, que a educação ambiental é condição necessária para modificar um quadro de crescente degradação socioambiental (JUNG et al., 2014).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é realizar um levantamento quali-quantitativo dos resíduos sólidos presentes na Praia Martim de Sá em Caraguatatuba/SP e de seus frequentadores, além de criar, aplicar e avaliar um programa de educação ambiental visando o descarte correto de pontas de cigarros. O programa será desenvolvido por meio de um trabalho de conscientização da população sobre os males das pontas de cigarro para o meio ambiente, além da implantação de bituqueiras em quiosques de alimentação e a sua divulgação, quantificando-se o seu uso e a mudança de comportamento dos envolvidos no processo.

## Material e Métodos

A cidade de Caraguatatuba/SP está localizada na latitude de 23° 37' 13" S e longitude de 45° 24' 47" W, com uma altitude de 2 m, com área de 485,097 km<sup>2</sup> e distante 178 km da capital do Estado. Em 2014 a estimativa populacional do município foi de 111.524 habitantes, o que resultou em uma densidade demográfica de 229,9 habitantes km<sup>-2</sup> (IBGE, 2014).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima de Caraguatatuba é Af (Tropical Chuvoso), sem estação seca com a precipitação média do mês mais seco superior a 60mm. A temperatura mínima e máxima do ar são de 18,2°C e 31,6°C (com a média em 24,9°C), respectivamente, e a média anual de chuva é de 1757,9mm (CEPAGRI, s/d). A vegetação original predominante é a Mata Atlântica, que está

reduzida a 7,91% de sua área original, tendo grande parte da biodiversidade ameaçada de extinção (IBF, 2018).

A praia Martim de Sá, pertencente ao município de Caraguatatuba/SP, situa-se na avenida Dr. Aldino Schiavi a 3 km do centro da cidade. Sua orla tem cerca de 1,5 km de extensão, possui larga faixa de areia amarelada, levemente inclinada em direção ao mar e é muito disputada por turistas e moradores da cidade, principalmente no verão, feriados e fins de semana, ficando extremamente ocupada, o que gera grande descarte de resíduos (Figura 1A). Por ser uma praia de tombo, o mar é bastante agitado com ondas muito fortes principalmente no seu canto norte, no sentido da Prainha, porém, no seu canto sul, próximo ao rio Guaxinduba, que é o ponto de partida para a Praia Brava, as águas ficam mais rasas e calmas.

#### *Levantamento dos resíduos sólidos e dos frequentadores da praia*

O levantamento dos resíduos sólidos foi realizado em três domingos, ou seja, nos dias 11 de janeiro, 15 de fevereiro e 22 de março de 2015, em quatro áreas (P1, P2, P3 e P4), todas no pós-praia e com elevada atividade comercial (Figura 1B).

Os pontos 1, 2 e 4 apresentam ambiente praias mais largo, localizam-se fora do alcance das ondas e das marés normais; o ponto 3 possui ambiente praias mais estreito, que quando da subida e descida da maré parte do pós-praia é alcançado. O P1 é o canto norte da praia, aonde o mar apresenta as ondas mais altas e agitadas e a areia mais grossa; o P2 possui características semelhantes ao P1; o P3 apresenta a faixa de praia mais estreita e o mar agitado, mas inferior aos pontos anteriores e o P4, o mar tranquilo e areia mais fina.

Em cada área foi determinado um transecto de 10 m de largura por 20 m de comprimento, compreendendo 200 m<sup>2</sup>, sendo o recolhimento dos resíduos realizados sempre nos mesmos transectos e ao entardecer, após a saída dos frequentadores que ocupavam o local. Os transectos foram selecionados em áreas próximas a estabelecimentos comerciais (quiosques de alimentação).

Assim, nas datas selecionadas, em cada transecto, todos os resíduos sólidos com mais de 2 cm foram coletados manualmente, separados, contados e agrupados em classes: plástico, madeira, metal, vidro e outros (ponta de cigarro e isopor) e dispostos em sacolas plásticas para posterior pesagem em balança semi analítica.

A caracterização dos frequentadores foi realizada em cada transecto nas quatro áreas predeterminadas por meio de observação sem a abordagem direta, nos mesmos dias escolhidos para a amostragem dos resíduos, com uma hora de avaliação pela manhã. Assim, o público foi contabilizado de acordo com a sua faixa etária aparente e por uma única pessoa, de maneira a evitar o confronto de critérios, ou seja, criança (de 0 a 11 anos), adolescente (12 a 17 anos), jovem adulto (18 a 30 anos), adulto (31 a 50 anos) e sênior (acima de 51 anos).



Figura 1. Praia Martim de Sá - janeiro/2015 - faixa de praia extremamente ocupada (A) e localização dos quatro transectos amostrados (B), Caraguatatuba/SP.  
Fonte: Adaptado de Google Inc. (2015) e fotos das autoras.

Todos os dias a Prefeitura Municipal de Caraguatatuba coloca em prática a limpeza da praia, o serviço começa de madrugada às 4 horas e termina às 11 horas. O trabalho é realizado por 5 funcionários do PEAD – Programa Emergencial de Auxílio ao Desemprego e a limpeza é feita manualmente com rastelos de ferro e pás. Já nos finais de semana e feriados, o serviço conta com o auxílio de uma máquina retroescavadeira e um caminhão para recolher o lixo. É retirado em média 350 kg de lixo durante a semana, e nos finais de semana e feriados, aproximadamente  $\frac{1}{2}$  tonelada, o que totaliza cerca de 3 toneladas de lixo por mês, segundo dados da Secretaria de Serviços Públicos Municipal (SESEP) de Caraguatatuba em 2015.

#### *Descarte de pontas de cigarro e educação ambiental*

A praia Martim de Sá conta com 12 quiosques de alimentação em toda a sua extensão, sendo que para a instalação do programa de educação ambiental, visando o descarte correto de pontas de cigarros, foram utilizados oito quiosques. Assim, em quatro quiosques foram instaladas “bituqueiras” (coletores de pontas de cigarro) confeccionadas com cano PVC e sinalizadas com placa para melhor visualização (Figura 2), e em outros quatro, intercalados entre si, foi realizada apenas a coleta das pontas de cigarro depositadas na areia ou em outro lugar impróprio, ou seja, ponto 1 com bituqueira (B1), ponto 1 sem

bituqueira (S1), ponto 2 com bituqueira (B2), ponto 2 sem bituqueira (S2) e assim sucessivamente conforme Figura 3.

Para a escolha dos quatro quiosques a serem instaladas as bituqueiras, observou-se os mais frequentados de acordo com a região da praia, optando-se por amostrar todo o comprimento da praia, ou seja, um quiosque ao norte, logo no início da praia, outro ainda ao norte, porém, mais próximo a uma praça existente no calçadão na região central da praia, outro mais ao sul, quando termina a praça e o último também ao sul, no final da praia (Figura 3).



Figura 2. Uma das bituqueiras implantada - ponto 4 (B4), praia Martin de Sá, Caraguatatuba/SP.



Figura 3. Localização dos pontos com e sem bituqueira – praia Martin de Sá – Caraguatatuba/SP.

Fonte: Adaptado de Google Inc. (2015).

A coleta foi realizada em quatro sábados do mês de abril de 2016 (09, 16, 23 e 30/04), onde as bituqueiras foram instaladas às 11 horas sendo as pontas depositadas recolhidas às 17 horas do mesmo dia. Além da implantação das bituqueiras, nos mesmos quiosques, foi realizado um trabalho de entrega de panfletos das 11 às 12 horas aos frequentadores do local, onde se procurou alertar sobre os danos ambientais causados pelo descarte incorreto das pontas de cigarro (Figura 4).

Nos pontos sem bituqueira não foi realizada a distribuição de panfletos e as pontas de cigarro foram recolhidas manualmente com o auxílio de luvas plásticas em uma área de 100 m<sup>2</sup> próxima aos quiosques às 17 horas. Anteriormente, entre 9 e 10 horas, essa mesma área de 100 m<sup>2</sup> de cada quiosque foi percorrida retirando-se as pontas de cigarro de forma a não interferir na quantidade a ser recolhida no final do dia.

Após o recolhimento das pontas de cigarro nos oito pontos, procedeu-se a contagem e registro dos dados.

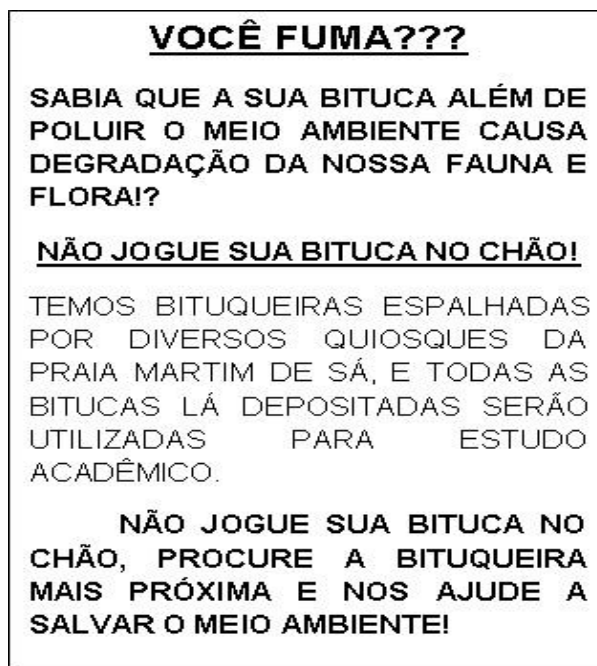


Figura 4. Panfleto utilizado para a divulgação das bituqueiras e da poluição causada pelas pontas de cigarro, praia Martim de Sá, Caraguatatuba/SP.

Assim, o delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, sendo um dos fatores a instalação ou não da bituqueira e o demais, a data de coleta das pontas de cigarro nos quatro finais de semana e com quatro repetições.

Os resultados foram analisados por meio do teste F, que quando significativo, procedeu-se a comparação das médias com o auxílio do teste de Tukey a 5% de probabilidade para o fator instalação ou não de bituqueira, por ser qualitativo, e para o fator data, por ser quantitativo, o teste de regressão. A análise estatística foi realizada com o uso do programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

## **Resultados e Discussão**

### *Análise quali-quantitativa dos resíduos sólidos*

Nas três avaliações foram coletados 4.532 itens de resíduos sólidos, com uma média de 1.133 itens por ponto (quatro pontos), o que equivale a uma estimativa de 5,7 itens m<sup>-2</sup>. Destes, o maior percentual foi o do item classificado como outros (70,6%), com predominância da categoria ponta de cigarro (69,3%) (Tabela 1). Santos et al. (2004) estimaram em 3,09 itens m<sup>-1</sup> os resíduos sólidos oriundos dos usuários da Praia do Cassino/RS. De acordo com escala proposta por Soares et al. (2007) para índices de poluição em praias, que varia de baixo (<1,0 item m<sup>-1</sup> na frente da praia), a médio (1,0 a 10 itens m<sup>-1</sup> na frente da praia) e alto (de 10 a 100 itens m<sup>-1</sup> na frente da praia), a praia Martim de Sá seria classificada como média.

Quanto ao peso, o total de resíduos acumulados foi de 21.747 g nas três avaliações, com uma média de 27,2 g m<sup>-2</sup> (Tabela 1). Considerando que a praia Martim de Sá tem 1.500 m de orla e 15 m de largura em média (22.500 m<sup>2</sup>) e que toda a sua área poderia conter resíduos, o peso total acumulado em um domingo de verão seria de 612 kg se não houvesse nenhum tipo de coleta, o que está próximo aos dados divulgados pela SESEP – Secretaria de Serviços Públicos de Caraguatatuba de cerca de 500 kg nos finais de semana.

No Brasil e no mundo, o consumo de tabaco é normalmente abordado quanto ao seu malefício à saúde, havendo pouca divulgação sobre o risco ambiental. A ponta de cigarro, considerada de tamanho insignificante, entope galerias pluviais e vias fluviais e é a principal causadora de incêndios nas margens das estradas em épocas de seca, quando descartada ainda acesa, sendo classificada como micro lixo tóxico (BECKER et al., 2013). Além disso, com o seu descarte irregular, a ponta de cigarro pode contaminar o solo e o lençol freático (SILVEIRA, 2010) e matar animais que as ingerirem, já que seu filtro contém acetato de celulose que não é biodegradável e permanece no solo e na água por 5 a 7 anos, armazenando uma considerável quantidade de materiais tóxicos dos quais o cigarro é feito (MARCHI et al., 2014).



Tabela 1. Quantidade total de itens de cada grupo de resíduo nas quatro áreas amostradas, em três domingos avaliados. Caraguatatuba/SP, 2015

Grupo de resíduo	Quantidade	Porcentagem (%)	Peso (g)
Plástico	836	18,4	373
Madeira	416	9,2	879
Metal	58	1,3	796
Vidro	23	0,5	18.400
Outros: isopor	58	1,3	42
Outros: ponta de cigarro	3.141	69,3	1.257
<b>TOTAL</b>	<b>4.532</b>	<b>-</b>	<b>21.747</b>

Resíduo por local	Quantidade	Quantidade média por m <sup>2</sup>	Peso (g)	Peso médio por m <sup>2</sup> (g)
P1	1.509	7,5	5.774	28,9
P2	1.357	6,8	12.266	61,3
P3	624	3,1	2.937	14,7
P4	1.042	5,2	770	3,8
<b>MÉDIA dos 4 transectos</b>	<b>1.133</b>	<b>5,7</b>	<b>5.437</b>	<b>27,2</b>

De acordo com a experiência conduzida por Aristides Almeida Rocha e Mário Albanese, 20 pontas de cigarro dissolvidas em 10 litros de água apresentam uma Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de 317 mg L<sup>-1</sup>, enquanto que no esgoto doméstico as taxas variam de 300 a 600 mg L<sup>-1</sup>. Além disso, duas pontas de cigarro de 1,0 g provocam uma DBO de 1,5 mg L<sup>-1</sup>, o que corresponde à poluição causada por um litro de esgoto doméstico (SILVEIRA, 2010).

Tanto os filtros quanto os restos de tabaco são danosos para os seres humanos e outros organismos vivos, possuindo metais pesados tóxicos como o cádmio e o chumbo, monóxido de carbono, compostos radioativos como polônio 210 e carbono 14 e solventes como benzeno e formol, entre outros (MOERMAN & POTTS, 2011).

Assim, embora a limpeza da praia Martim de Sá seja feita diariamente, as pontas de cigarro por serem pequenas e descartadas em grande quantidade (3,9 unidades m<sup>-2</sup>), são pouco recolhidas, ficando acumuladas e enterradas na areia por longo período devido a sua lenta decomposição e com consequências óbvias para os usuários e a biota marinha. Outros estudos também contabilizaram as pontas de cigarro como um dos itens mais frequentes em praias (SANTOS et al., 2004; DIAS FILHO et al., 2011a).

Além das pontas de cigarro, na praia Martim de Sá, a faixa de areia da praia fica repleta de resíduos sólidos geralmente compostos por descartáveis, sendo os plásticos os itens mais encontrados (836), destes, os canudos são os mais frequentes (45,7%), após os copos (16,5%), as tampinhas (14,5%), as sacolas (13,0%) e as garrafas (10,3%) (Tabela 1), o que concorda com Mascarenhas et al. (2008) e Baptista Neto e Fonseca (2011).

Por sua vez, o grupo classificado como madeira, inclui os palitos de churrasco e de sorvete e são os responsáveis por 9,2% dos resíduos. Em seguida, vem os metais e os vidros, que respondem por 1,3 e 0,5% dos resíduos, respectivamente. O metal constituído pelas latinhas de alumínio de cerveja e refrigerante, embora bastante difundido na praia, sua quase ausência se justifica pelo fato de que elas são eficientemente recolhidas por catadores e encaminhadas para reciclagem, já que o Brasil é um dos países que mais recicla alumínio no mundo. Os vidros representados pelas garrafas também são encontrados em menor porcentagem e sendo estas embalagens normalmente retornáveis, os comerciantes e/ou os próprios usuários as recolhem (Tabela 1).

#### *Análise dos frequentadores e os resíduos por eles produzidos*

Analisando-se os quatro pontos do estudo, verificou-se um total de 1.747 frequentadores, com uma média de 0,73 usuário m<sup>-2</sup> nas manhãs dos três domingos avaliados, ocorrendo um decréscimo no número de frequentadores da praia de janeiro para março de 31%, o que pode ser explicado pelo período de férias escolares que normalmente se encerra em fevereiro. O local que mais atrai os banhistas é o P4 com 516 frequentadores nos três domingos e uma média de 0,86 usuários m<sup>-2</sup> (Tabela 2).

Tabela 2. Número de frequentadores na Praia Martim de Sá nas três avaliações e nos quatro pontos. Caraguatatuba/SP, 2015

Pontos	11/01/15	15/02/15	22/03/15	Total por ponto	Frequentadores m <sup>2</sup>
P1	180	142	116	438	0,73
P2	192	173	134	499	0,83
P3	120	96	78	294	0,49
P4	200	168	148	516	0,86
<b>Total geral</b>	692	579	476	1.747	-
<b>Média</b>	173	145	119	437	0,73

Nos três meses de avaliação, a faixa etária predominante no P1 foi de frequentadores que estão acima de 51 anos, com maior frequência do sexo masculino, havendo uma grande quantidade de pontas de cigarro descartadas no local. O P2 foi o mais disputado por mulheres e pelo público jovem entre 18 a 30 anos e os resíduos mais encontrados foram as pontas de cigarro e as latas de cerveja. No P3 devido ao pouco espaço existente na areia, o número de usuários foi menor, com uma faixa etária entre 18 a 50 anos, predominantemente homens, tendo novamente a ponta de cigarro como o resíduo mais encontrado. Já o P4 foi o mais frequentado pelas famílias, havendo conseqüentemente um maior número de crianças. Neste ponto o mar é mais calmo e possui um parque de madeira na areia, havendo uma grande quantidade de palitos de sorvete e canudinhos, além de pontas de cigarro provenientes dos adultos responsáveis pelas crianças (Tabela 3).

Tabela 3. Número de frequentadores na Praia Martim de Sá nas três avaliações e nos quatro pontos amostrados de acordo com a faixa etária. Caraguatatuba/SP, 2015

Janeiro	Pontos amostrados								Total
	P1		P2		P3		P4		
Idade (anos)	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Total
0 a 11	8	12	6	6	4	2	20	16	74
12 a 17	10	8	8	9	5	9	12	14	75
18 a 30	10	19	42	36	16	19	24	21	187
31 a 50	18	29	30	27	17	21	30	36	208
> 51	26	40	20	8	14	13	12	15	148
Total	72	108	106	86	56	64	98	102	692
Fevereiro	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Total
0 a 11	2	2	3	4	3	0	17	13	44
12 a 17	5	3	5	3	8	6	10	16	56
18 a 30	8	14	39	34	10	19	19	17	160
31 a 50	12	17	28	24	9	22	29	23	164
> 51	31	48	20	13	9	10	11	13	155
Total	58	84	95	78	39	57	86	82	579
Março	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Total
0 a 11	4	3	2	4	3	2	14	9	41
12 a 17	6	2	10	8	7	10	13	11	67
18 a 30	10	13	33	28	13	9	18	15	139
31 a 50	12	20	21	10	8	14	19	22	126
>51	14	32	11	7	4	8	11	16	103
Total	46	70	77	57	35	43	75	73	476
<b>Total geral</b>	176	262	278	221	130	164	259	257	1747

A ponta de cigarro foi o material mais encontrado em toda a extensão da praia com maior número no P1, seguido do plástico. O P3 apresentou a menor quantidade de resíduos devido ao menor número de frequentadores, além do que neste local é comum o lixo ser arrastado para o oceano pela maré. O P2 apresentou um resultado bem próximo do P1 e alta frequência do público mais jovem. Os palitos de sorvete foram mais encontrados no P4 onde ficam concentradas as famílias com crianças e o mar é mais raso e calmo (Tabela 4).

Aos domingos muitos banhistas ficam nos quiosques, em suas mesas e cadeiras, consumindo comidas e bebidas. A maioria dos estabelecimentos apresentam lixeiras, porém insuficientes para a

quantidade de resíduos produzidos. Os donos dos quiosques e os consumidores deveriam zelar mais pelo patrimônio natural, já que são os responsáveis por grande parte do resíduo gerado, evitando o surgimento de vetores de doenças e a contaminação da areia e os danos aos animais marinhos.

Tabela 4. Quantidade e peso dos itens amostrados de acordo com a classificação, data e local de coleta na praia Martim de Sá, Caraguatatuba/SP, 2015

Classificação	Qualidade	Data	Quantidade					Peso (g)				
			P1	P2	P3	P4	Total	P1	P2	P3	P4	Total
PLÁSTICO	Garrafa	11/01	10	8	12	10	40	7	6	8	7	28
		15/02	6	4	8	6	24	4	3	6	4	17
		22/03	4	5	6	7	22	3	4	4	5	16
	Copo	11/01	12	20	18	18	68	6	10	9	9	34
		15/02	8	6	10	12	36	4	3	5	6	18
		22/03	6	4	9	15	34	3	2	4,5	7,5	17
	Sacolas	11/01	10	13	9	12	44	1,2	1,7	1	1,4	5
		15/02	9	11	7	9	36	1	1,3	0,8	1	4
		22/03	8	9	5	7	29	0,9	1	0,6	0,8	3
	Canudo	11/01	55	43	21	67	186	14	11	5	17	47
		15/02	32	28	15	43	118	8	7	4	11	30
		22/03	27	12	13	26	78	7	3	3	7	20
	Tampinha	11/01	15	12	6	13	46	17	13	7	14	51
		15/02	11	9	10	12	42	12	10	11	13	46
		22/03	8	7	8	10	33	9	8	9	10	36
MADEIRA	Palito de sorvete	11/01	25	32	15	45	117	40	51	24	72	187
		15/02	18	28	11	31	88	29	45	18	50	142
		22/03	19	21	9	27	76	30	34	15	32	111
	Palito de churrasco	11/01	13	15	8	18	54	42	49	26	59	176
		15/02	9	17	9	11	46	29	55	29	36	149
		22/03	7	12	7	9	35	23	39	23	29	114
METAL	Lata	11/01	7	10	6	4	27	100	135	81	54	370
		15/02	5	7	4	2	18	68	100	54	27	249
		22/03	3	5	2	3	13	41	68	27	41	177
VIDRO	Garrafa	11/01	3	6	1	0	10	2.400	4.800	800	0	8.000
		15/02	1	3	0	0	4	800	2.400	0	0	3.200
		22/03	2	5	2	0	9	1.600	4.000	1.600	0	7.200
OUTROS	Isopor	11/01	5	7	4	9	25	3,6	5	2,9	6,5	18
		15/02	3	5	5	6	19	2,2	3,6	3,6	4,3	14
		22/03	4	2	3	5	14	2,9	1,4	2,2	3,6	10
	Ponta de cigarro	11/01	483	397	172	275	1.327	193	159	69	110	531
		15/02	329	303	115	183	930	132	121	46	73	372
		22/03	352	291	94	147	884	141	116	38	59	354

A presença de resíduos sólidos nos ambientes costeiros depende de questões complexas que envolvem a infraestrutura de cada local, a existência ou não de uma coleta eficiente e destinação correta do lixo associada a programas de reciclagem e sistemas de drenagem urbana, até aspectos relacionados com o nível educacional e o poder aquisitivo da população e do município. Além disso, um grande número de pessoas trata o espaço público como um bem que não lhe pertence, isentando-se da responsabilidade de mantê-lo limpo, não exercendo, portanto, os princípios básicos de cidadania. A presença de resíduos sólidos nas praias fere os princípios básicos da sustentabilidade, afetando o meio ambiente e seus frequentadores, já que o acúmulo de lixo forma um cenário propício ao desenvolvimento de micro-organismos patogênicos como fungos, vírus e bactérias (ARAÚJO & COSTA, 2003). Assim, como principais medidas para redução do lixo em praias, podem ser citadas as campanhas de educação ambiental, o aumento do número de lixeiras fixas e a obrigatoriedade para que os barraqueiros recolham o lixo produzido pelos clientes (FERNANDINO et al., 2011).

*Descarte de pontas de cigarro e a instalação de bituqueiras*

Nos quatro finais de semana de coleta do mês de abril de 2016, a temperatura do ar estava bem elevada, média de 25°C, não havendo precipitações (CIIAGRO, 2016).

No final da pesquisa, foram coletadas um total de 484 pontas de cigarro nos oito pontos em quatro sábados de coleta. Nos quiosques onde foram instaladas as bituqueiras, foram contabilizadas 117 pontas de cigarro e 367 unidades nos locais aonde não havia o equipamento. Ou seja, considerando-se que foram descartadas diretamente na areia 367 pontas de cigarro em quatro sábados e que esta quantidade se refere a quatro pontos de coleta, pode-se inferir que uma média de 22,9 pontas de cigarros foram depositadas num período de seis horas (das 11 às 17h) em uma área de 100 m<sup>2</sup> de praia, ou seja, cerca de uma ponta a cada quatro metros quadrados. Já quando havia a presença da bituqueira, esta média foi de 7,3 pontas de cigarro, o que sugere que cerca de 32% das pontas foram recolhidas, deixando de poluir as areias da praia Martin de Sá, indicando ser promissora a ideia de conscientização da população praiana quanto a este resíduo e o seu recolhimento por meio da bituqueira.

Esse resultado pode ser comprovado pela análise de variância dos fatores avaliados, ou seja, nos quiosques aonde foram instaladas as bituqueiras uma menor quantidade de pontas de cigarro foi recolhida (7,3) do que nos pontos sem o equipamento (22,9) (Tabela 5). Da mesma forma que o fator instalação de bituqueira (I), o fator data (D) e a interação dos fatores, também apresentaram interferência significativa.

Tabela 5. Valores médios e valores de F para número de pontas de cigarro de acordo com os fatores instalação de bituqueira e data de coleta, praia Martin de Sá, Caraguatatuba/SP

TRATAMENTOS	NÚMERO DE PONTAS
<b>Instalação (I)</b>	
Sem bituqueira	22,9 a
Com bituqueira	7,3 b
<b>Data (D)</b>	
09/04/2016	11,9
16/04/2016	15,1
23/04/2016	25,6
30/04/2016	7,9
<b>Valores de F</b>	
Instalação (I)	53,81**
Data (D)	12,74**
I x D	8,88**
DMS (Instalação)	4,39
<b>CV (%)</b>	<b>39,8</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. \*\*significativo a 1%. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV (coeficiente de variação).

No Paraná, estimativas da Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) indicam que os fumantes costumam deixar na praia cerca de cinco pontas de cigarro a cada metro quadrado. Assim, nos últimos anos, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) vem distribuindo a cada temporada de verão, cerca de 5 mil minis lixeiras para os fumantes jogarem suas pontas de cigarro. As minis lixeiras são colocadas nos postos de controle da balneabilidade das praias, reduzindo em 70% a quantidade de pontas de cigarro atiradas na areia (SILVEIRA, 2010).

Já Oigman-Pszczol e Creed (2007) classificaram e quantificaram os resíduos presentes em dez praias de Armação de Búzios (RJ), encontrando uma média de 13,76 itens em 100 m<sup>2</sup>. O papel representou 50,6% do total de itens observados em todas as praias, sendo as pontas de cigarro responsáveis por 87% da abundância total da categoria papel. Portanto, o número de pontas de cigarro encontradas em Caraguatatuba foi muito expressivo, mostrando ser um sério problema ambiental.

Nos três primeiros sábados de avaliação, o número de pontas depositadas na areia superou ao das recolhidas pelas bituqueiras, porém, no quarto, não houve diferença significativa (Tabela 6). Neste dia, 30/04/2016, o número de usuários na praia foi bem inferior aos demais, visto haver um grande evento de lazer em outro município próximo. Por sua vez, no terceiro sábado (23/04/2016), o número de pontas de cigarro foi bem expressivo (39,5 sem bituqueira e 11,7 com bituqueira), por ser um período de feriado prolongado, havendo muitos turistas e moradores locais na praia.

De acordo com a UNEP (2009), a maioria das praias públicas arenosas em áreas de turismo por todo o mundo está repleta de pontas de cigarros. Em eventos da Limpeza Costeira Internacional (ICC), realizados entre 2002 e 2006 em praias no Mediterrâneo, 57.810 voluntários coletaram mais de 222 mil filtros de cigarros, o que corresponde a quase quatro filtros de cigarro por voluntário. Em outra pesquisa na costa da Espanha, as pontas de cigarros foram também o item mais abundante, correspondendo a 46% dos objetos observados na alta estação turística.

Tabela 6. Desdobramento dos fatores instalação de bituqueira e data para número de pontas de cigarro na praia Martin de Sá, Caraguatatuba/SP

Instalação Bituqueira	Data				Média
	09/04/2016	16/04/2016	23/04/2016	30/04/2016	
Sem	21,0 a	24,5 a	39,5 a	6,7 a	22,9 a
Com	2,7 b	5,7 b	11,7 b	9,0 a	7,3 b
DMS					8,79
CV					39,8%

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. DMS - diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV - Coeficiente de variação.

Na Figura 5 está representado o desdobramento da interação dos fatores I x D. Nos pontos com bituqueira, o número de pontas de cigarro recolhidas nas diversas épocas de avaliação se ajustou a uma equação linear crescente ( $p < 0,79$ ), indicando que houve uma conscientização dos usuários da praia quanto ao problema deste resíduo. Já nos pontos sem bituqueira, os dados se ajustaram melhor a uma equação polinomial de segundo grau ( $p < 0,01$ ), indicando que o número de pontas de cigarro descartadas depende diretamente do público presente na praia, sendo este, de certa forma, imprevisível.

A parte sul da praia (com bituqueira - B4 e sem bituqueira - S4), de forma geral, foi a que apresentou o maior descarte de pontas de cigarro (Figura 6). Isso provavelmente ocorreu devido a alguns fatores como a alta frequência de usuários e a morfologia da praia. Neste ponto, como o mar é mais calmo, existe um maior número de famílias, havendo também um parque infantil na areia, onde se concentram um grande número de adultos responsáveis pelas crianças. O P4 é o local com maior número de frequentadores da praia Martin de Sá, além de seu público adulto ser constituído por cerca de 50% de homens e 50% de mulheres e levando-se em consideração a média de pontas descartadas na areia nos quatro sábados nos P4, pode-se inferir que 30,3% das pontas de cigarro foram recolhidas com o uso das bituqueiras.

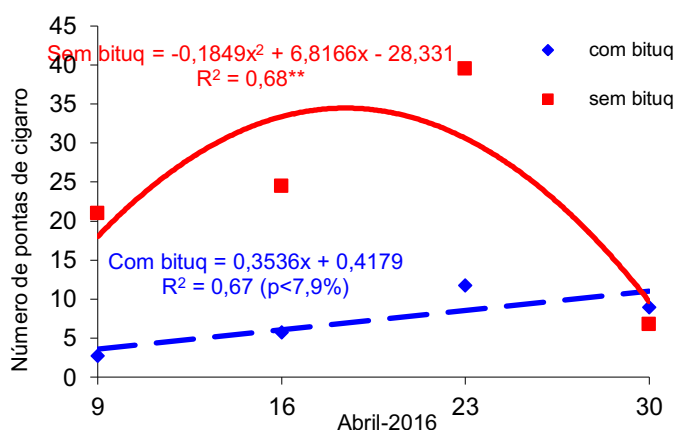


Figura 5. Representação gráfica e equações de regressão para o desdobramento dos fatores instalação de bituqueira e data de coleta de acordo com o número de pontas de cigarro na praia Martin de Sá, Caraguatatuba/SP.

A parte norte da praia (B1 com bituqueira) foi a que apresentou o menor número de pontas recolhidas nos quatro sábados analisados, o mesmo não ocorreu no S1 sem bituqueira, que durante todo o período avaliado foi o ponto com o segundo maior número de pontas descartadas na praia (Figura 6). O P1 é o local com maior concentração de homens adultos da praia (60%), aonde o mar é muito agitado e propício para a prática de esportes aquáticos. Assim, considerando-se a média de pontas descartadas

na areia nos quatro sábados no P1, pode-se inferir que apenas 17,3% das “pontas” foram recolhidas com o uso das bituqueiras, o que indica que a ação de educação ambiental não apresentou o sucesso desejado.

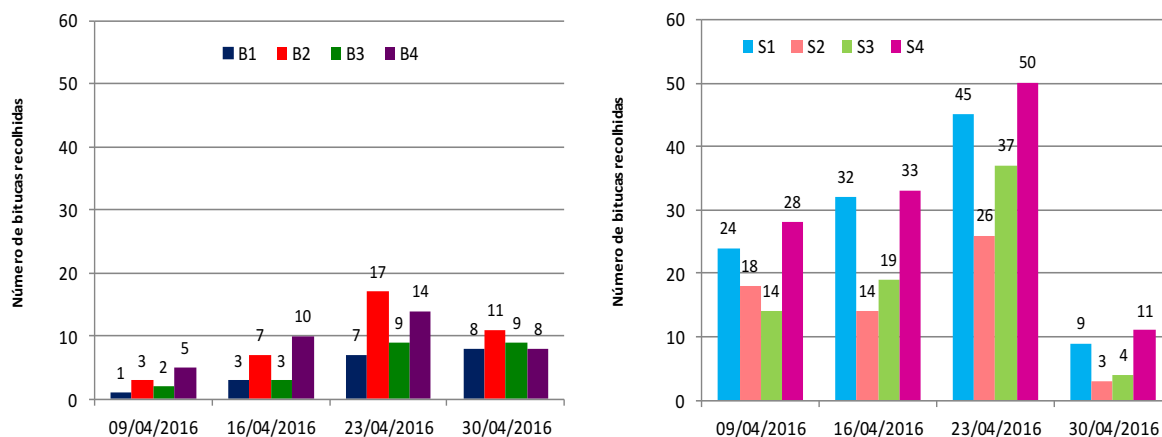


Figura 6. Número de pontas de cigarro recolhidas nos quiosques e nas diversas datas de avaliação em quiosques com (B) e sem bituqueira (S), praia Martim de Sá, Caraguatatuba/SP.

Por sua vez, na região central da praia, os pontos P2 e P3 apresentaram tendências opostas. No P2, 62,3% das pontas de cigarro foram recolhidas com as bituqueiras, enquanto no P3, 31,1% (Figura 6). Sabe-se que no P2 as mulheres são maioria (56%) e no P1, os homens totalizam 55%. Assim, novamente em locais com maior número de homens parece haver uma menor conscientização quanto ao problema deste resíduo tóxico que é a ponta de cigarro.

De certa forma os resultados mostraram que a falta de uma infraestrutura de coleta de resíduos de cigarro, associado com a falta de educação e conscientização das pessoas, tem sido a principal fonte de contaminação das praias.

As bituqueiras são uma ferramenta simples e barata, além de muito importante na construção do processo de educação ambiental sendo que, com a sua instalação nas praias, espera-se chamar a atenção e sensibilizar as pessoas para as questões ambientais, em especial, os fumantes, para os riscos que os resíduos de cigarro podem provocar ao meio ambiente e à saúde dos seres em geral, em virtude das milhares de substâncias impregnadas nas pontas de cigarro e, que, presentes no meio ambiente podem contaminar solo, água e lençóis freáticos.

### Conclusão

Na praia Martim de Sá, em Caraguatatuba/SP, a maioria dos frequentadores é do sexo masculino com idade ente 31 a 50 anos e possui o mau hábito de descartar o lixo na areia, o que o que representa 27,2 g m<sup>-2</sup>, sendo a ponta de cigarro o item mais encontrado (69,3%), além de plástico, madeira, metal e vidro.

Ao longo da praia existem lixeiras a cada 50 metros, porém com pouca capacidade, não sendo suficientes para acondicionar todo o resíduo produzido, sendo este depositado fora delas ou deixados na areia.

Para promover uma real mudança de hábitos, devem ser intensificadas ações de conscientização e de cidadania, por meio de um programa de educação ambiental e de forma que os frequentadores percebam que o ato de jogar resíduos na areia da praia causa sérios problemas ao meio ambiente e ao próprio homem.

Assim, apesar de modesto e rápido, o programa de educação ambiental implementado na praia Martin de Sá em Caraguatatuba/SP alcançou resultados contundentes na mudança de atitude dos envolvidos. A redução das pontas de cigarro descartadas na areia, pelo menos no curto prazo, foi incontestável.

Além disso, não se pode negar que a mudança de hábito demanda um longo processo, necessitando ainda do auxílio de programas do governo para a real solução deste problema ambiental, que é o descarte incorreto de pontas de cigarro.

Outra atitude, não menos importante, mas muito eficaz, é a divulgação de conceitos de preservação ambiental nas escolas. Levando-se em consideração que no município de Caraguatatuba/SP

as escolas já contam com aulas de empreendedorismo, no qual as crianças desde o 1º ano são incentivadas a reutilizar e reciclar, também seria interessante a discussão de assuntos relacionados à preservação ambiental, os impactos gerados pelo homem e as suas soluções, criando futuras gerações de adultos que se importam, valorizam e cuidam do meio ambiente.

Assim, cabe não apenas aos munícipes, mas também aos gestores de municípios, compreender a importância de pequenas atitudes para a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade, onde toda a sociedade sairá beneficiada.

## Referências

- AFUBRA. Associação dos Fumicultores do Brasil. Fumicultura no Brasil. 2015. 1p. Disponível em: <<http://www.afubra.com.br/fumicultura-brasil.html>>. Acesso em: 08 ago. 2017.
- ALMEIDA, A. N.; NEVES, L. S.; GONÇALVES, A. de O.; ANGELO, H.; SCHIRIGATTI, E. L. Implantação e monitoramento de um programa de educação ambiental para o descarte correto de bitucas de cigarro. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v.10, n.1, p.42-55, 2015.
- ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Lixo no ambiente marinho. *Ciência Hoje*, v.32, n.191, p.64-67, 2003.
- ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. An analysis of the riverine contribution to the solid wastes contamination of na isolated beach at the Brazilian Northwest. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, v.18, n.1, p.6-12, 2007.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10004. Classificação de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 1987. 63p.
- BAPTISTA NETO, J. A.; FONSECA, E. M. Variação sazonal, espacial e composicional de lixo ao longo das praias da margem oriental da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro) no período de 1999-2008. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v.11, n.1, p.31-39, 2011.
- BARBOSA, V. Quanto lixo os brasileiros geram por dia em cada estado. *Revista Exame*. 2013. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/quanto-lixo-os-brasileiros-geram-por-dia-em-cada-estado/>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- BECKER, D. V.; BARCELLOS, O.; VEIGA, V. D. da. Questão do Micro Lixo no Desenvolvimento de Educação para Sustentabilidade. *Sustentabilidade: resultados de pesquisa do PPGA/UFRGS*, 2013. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?p=255>>. Acesso em: 27 ago. 2017.
- BRASIL. Decreto nº 1.530, de 22 de junho de 1995. Declara a entrada em vigor da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 de dezembro de 1982. *Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do mar*. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/noticias/documentos/convencao-onu-mar>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, publicado em 03/08/2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 05 ago. 2017.
- CALDAS, A. H. M. Análise da Disposição de Resíduos Sólidos e da Percepção dos Usuários em Áreas Costeiras – Um Potencial de Degradação Ambiental. 60f. Monografia (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007. Disponível em: <[http://www.globalgarbage.org/monografia\\_ana\\_helena\\_mousinho\\_caldas.pdf](http://www.globalgarbage.org/monografia_ana_helena_mousinho_caldas.pdf)>. Acesso em: 05 ago. 2015.
- CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Clima dos Municípios Paulistas – Caraguatatuba/SP. Cepagri Unicamp, (s/d). Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_121.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_121.html)>. Acesso em: 22 jun. 2017.
- CIAGRO. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Monitoramento Climatológico, Caraguatatuba. 2016. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/MonClim/LMclimLocal.asp>>. Acesso em: 23 ago. 2016.
- CNIO. O Brasil e o Mar no Século XXI: Relatório aos Tomadores de Decisão do País. Rio de Janeiro: Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos, 1998. 408p.

- DIAS FILHO, M. J. O.; ARAÚJO, M. C. B.; CAVALCANTI, J. S. S.; SILVA, A. C. M. Contaminação da Praia de Boa Viagem (Pernambuco-Brasil) por Lixo Marinho: Relação com o uso da Praia. *Arquivo de Ciências do Mar*, v.44, n.1, p.33-39, 2011a.
- DIAS FILHO, M.; SILVA-CAVALCANTI, J. S.; ARAÚJO, M. C. B.; SILVA, A. C. M. Avaliação da Percepção Pública na Contaminação por Lixo Marinho de acordo com o Perfil do Usuário: Estudo de Caso em uma Praia Urbana no Nordeste do Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v.11, n.1, p.49-55, 2011b.
- ECYCLE. Bituca de cigarro: uma grande vilã ambiental. 2013. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/1894-bituca-de-cigarro-um-grande-vilao-ambiental.html>>. Acesso em: 22 ago. 2017.
- FERNANDINO, G.; ELLIFF, C. I.; ROCHA, N. B. S.; PAIVA, J.; SILVA, L. M. C.; SABINO, C. A. S. J.; BALDI, L.; ARAÚJO, M. C. B. Avaliação da percepção dos usuários (banhistas) da praia de Santos (SP-Brasil), sobre o lixo de praia. In: *Proceedings of the XIV Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar (COLACMAR)*, Balneário Camboriú, Brasil. Disponível em: <<http://www.globalgarbage.org/praias/downloads/XIV-COLACMAR-2011/1163.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FIGUEIRAL, V. D.; MARIANO JUNIOR, T.; BERRO, L. C.; CONEGERO, C. I.; CAROLINO, I. D. R. Conscientização de jovens sobre os riscos do Narguilé por meio de material informativo. *Arquivos do MUDI*, v.18, p.18, Suplemento 2014.
- GOOGLE INC. Google Earth. Mountain View: Google Inc., 2015. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/praias+martim+de+s%C3%A1+caraguatatuba/@-23.6303489,-45.3842392,2417m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 10 de ago. 2015.
- GREGORY, M. R. Plastics and South Pacific Island shores: environmental implications. *Ocean Coastal Managements*, v.42, n.6-7, p.603-615, 1999.
- IBF. Instituto Brasileiro de Florestas. Bioma Mata Atlântica. 2018. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica.html>>. Acesso em: 31 jan. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Cidades. Estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 01.07.2014. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014/estimativa\\_dou.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014/estimativa_dou.shtm)>. Acesso em: 12 dez. 2017.
- JUNG, A. A.; TOCCHETTO, M. R. L.; GONÇALVES, J. A. Papa bitucas: coletor para o descarte correto de bitucas de cigarro. In: *IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2014, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES, 2014. 8p.* Disponível em: <<http://www.abes-rs.org.br/qualidade2014/trabalhos/id879.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2017.
- KAY, R.; ADLER, J. *Coastal Planning and Management*. E&FN SPON, Routledge, London, 1999. 387p.
- MARCHI, J.; MACHADO, E. C.; TREVISAN, M. Descarte e destinação adequados aos resíduos pós-consumo de cigarros: inovação e alternativas possíveis. In: *XVI Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente - ENGEMA, 2014, São Paulo. Anais... São Paulo: FEA/USP, 2014. 15p.*
- MASCARENHAS, R.; BATISTA, C. P.; MOURA, I. F.; CALDAS, A. R.; COSTA NETO, J. M.; VASCONCELOS, M. Q.; ROSA, S. S.; BARROS, T. V. S. Lixo marinho em áreas de reprodução de tartarugas marinhas no Estado da Paraíba (Nordeste do Brasil). *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v.8, n.2, p.221-231, 2008.
- MOERMAN, J. W.; POTTS, G. E. Analysis of metals leached from smoked cigarette litter. *Tobacco Control*, v.20, Suppl. 1, p.i30-i35, 2011.
- MONTEIRO, G.; LEVY, L. O.; SOUZA, M. Bitucas de cigarro jogadas no chão do Instituto de Biologia/UNICAMP. Projeto final BE-597 Educação Ambiental – UNICAMP, 2007. 3p. Disponível em: <[https://www2.ib.unicamp.br/profs/eco\\_aplicada/arquivos/educacao\\_ambiental/Bitucas%20IB\\_2007.pdf](https://www2.ib.unicamp.br/profs/eco_aplicada/arquivos/educacao_ambiental/Bitucas%20IB_2007.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2017.
- OIGMAN-PSZCZOL, S. S., CREED, J. C. Quantification and classification of marine litter on beaches along Armação dos Búzios, Brazil. *Journal of Coastal Research*, v.23, n.2, p.421-428, 2007.
- ONU. Organização das Nações Unidas. OMS afirma que consumo de tabaco caiu no mundo. *Nova York, Notícias e Mídia - Rádio ONU*, 2015. Disponível em:



- <<http://www.unmultimedia.org/radio/portuguese/2015/03/oms-afirma-que-consumo-de-tabaco-caiu-no-mundo/index.html#.V68DW6Kx5aU>>. Acesso em: 08 ago. 2017.
- SANTOS, I. R.; FRIEDRICH, A. C.; FILLMANN, G.; WALLNER-KERSANACH, M.; SCHILLER, R. V.; COSTA, R. Geração de resíduos sólidos pelos usuários da Praia do Cassino, RS, Brasil. *Gerenciamento Costeiro Integrado*, v.3, p.12-14, 2004.
- SILVA, J. S.; BARBOSA, S. C. T.; LEAL, M. M. V.; LINS, A. R.; COSTA, M. F. Ocupação da praia de Boa Viagem (Recife, PE) ao longo de dois dias de verão: um estudo preliminar. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v.1, n.2, p.91-98, 2006.
- SILVA, J. S.; LEAL, M. M. V.; ARAÚJO, M. C. B.; BARBOSA, S.C. T.; COSTA, M. F. Spatial and temporal patterns of use of Boa Viagem beach, Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*, v.24 n.1a, p.79-86, 2008.
- SILVA-CAVALCANTI, J. S.; ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Plastic litter on an urban beach - a case study in Brazil. *Waste Management & Research*, v.27, n.1, p.93-97, 2009.
- SILVEIRA, A. Bitucas causam dano ambiental. *Gazeta do povo*, Paraná, 2010. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/bitucas-causam-dano-ambiental-cf60kxundbcwt12z7in1wh7bi>>. Acesso em: 24 jul. 2017.
- SLAUGHTER, E.; GERSBERG, R.; WATANABE, K.; RUDOLPH, J.; NOVOTNY, T. E. Toxicity of cigarette butts, and their chemical components, to marine and freshwater fish. *Tobacco Control*, v.20, suppl. 1, p.i25-i29, 2011.
- SOARES, A. M.; COSTA, M. F.; SILVA, J. S.; ARAÚJO, M. C. B. Contaminação da linha-do-deixa da praia da Boa Viagem (Recife-PE) por resíduos sólidos no verão de 2005: uma nova metodologia de avaliação. In: XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - COLACMAR, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: COLACMAR, 2007. p.1-4.
- SOUZA, J. L.; SILVA, I. R. Avaliação da qualidade ambiental das praias da Ilha de Itaparica, Bahia de Todos os Santos, Bahia. *Revista Sociedade & Natureza*, v.27, n.3, p.469-484, 2015.
- UNEP. United Nations Environment Programme. *Marine Litter: a global challenge*. Nairobi: UNEP, 2009, 232p.
- UNEP. United Nations Environment Programme. *Marine Litter: an analytical overview*. Nairobi: UNEP, 2005, 47p.
- ZHAO, J.; ZHANG, N.; QU, C.; WU, X.; ZHANG, J.; ZHANG, X. Cigarette Butts and Their Application in Corrosion Inhibition for N80 Steel at 90 °C in a Hydrochloric Acid Solution. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v.49, n.8, p.3986-3991, 2010.

## ***Avaliação de impacto ambiental das águas do rio Traíras na reserva Legado Verdes do Cerrado (LVC) no município de Niquelândia, Goiás, Brasil***

**<sup>1</sup>Cássia Monalisa dos Santos Silva**

**<sup>2</sup>Erick Johnne Mendonça da Silva**

**<sup>3</sup>João Victor da Cunha Oliveira**

<sup>1</sup>Professora Assistente, UEG, Campus Niquelândia, cassia.silva@ueg.br

<sup>2</sup>Acadêmico de CST em Mineração, UEG, Campus Niquelândia, erick\_johnne@hotmail.com

<sup>3</sup>Acadêmico de CST em Construção de Edifícios, IFPB, Campus Campina Grande, joaovictorwo@gmail.com

### **Introdução**

A região norte de Goiás carece de estudos em aspectos ambientais, socioeconômicos e topográficos. Seus recursos hídricos, fauna e flora tem muito a oferecer à ciência, tendo em vista essa carência científica é importante desenvolver pesquisas nesta região e trazer à tona dados inéditos referentes a essa área.

Várias discussões na comunidade científica, quanto a água presente em nosso planeta, vêm sendo abordadas em reuniões, congressos, eventos internacionais na área de sustentabilidade, planejamento e gestão ambiental. Inúmeros questionamentos, ideias e atitudes vem trazendo a garantia de manter a qualidade desse bem tão precioso e vital para os seres vivos.

Conforme Lima (2001), a disponibilidade hídrica mundial é estimada em 40.000 km<sup>3</sup>/ano, deste valor avalia-se que apenas 10% dessa água é captada de rios e destinada ao consumo humano, de todo o volume captado estima-se também que, apenas 50% dele é consumido e os outro 50% retorna ao corpo hídrico receptor com uma qualidade inferior à que foi captada.

Ainda segundo Lima (2001), o Brasil é privilegiado em relação a outros países em disponibilidade hídrica, onde 73% da água doce produzida no país se encontra na bacia amazônica que por sua vez, possui menos de 5% da população total do Brasil. O problema da escassez de água no Brasil se dá ao crescimento exagerado e demandas localizadas, além da degradação dos recursos hídricos, bem como o desmatamento e o uso de defensivos agrícolas utilizados em plantações de grãos de larga escala.

É notável que todos os processos produtivos industriais e agrícolas, além das atividades domésticas, necessitam de utilizar a água como matéria-prima para seu desenvolvimento, no entanto essas atividades demandam de um alto consumo desse material, e que, em muitas das ocasiões o mesmo é devolvido ao seu receptor sem a realização de tratamentos necessários, para que não venha a afetar a qualidade do curso hídrico e nem a vida aquática presente nele.

Ressalta Pereira Junior (2004), que as principais atividades que demandam de água são: produção agrícola, onde a irrigação é responsável por 63% desse consumo, seguido por processos industriais com um consumo médio de 21%. Já o uso doméstico e serviços urbanos utilizam apenas 7,5%, que comparado com os demais, é um valor muito inferior.

As alterações no meio ambiente têm influência direta na qualidade dos recursos hídricos. Para realização do monitoramento deve-se levar em consideração não somente os aspectos qualitativos e quantitativos da água mais também fatores ambientais que possam alterar esses parâmetros, sendo eles: retirada da mata ciliar, lançamentos de resíduos sólidos e líquidos, acesso direto de animais ao corpo hídrico, processos erosivos naturais ou causado por atividades antrópicas entre outros (CONAMA, 1986).

O mapeamento ambiental é de fundamental importância no acompanhamento e monitoramento de corpos hídricos e de vegetações nativas, tendo em vista que, esse monitoramento pode prever possíveis alterações na qualidade físico-químicas e microbiológicas da água, que por sua vez está diretamente relacionada ao consumo humano (MASCARENHAS, 2009).

A Agência Nacional de Águas (ANA), foi criada para supervisionar e monitorar o uso e a distribuição de água, com o intuito de que algumas pessoas ou entidades utilizem deste bem natural apenas de forma sustentável, para que não venha a faltar no futuro. Já o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) rege por monitorar de forma analítica a qualidade da água, para que não haja o consumo desse produto fora dos parâmetros de qualidades exigidos pelo Ministério da Saúde (MS).

Este trabalho objetiva caracterizar a qualidade da água do Rio Traíras, desde a nascente até a captação para abastecimento do município de Niquelândia-GO, utilizando técnicas de amostragens de água e análises físico-químicas e microbiológicas da mesma e realizar a avaliação de impacto ambiental visando as possíveis alterações positivas ou negativas que o meio em estudo pode ter sofrido.

## Material e Métodos

A área em estudo está situada ao norte do estado de Goiás, no município de Niquelândia-GO como pode ser observado na Figura 1, onde o corpo hídrico do Rio Traíras é o responsável pelo abastecimento público de água do município, que de acordo com o Senso de 2016 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é composta por 45.582 pessoas (IBGE, 2016).

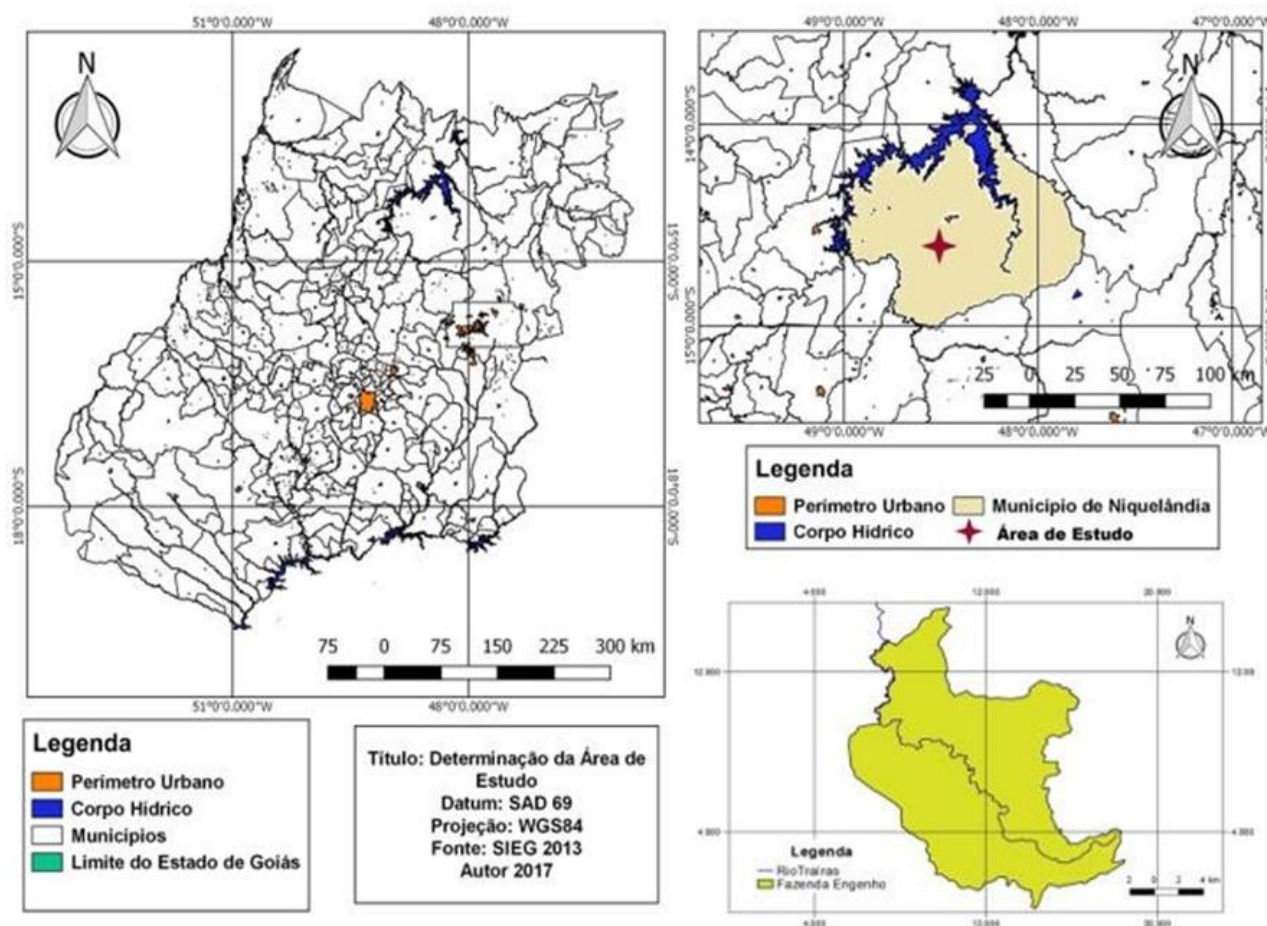


Figura 1. Mapa de determinação da área em estudo.

A região centro oeste do país é composta por várias bacias hidrográficas, e o estado de Goiás e o Distrito Federal possuem características peculiares em relação a hidrografia. Nessa área nascem drenagens alimentadoras, onde o estado disfruta de algumas dessas bacias, sendo elas a bacia do São Francisco, Tocantins/Araguaia e Paraná. A região de Niquelândia se enquadra na bacia do Tocantins, que é formado a partir da junção dos rios Maranhão e Tocantinzinho, e abrange o Rio das Almas, Rio dos Patos, Rio Verde, Rio Preto, Rio Paranã, e o Rio Traíras, este último o objeto de estudo desta pesquisa. Na hidrografia do Tocantins/Araguaia localiza-se a massa d'água do lago de Serra da Mesa que é o quinto maior em área alagada com 1.758 km<sup>2</sup>, é o maior em volume de água com 54 bilhões de m<sup>3</sup>, e abrange os municípios de Colinas do Sul, Niquelândia, Barro Alto, Santa Rita do Novo Destino, Uruaçu, Campinorte, Campinaçu e Minaçu (ALMEIDA et al., 2006).

A precipitação anual média estipulada para a região de Goiás e do Distrito Federal varia em torno de 1500mm, sendo que algumas regiões tendem a um volume maior em relação às outras. Os maiores volumes de precipitação média anual são encontrados na região central e no norte do Estado de Goiás com variações de 1.000-2.200mm (CARDOSO, 2014). A precipitação em Niquelândia possui variação entre períodos, onde nos períodos de estiagem o volume de precipitação chega a atingir 3mm no período seco, e 306mm no período chuvoso. Seu índice máximo de precipitação durante o período de estiagem

pode chegar a 50 mm/ano e sua classificação climática de acordo com Köppen Geiger é o clima tropical (Aw), com características de chuvas intensas no verão (CARDOSO, 2014).

A amostragem foi realizada de forma aleatória, utilizando frascos novos e específicos, seguindo os padrões fornecidos pelo manual de amostragem da EMBRAPA (2011). As amostras foram coletadas no dia 18 de setembro de 2017, em um período de longa estiagem onde a região já havia passado por um período de aproximadamente 120 dias sem precipitação.

Foram coletadas 5 amostras para determinações físico-químicas, tais análises físico-químicas foram realizadas em triplicata no laboratório da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), os equipamentos utilizados estavam devidamente calibrados e aferidos, visando maior confiança nos valores liberados e outras 5 amostras para determinações de microbiologia também foram coletadas, utilizando frascos específicos para cada finalidade como observa-se na Figura 2. Os frascos para análises microbiológicas foram fornecidos por laboratório externo responsável pelas determinações, onde os mesmos foram esterilizados antes de receberem a amostra, e acondicionados em caixas térmicas contendo gelo.

As determinações microbiológicas foram realizadas no laboratório de controle de qualidade - Preciso Metrologia e Qualidade Ltda., e os laudos fornecidos em caráter de pesquisa seguem conforme o Ministério da Saúde (MS), portaria nº 2.914/2011.



Figura 2. Frascos utilizados para coleta das amostras.

A área apresentada na Figura 3, indica os pontos de coleta das amostras, que foram escolhidos visando representar os locais de maior probabilidade de interferência antrópica em pontos onde o corpo hídrico em estudo banha a reserva Legado Verdes do Cerrado em suas duas margens. Nestes pontos foram coletadas as amostras AM-01; 02 e 03. A amostra AM-01 está localizada nas coordenadas (Lat. S -14°41' 54.9" Long. W -48° 23' 48.7"); AM-02 (Lat. S -14° 39' 18.8" Lon. W -48° 26' 31.0"); AM-03 (Lat. S -14° 36' 34.7" Lon. W -48° 28' 42.8"). Em locais que uma das margens do corpo hídrico é de posse da reserva e na outra margem é de posse de proprietários particulares, foram coletadas as amostras AM-03 e 04, onde a AM-04 está localizada nas coordenadas (Lat. S -14° 34' 27.9" Lon. W -48° 31' 56.0"), AM-05 (Lat. S -14° 32' 18.4" Lon. W -48° 32' 19.8").

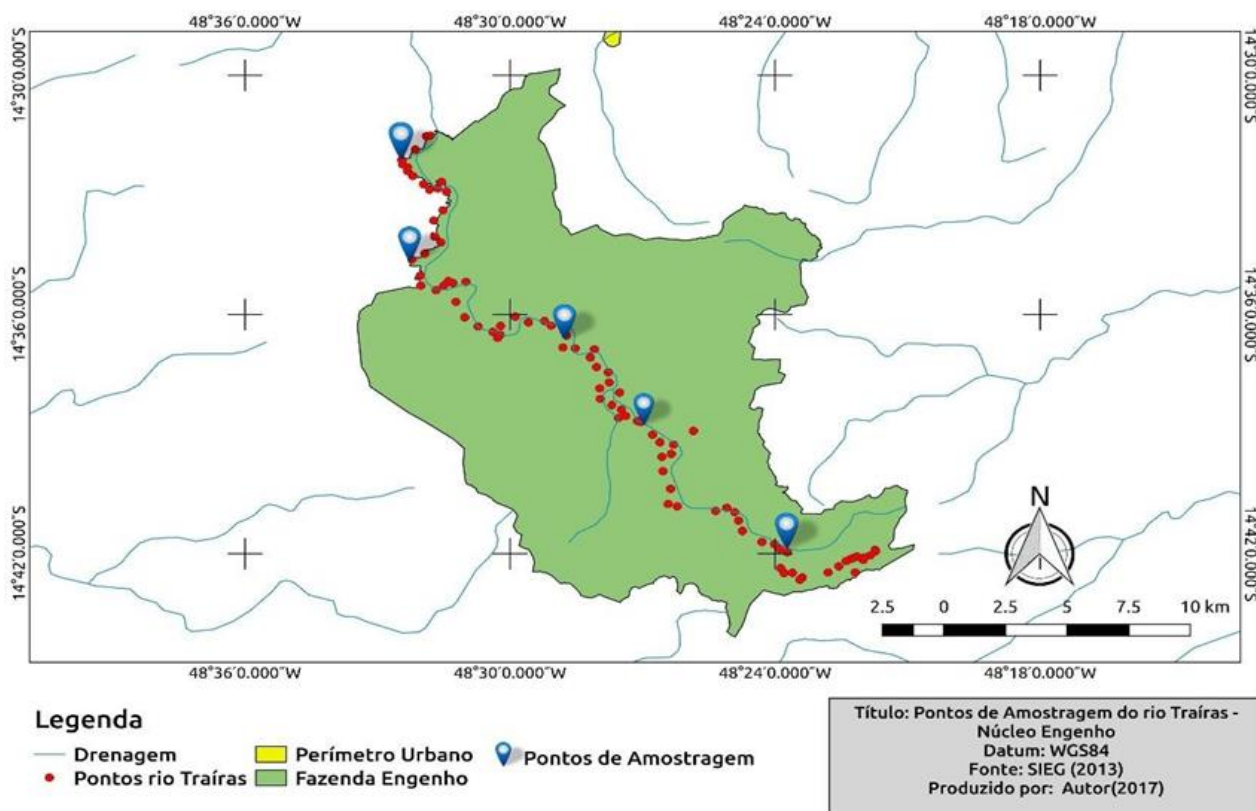


Figura 3. Pontos de amostragem do Rio Traíras.

#### Potencial de Hidrogênio (pH)

O pH é um importante fator a ser analisado em amostra de água, pois, essa determinação dita de forma significativa se a águas têm concentrações básicas ou ácidas. O pH é uma variável que oscila de 0 a 14, com o valor central de 7 que caracteriza as substâncias com propriedades neutras, < 7 que se referem a caráter ácido, e > 7 possuem caráter básico ou alcalino (EMBRAPA, 2011). O equipamento e método utilizado para esta determinação segue o manual analítico da EMBRAPA desenvolvido em 2011, onde foi utilizado o equipamento pHmetro, seguindo o princípio potenciométrico de submersão de eletrodo.

#### Determinação de Turbidez

Conforme citado por Correia et al. (2008), o método de determinação de turbidez da água nada mais é que, um procedimento onde se avalia a dificuldade que um feixe de luz tem em atravessar uma solução aquosa, assim sendo, quanto maior a dispersão do feixe de luz maior será o índice de turbidez da água. A cor da água é um fator determinante nesse tipo de análise, uma vez que, interfere negativamente na absorção da luz incidida pelo equipamento. O método utilizado para esta determinação segue o procedimento utilizado pela EMBRAPA (2011) dotando da utilização do equipamento turbidímetro, onde os resultados são expressos em Unidade Nefelométrica (N.T.U).

#### Determinação Cor

A cor de uma amostra é determinada pela quantidade de sólidos dissolvidos no meio aquoso, e a maior parte desses sólidos são compostos por material coloidal orgânico e inorgânico. Os compostos orgânicos estão relacionados a sua decomposição e a geração de substratos (CETESB, 2009). Ainda segundo a CETESB (2009), a cor é uma variável que causa impacto direto no público alvo, ou seja, o público que irá utilizar a água trata com repulsão uma água que não possua aparência límpida\transparente. Ressalta a FUNASA (2013) que o Ministério da Saúde (MS), no âmbito da portaria nº 2.914/2011, determina que o valor máximo para cor da água potável seja de 15 uH. A forma de determinar esse parâmetro se aplica através do equipamento calorímetro, seu procedimento analítico segue conforme utilizado pela FUNASA.

### *Coliforme Termotolerantes*

Segundo a CETESB (2009), os coliformes termotolerantes são definidos como bactérias que realizam a fermentação da lactose, é representada principalmente pela bactéria *Escherichia coli*, que por sua vez é derivada de origem fecal, podendo ser encontrada tanto em fezes humanas como em fezes animais de gêneros mamíferos ou pássaros. Na legislação brasileira, os coliformes fecais são analisados em águas superficiais como fator de impacto direto na qualidade microbiológica da água disponibilizada para consumo humano, recreação, irrigação e piscicultura. O método analítico para coliformes totais e termotolerantes segue de acordo com o manual de análise da FUNASA (2013).

### *Coliformes Totais*

Outro fator de interesse a ser analisado na água são os coliformes totais, que por vez é derivado de bactérias do grupo coliformes, que de acordo com a FUNASA (2013), os coliformes totais são aqueles que possuem capacidade de se desenvolver mesmo na presença de sais biliares ou agentes tensoativos, e que são capazes de realizar a fermentação da lactose e gerar produção de ácido, gás e aldeídos e que podem gerar atividades enzimáticas. A maioria das bactérias pertencem ao grupo *Escherichia*, *citrobacter*, *klebsiella* e *enterobacter*, sendo que ainda existe a presença de outras espécies pertencentes a esse mesmo grupo. O método analítico para coliformes totais e termotolerantes segue de acordo com o manual de análise da FUNASA (2013).

### *Determinação de Sólidos Totais Dissolvidos (STD)*

Os sólidos totais são constituídos da soma de todos os componentes químicos solúveis na água, onde sua concentração iônica é expressa mg/L<sup>-1</sup>. Assim sendo, as substâncias dissolvidas podem ser de origem orgânica e inorgânica, sendo as orgânicas compostas de folhas, resto de alimentos e rejeito domésticos em geral. Já as de origem inorgânica são derivadas de carbonatos, bicarbonatos, cloretos, cálcio, magnésio, sódio entre tantos outros (EMBRAPA, 2011). O método utilizado para obtenção desse resultado segue de acordo com as normas técnicas internas da SABESP (1999). A partir das determinações realizadas, foi possível produzir os gráficos para uma melhor interpretação dos resultados, utilizando o princípio de comparação entre os valores máximos e mínimos dos parâmetros do CONAMA n° 357/2005.

### *Matriz de Avaliação de Impactos Ambientais*

De um modo geral, o termo impacto é derivado de um conjunto de ações e aspectos, que com o passar do tempo e intensidade de ocorrências acarretam em danos ao meio ambiente, passando a se denominar impacto ambiental. Os impactos possuem dois atributos principais que são a magnitude e a importância, onde a magnitude abrange a questão de quanto foi a grandeza do impacto ocorrido em fatores qualitativos e quantitativos, e a importância é a ponderação significativa de um impacto em relação a um fator ambiental afetado (SILVA & MORAES, 2012). Como pode ser observado na Figura 4, a matriz trata de pontos estratégicos, sendo eles: paisagem, fauna, flora, água, solo e ar. A avaliação varia desde a caracterização do impacto, ditame, valoração e sua magnitude perante ao ocorrido, uma breve descrição da importância de cada variável descrita abaixo:

- Solo - Levado em consideração as interferências sofridas no solo por atividades humanas.
- Água - Levado em consideração os resultados analíticos e também os fatores do ciclo hidrológico, entre eles está a vegetação e matas ciliares ao decorrer da área em estudo, assim sendo, por não haver degradação nas matas o impacto sofrido pelo corpo hídrico se torna baixo.
  - Flora - Levado em consideração as condições das vegetações naturais da reserva, e também as condições das matas ciliares ao longo do rio.
  - Fauna - Observado a existência da fauna como um todo e a preservação de seus habitats
  - Paisagem - Levado em consideração a aparência do local, e os possíveis potenciais para o ecoturismo.

		CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS										DITAME		VALORAÇÃO			MAGNITUDE												
		Positivo	Negativo	Direto	Indireto	Com acumulação	Sem acumulação	Temporário	Permanente	Localizado	Extenso	Recuperável	Irrecuperável	Reversível	Irreversível	Afeta recursos protegidos	Não afeta recursos protegidos	Exige medidas corretivas	Não exige medidas corretivas	Admissível	Não admissível	Moderado	Severo	Crítico	Baixo	Médio	Alto		
SOLO	Alterações no solo																												
	Produção agrícola																												
	Destruição da cobertura vegetal																												
ÁGUA	Hidrografia																												
	Qualidade das águas																												
	Ciclo hidrológico																												
FLORA	Mata ciliar																												
	Arbustos																												
	Vegetação do cerrado																												
	Campos agrícolas																												
FAUNA	Fauna aquática																												
	Aves																												
	Mamíferos																												
	Invertebrados																												
PAISAGEM	Gado																												
	Visual																												

Figura 4. Modelo de matriz para avaliação de impactos ambientais.

### Resultados e Discussão

Os resultados das amostras obtidos (Tabela 1) foram comparados em relação aos parâmetros da resolução CONAMA n° 357/2005, levando em consideração que o material em estudo se trata de água bruta.

Tabela 1. Resultados das análises físico-químicas

Parâmetros	CONAMA N° 357/2005 VMP <sup>1</sup>	AM-01	AM-02	AM-03	AM-04	AM-05
<b>pH<sup>2</sup></b>	6,0 a 9,0	7,64	8,00	8,02	8,16	8,20
<b>Cor (Pt Co)<sup>3</sup></b>	75	8,85	16,10	16,70	18,10	19,80
<b>Turbidez (NTU)<sup>4</sup></b>	100	0,65	1,63	1,11	1,74	1,85
<b>Sólidos totais (ppm)<sup>5</sup></b>	500	0,38	2,0	2,60	4,40	5,10

VMP<sup>1</sup>-Valor Máximo permitido; pH<sup>2</sup>- Potencial de Hidrogênio; (Pt Co)<sup>3</sup> -Platina Cobalto; NTU<sup>4</sup>-Unidade Nefelométrica; ppm<sup>5</sup>-Partes por Milhão.

O resultado referente ao pH das amostras enquadraram-se aos perfis estabelecidos na resolução do CONAMA 357/2005, tendo variação de 7,64 na AM-01 a 8,20 na AM-05, levando em consideração que as amostras foram coletadas em período de longa estiagem apresentaram valores altos. Conforme De Paula (2013), os resultados referentes ao pH das amostras de água demonstram variações em relação aos períodos de estiagem e chuva, evidenciando uma tendência de que as águas apresentam condições mais neutras a levemente ácidas durante as chuvas, entretanto o pH apresenta tendência ao aumento nos períodos de estiagem.

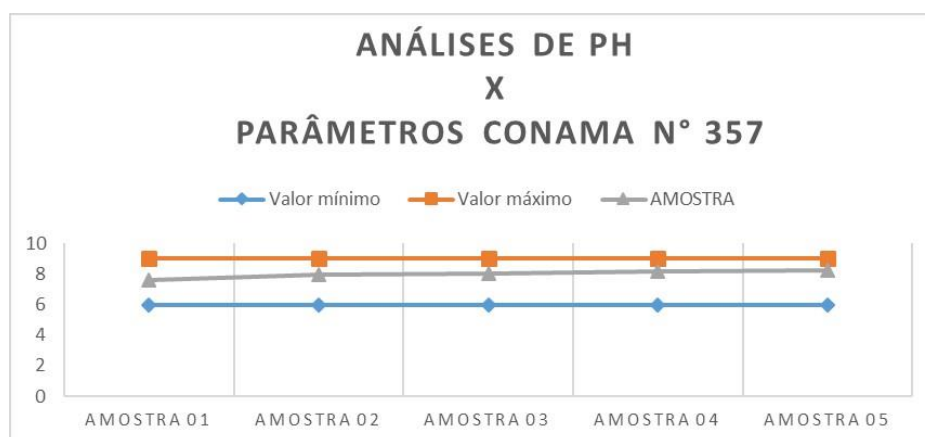


Figura 5. Gráfico dos resultados de pH.

Os resultados obtidos na determinação de cor da água das amostras, correspondem aos parâmetros da legislação do CONAMA 357/2005, porém o aumento positivo da cor observado nas diferentes amostras, mesmo que pequeno tem relação direta com a presença de materiais dissolvidos e em suspensão na água, tal variação é possível de se observar na Figura 6.



Figura 6. Gráfico dos resultados de cor.

Nos resultados das análises de turbidez, foi observado que o menor valor se encontra próximo a nascente e o maior na saída da reserva LVC corresponde a AM-05. Na Figura 7 observa-se os valores de turbidez em relação a resolução CONAMA n° 357/2005, os mesmos assim como todos os outros parâmetros analisados encontram-se dentro do estabelecido pela resolução mencionada. Ainda assim, os baixos valores encontrados correspondem ao período de ausência de precipitação. Chaves (2015), observou que os maiores valores de turbidez encontrados nas águas do Rio Piranhas em torno de (44,8 e 166 mg Pt/L) incidiu com o período das chuvas, ou seja, isso pode ser explicado pelo fato das águas vindas das chuvas ocasionam um movimento de partículas sólidas do fundo do rio, além do arrasto de matérias grosseiros do leito do Rio.



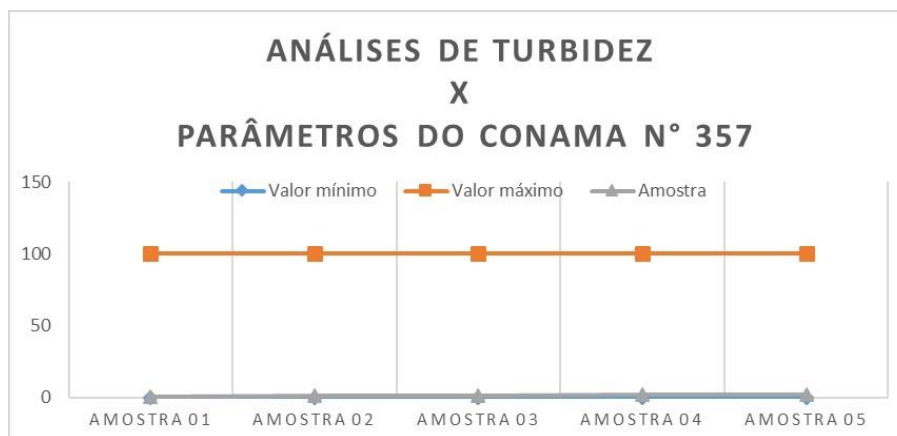


Figura 7. Gráfico dos resultados de turbidez.

A Figura 8 apresenta os valores de sólidos totais dissolvidos, onde o menor valor registrado de 0,38 foi encontrado na nascente do rio, aumentando gradativamente ao longo do curso do rio Traíras, tendo seu valor mais alto em torno de 5,40 observado na AM-05. Os resultados de Sólidos totais dissolvidos, mesmo apresentando aumento ao longo do curso, compreendem os valores estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/2005. Outro ponto importante a ser ressaltado foi que durante o período de coleta das amostras a região do Centro Oeste do Brasil estava em seu ápice de estiagem, corroborando assim para valores de baixa carga de sólidos totais dissolvidos, pois no período de precipitação, de acordo De Paula (2013) as médias mais elevadas corresponderam ao período de chuvas que é uma condição determinante para o aumento do aporte de material alóctone aos recursos hídricos.

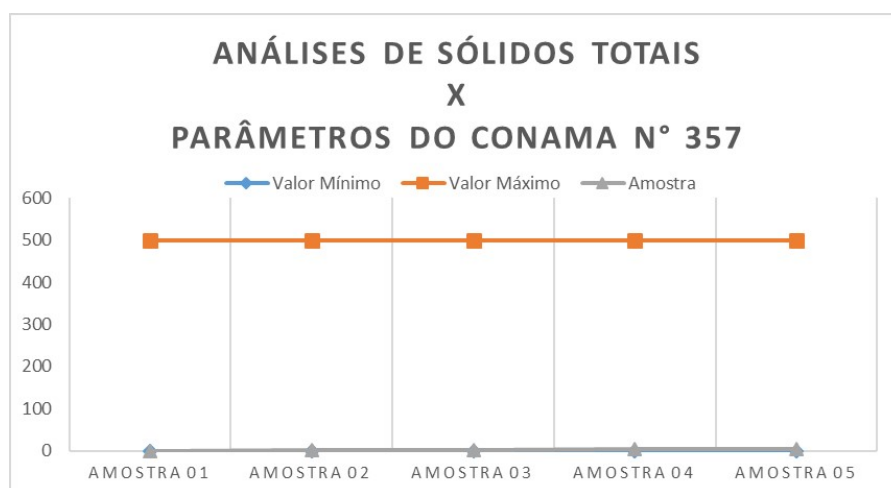


Figura 8. Gráfico dos resultados de sólidos totais dissolvidos.

Observa-se que pelos resultados obtidos, a qualidade da água analisada está totalmente dentro das conformidades e parâmetros do CONAMA nº 357/2005, e que as variações nos resultados ao decorrer do corpo hídrico têm total relevância, e os parâmetros que sofreram alguma alteração estão ambos correlacionados a porcentagem de sólidos presente na amostra, levando em consideração que a presença de partículas dissolvidas no fluido tem influência direta nos parâmetros de cor e turbidez.

Segundo EMBRAPA (2011), materiais como argila, silte, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, compostos orgânicos solúveis coloridos, plânctons e outros organismos microscópicos, afetam diretamente na clareza da água. Ao decorrer da área em estudo foram observados pontos nos quais, a longo prazo podem transportar materiais do tipo para dentro do corpo hídrico, um dos principais fatores para que isso ocorra é a retirada das matas ciliares, que afetam diretamente na interceptação do ciclo hidrológico.

Os locais onde o corpo hídrico do rio Traíras escoar e possui suas duas margens dentro da reserva, suas matas ciliares estão totalmente preservadas com locais de até 1.000 metros de total preservação das matas ciliares e do bioma Cerrado, como pode ser observado na Figura 9. Na Figura 10 pode-se observar que, os locais onde o corpo hídrico escoar por propriedades particulares, há pontos de

longa extensão onde as matas ciliares deixaram de existir e deram origem as pastagens que são utilizadas para o manejo de gado, e sem as matas ciliares o impacto que até então é baixo, a longo prazo pode ser de alta magnitude.



Figura 9. Margens do Rio Traíras dentro da reserva LVC



Figura 10. Margens do Rio Traíras em propriedades adjacentes a (LVC)

Os resultados observados da análise microbiológica estão conforme a portaria nº 2.914/2011 do padrão de potabilidade do ministério da saúde onde as determinações realizadas de coliformes totais e termotolerantes, demonstram a não existência de micro-organismo nas amostras conforme observa-se na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados de análises microbiológicas

<b>Amostras</b>	<b>Coliformes Totais (Pesquisa)</b>	<b>Coliformes Termotolerantes (Pesquisa)</b>
AM-01	Ausente	Ausente
AM-02	Ausente	Ausente
AM-03	Ausente	Ausente
AM-04	Ausente	Ausente
AM-05	Ausente	Ausente

Ao observar o laudo analítico de microbiologia foi analisado, independente do espaço percorrido pela água, que não há alterações em sua composição microbiana, dispondo assim de ausência tanto de coliformes totais como coliformes termotolerantes garantindo aspectos de boa qualidade.

*Avaliação dos Impactos Ambientais Gerados*

Durante o estudo de possíveis impactos ambientais gerados na área estudada, foram consideradas as seguintes variáveis: solo, água, flora, fauna e paisagem.

Na reserva LVC, a conservação do solo é evidente e não afetou os recursos protegidos, a valoração foi de caráter moderado e o impacto encontrado foi de baixa magnitude, tendo em vista que existe processos naturais de desgaste, como por exemplo, o intemperismo.

Para a variável água considerou-se os resultados analíticos por não haver degradação nas matas o impacto sofrido no corpo hídrico obteve baixa magnitude.

As condições da vegetação natural da reserva LVC, e também as condições das matas ciliares ao longo do rio, apresentou alto estado de conservação. Nas condições da variável fauna não houve muito o que se observar pois se trata de uma reserva ambiental de caráter particular, então essas variáveis estão em total estado de preservação, até mesmo dentro da reserva o gado não tem influência sob o corpo hídrico devido a inacessibilidade ao rio, a água disponibilizada para os animais é proveniente de poços artesianos. E por fim, a variável paisagem apresentou caracterização ambiental positiva com ditame sem medidas corretivas e admissível, com baixa magnitude.

Contudo, pode-se observar na Figura 11 a matriz de Leopold do resultado da avaliação dos impactos ambientais gerados dentro da Reserva LVC.

		CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS													DITAME	VALORAÇÃO			MAGNITUDE								
		Positivo	Negativo	Direto	Indireto	Com acumulação	Sem acumulação	Temporário	Permanente	Localizado	Extenso	Recuperável	Irrecuperável	Reversível		Irreversível	Afeta recurso protegidos	Exige medidas corretivas	Não exige medidas corretivas	Admissível	Não admissível	Moderado	Severo	Crítico	Baixo	Médio	Alto
SOLO	Alterações no solo						X									X	X	X	X						X		
	Produção agrícola						X									X	X	X	X						X		
	Destruição da cobertura vegetal						X									X	X	X	X						X		
ÁGUA	Hidrografia	X		X	X											X	X	X	X						X		
	Qualidade das águas	X		X	X	X			X		X					X	X	X	X						X		
	Ciclo hidrológico	X	X		X	X			X							X	X	X	X						X		
FLORA	Mata ciliar	X	X		X											X	X	X	X						X		
	Arbustos	X	X		X											X	X	X	X						X		
	Vegetação do cerrado	X	X		X											X	X	X	X						X		
FAUNA	Campos agrícolas		X	X	X					X						X	X	X	X							X	
	Fauna aquática																X	X	X						X		
	Aves																X	X	X						X		
	Mamíferos																X	X	X						X		
PAISAGEM	Invertebrados															X	X	X	X						X		
	Gado										X	X							X						X		
PAISAGEM	Visual	X														X	X	X							X		

Figura 11. Matriz da avaliação de impactos dentro da reserva (LVC).

Na Figura 12, é possível observar as avaliações de impactos ambientais na zona de divisa entre a reserva e propriedades particulares/terceiros. Essa matriz avalia a qualidade e as condições do meio ambiente fora da reserva LVC, onde as variáveis avaliadas e os critérios foram os mesmos, porém com resultados diferentes. Para a variável solo foi levado em consideração a retirada da cobertura vegetal, assim os impactos se tornam negativos e diretos pois uma camada de solo descoberta está totalmente exposta ao intemperismo natural, e sujeito a processos erosivos.

A variável água considerou os resultados analíticos e também os fatores do ciclo hidrológico, não ocorreu alterações nos resultados analíticos, porém, a vegetação e as matas ciliares ao decorrer da área em estudo estão degradadas em boa parte, assim sendo, fora da reserva ocorre degradação nas matas ciliares e o impacto sofrido pelo corpo hídrico se torna de magnitude variando médio a alto.

		CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS													DITAME	VALORAÇÃO	MAGNITUDE										
		Positivo	Negativo	Direto	Indireto	Com acumulação	Sem acumulação	Temporário	Permanente	Localizado	Extenso	Recuperável	Irrecuperável	Reversível	Irreversível	Afeta recurso protegidos	Não afeta recurso protegidos	Exige medidas corretivas	Não exige medidas corretivas	Admissível	Não admissível	Moderado	Severo	Crítico	Baixo	Médio	Alto
SOLO	Alterações no solo	X	X					X				X	X	X	X	X	X		X			X				X	
	Produção agrícola	X	X						X		X	X	X	X	X	X	X		X			X				X	
	Destruição da cobertura vegetal	X	X				X				X	X	X	X	X	X	X									X	
ÁGUA	Hidrografia	X			X					X	X	X															
	Qualidade das águas																		X		X					X	
	Ciclo hidrológico	X					X			X	X	X					X				X				X		
FLORA	Mata ciliar	X	X								X	X	X	X	X	X	X		X		X					X	
	Arbustos	X	X								X	X	X	X	X	X	X		X		X				X		
	Vegetação do cerrado	X	X								X	X	X	X	X	X	X		X		X				X		
	Campos agrícolas	X	X									X	X				X			X						X	
FAUNA	Fauna aquática																		X	X				X			
	Aves																		X	X				X			
	Mamíferos																		X	X				X			
	Invertebrados																		X	X				X			
	Gado	X	X		X						X	X	X	X	X	X	X						X			X	
PAISAGEM	Visual	X		X																							

Figura 12. Matriz da avaliação de impactos fora da reserva LVC.

Já a flora considerou as condições das vegetações naturais da região, e também as condições das matas ciliares ao longo do rio que em boa parte essa vegetação já nem existe mais, tudo se tornou pastagens. Na fauna foi observada que, por ocorrer retirada das matas ciliares consequentemente a fauna local irá migrar para outros locais em busca de alimentos. E o gado tem ação direta no rio, pois utilizam da água do rio para saciar sua sede.

**Conclusão**

Contudo, foi observado na pesquisa que as condições físico-químicas e microbiologias da água tanto dentro da reserva LVC quanto nas propriedades particulares estão dentro dos parâmetros exigidos pela legislação pertinente, seguindo como base a resolução CONAMA nº 357/2005.

Como observado na Figura 15 da matriz da avaliação de impactos ambientais dentro da reserva LVC, a preservação de matas ciliares, fauna e cursos hídricos estão em ótimo estado de preservação. Em alguns pontos próximo as propriedades adjacentes, como analisado na matriz de avaliação de impacto fora da reserva, foi observado processos erosivos devido à retirada das matas ciliares, esse processo acarreta em danos ao corpo hídrico devido o material erodido se depositar dentro do rio, causando assim possíveis assoreamentos e até desvio do curso do rio.

**Referências**

ALMEIDA, L. de; RESENDE, L.; RODRIGUES, A. P., CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do Estado de Goiás. 1ªed. Goiânia, 2006.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, referente Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: fevereiro de 2018.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, referente a classificação de corpos de água. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: abril de 2017.

BRASIL. Portaria nº2.914, 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. Ministério da Saúde. Brasília, 2012. Disponível em:

- <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: abril 2017.
- CARDOSO, M. R. D; MARCUZZO, F. F. N; BARROS, J. R. classificação climática de Köppen-Geiger, para o estado de Goiás e Distrito Federal. ACTA Geografia, 2014.
- CHAVES, Alan Dél Carlos Gomes, et al. Monitoramento e qualidade das águas do Rio Piranhas. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.10, n.1, p.160-164, 2015.
- CETESB. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo; Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. São Paulo, 2009.
- CORREIA, A.; BARROS, E.; SILVA, J.; RAMALHO, J. Análise da turbidez da água em diferentes estados de tratamento. In: 8º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, 2008. p.1-5.
- MASCARENHAS, L. M. de A.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, M. E. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. Revista Sociedade & Natureza, v. 21, n.1, 2009.
- DE PAULA, S. M. et al. Qualidade da água do rio Dourados, MS—parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Evidência-Interdisciplinar, v.13, n.2, p. 83-100, 2013.
- EMBRAPA. Manual de procedimentos de amostragem, e análise físico-química da água. 2011. 1º edição.
- FUNASA. Manual prático de análise de água 4º edição. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/site/wp.content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp.content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf)>. Acesso em: maio de 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. População, 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=521460&search=|infográficos:-informações-completas>>. Acesso em: abril de 2017.
- PEREIRA JUNIOR, J. de S. Recursos hídricos- conceituação, disponibilidade e usos. Biblioteca digital da câmara dos deputados, 2004. Brasília, Distrito Federal.
- LIMA, J. E. F. W. Recursos hídricos no Brasil e no mundo. Embrapa Cerrados, 2001.
- SABESP. Normas técnicas internas. NTS 013, sólidos, métodos de ensaio- São Paulo. Junho de 1999. Disponível em: <[www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf](http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf)>. Acesso em: maio de 2017.
- SILVA, C. C. S. Análise de complexidade da precipitação mensal no Estado de Pernambuco utilizando o Sample Entropy. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016.
- SILVA, A. L. E.; MORAES, J. A. R. Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais em uma indústria plástica. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – 32º ENEGEP, 2012, Bento Gonçalves, RS, Brasil.

## **Análise da distribuição espacial dos parâmetros físico-químicos e químicos de qualidade da água de abastecimento do bairro do Guamá, Belém-PA**

**<sup>1</sup>Emerson Renato Maciel da Silva**  
**<sup>2</sup>Drielly de Fátima Sanches da Silva**  
**<sup>3</sup>Ana Karla dos Santos Pontes**  
**<sup>4</sup>Luiz Gonzaga da Silva Costa**  
**<sup>5</sup>Ivan Carlos da Costa Barbosa**

<sup>1,2,3</sup>Engenheiros Ambientais e de Energias Renováveis, UFRA/Campus Belém, emersonrv255@gmail.com; driellysanches.s@gmail.com; anakarlapontes@hotmail.com

<sup>4</sup>Professor Doutor, UFRA/ Campus Belém, ansansil@superig.com.br

<sup>5</sup>Professor Mestre, UFRA/ Campus Belém, ivan.barbosa@ufra.edu.br

### **Introdução**

Para a manutenção da vida, é fundamental o acesso a uma água que possua uma boa qualidade e que seja de amplo acesso de seus usuários. Para a garantia de um padrão de potabilidade da água distribuída, existem legislações que estabelecem concentrações limites, dentro das quais existem valores máximos e/ou mínimos permitidos para cada um dos parâmetros, resultando numa aceitação ou rejeição pelo órgão regulatório (FREITAS et al., 2002).

Quanto à potabilidade das águas no Brasil, o seu padrão de potabilidade é definido pelo Ministério da Saúde através da Portaria nº 2914/2011 (BRASIL, 2011). Nesta, encontram-se os procedimentos adequados para o controle e vigilância da qualidade da água para o consumo, além do padrão de qualidade da mesma. É importante notar que, a referida portaria, aplica-se apenas às águas destinadas ao consumo humano advindas de sistemas de abastecimento, e que não deve ser utilizada como referência para outros tipos de água, como água mineral e água utilizada em indústrias.

A água que chega até as residências é distribuída através de tubulações, adutoras, redes de distribuições e outros sistemas, que juntos conduzem a água tratada para toda população de uma cidade (BRASIL, 2006). Esta água distribuída pelo poder público é captada em mananciais superficiais e/ou lençóis freáticos, sendo que, as águas superficiais estão sujeitas ao recebimento maior de impurezas devido ao transporte pela água da chuva e ao aporte direto em rios e riachos. Este fato as tornam suscetíveis à contaminação por meio de resíduos industriais, efluentes domésticos, entre outras fontes poluidoras. Dessa forma, é fundamental a realização de um tratamento da água, a fim de torná-la potável para seus consumidores (CASTAGNOLI & JÚNIOR, 2008).

O tratamento convencional em Estações de Tratamento da Água (ETA) é, geralmente, constituído pelas etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação, preservação e distribuição (COSANPA, 2014). Os principais objetivos do tratamento são de ordens sanitárias, visando a remoção e inativação de organismos patogênicos e de substâncias químicas nocivas à saúde, assim como, melhorias estéticas e organolépticas que consistem na remoção da turbidez, cor, gosto e odor. Levando em consideração esses objetivos, o monitoramento dos parâmetros analisados é fundamental para o bom desempenho das etapas do processo de tratamento (BRASIL, 2006).

A presença de poluentes físicos, químicos e físico-químicos torna obrigatório o tratamento da água bruta (presente na natureza em rios, mananciais, lagos, etc.) antes de sua distribuição para consumo. No intuito de evitar transtornos sanitários como as doenças de veiculação hídrica. Desta forma, a água canalizada pelas redes de distribuição para o consumo humano deve ser avaliada quanto ao atendimento às normas de qualidade vigentes (SCURACCHIO, 2010).

No entanto, a manutenção da condição de potabilidade não é garantida exclusivamente pelo tratamento da água, uma vez que a qualidade da água pode ser comprometida nos processos de tratamento, na distribuição, na reservação e no consumo. Logo, todo o processo relacionado à captação, tratamento e distribuição da água deve ser monitorado para garantia dos requisitos básicos de potabilidade no momento de seu consumo (BRASIL, 2006).

Segundo Ponte (2003), a cidade de Belém passou por um processo de crescimento desenfreado e não planejado, onde as diferenças na distribuição de renda, na distribuição de serviços públicos, moradia, desemprego e miséria da população são evidenciadas. Esse crescimento mal planejado

resultou na criação de um sistema de abastecimento deficitário e não existente em certos bairro e regiões da cidade.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade química e físico-química da água de abastecimento do bairro do Guamá, na cidade de Belém-PA, quanto aos parâmetros, pH, turbidez, cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), dureza total (DT), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), cloro residual livre (CRL), ferro total (Fetotal) e fluoreto ( $\text{F}^-$ ), para verificar se os mesmos atendem os valores propostos pela Portaria nº 2914/2011. E, ainda, avaliar a distribuição dos parâmetros analisados em função das características urbanas específicas de cada zona de influência dos pontos amostrais.

### Material e Métodos

O trabalho foi realizado no bairro do Guamá, localizado na região metropolitana da capital paraense, Belém. Foram selecionadas 12 residências (Figura 1), tendo como requisito obrigatório escolher casas que recebam água do sistema de abastecimento público da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). As amostragens foram feitas tendo como referência o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011), o qual instrui coletar amostras diretamente na saída da torneira mais próxima do sistema de distribuição da residência escolhida. As amostras foram armazenadas, identificadas em garrafas de polietileno de 1L e acondicionadas em isopor com gelo até as análises no laboratório de Físico-Química no Centro de Tecnologia Agropecuária (CTA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

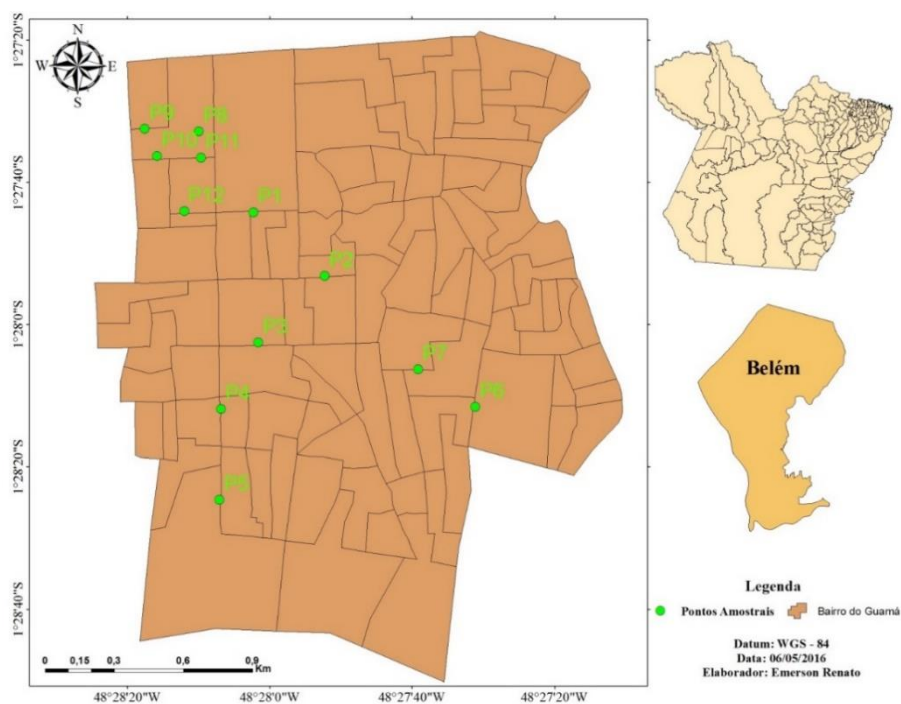


Figura 1. Mapa de localização do bairro do Guamá-PA.

Para as análises in situ foram adotados métodos instrumentais. Na determinação do potencial hidrogeniônico (pH adimensional) foi utilizado um peagâmetro (Instrutherm, modelo 1900) previamente calibrado com soluções tampão de pH 7 e 4. A turbidez foi determinada utilizando o método nefelométrico, através do uso de um turbidímetro (Instrutherm, modelo TD-300) previamente calibrado com soluções de 0 e 100 NTU. A leitura forneceu os resultados em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

Para as determinações de Cloro Residual Livre (CRL), fluoreto ( $\text{F}^-$ ) e ferro total ( $\text{Fe}_{\text{total}}$ ) foram empregados métodos colorimétricos. Para qual se utilizou um colorímetro (QUIMIS, modelo Q406CFF). Para o CRL foi empregado o método colorimétrico DPD. Para a determinação de  $\text{F}^-$  presente nas amostras foi empregado o método colorimétrico SPADNS. A presença de Fetotal foi determinada pelo método da ortofenantrolina. Para ambos os procedimentos descritos, os resultados foram expressos em  $\text{mg.L}^{-1}$ .

Para as análises em laboratório foram adotados métodos clássicos de análise volumétrica (técnica de titulação). Para determinação da dureza total (expressa em  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ ), e das concentrações de

cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>), foi empregada a volumetria de complexação. Esta destina-se fundamentalmente à determinação de teores de íons metálicos (NBR 12621, 1992).

O teor de cloreto (expresso em mg L<sup>-1</sup> de Cl<sup>-</sup>) foi determinado pelo método de Mohr, o qual consiste na volumetria de precipitação, onde o titulante nitrato de prata (AgNO<sub>3</sub>), reage com o íon cloreto (Cl<sup>-</sup>) até o ponto final da titulação, resultando na formação de um precipitado na cor vermelho tijolo (GARCEZ, 2004).

Todas as análises foram feitas em triplicata. E para os dados obtidos foram calculadas as médias e desvios-padrão.

Adicionalmente, efetuou-se a interpolação dos dados analíticos com o uso do software QGIS 2.18.15 com o intuito de realizar a análise espacial dos dados obtidos. Para isto, empregou-se o método IDW de interpolação, que consiste no método de interpolação pelo inverso da distância. O método IDW atribui peso maior ao ponto mais próximo e menor peso quanto maior a distância ao ponto interpolado (RIGHI & BASSO, 2016), conforme equação 1, onde z representa os valores estimados, x o número de amostras, xi os valores conhecidos, e di as distâncias entre os valores conhecidos e estimados.

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z(x_i)}{d_{ij}^\alpha}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{ij}^\alpha}} \quad (1)$$

Por fim, efetuou-se o zoneamento urbano do bairro Guamá com auxílio do software QGIS 2.18.15 e imagens de satélite da DigitalGlobe 2018, disponibilizadas na plataforma Google Earth 2018, objetivando a diferenciação dos componentes urbanos presentes na região. Dessa forma, pôde-se então interpretar a distribuição dos parâmetros físico-químicos e químicos analisados quanto à qualidade da água de abastecimento do bairro em função das características específicas de cada zona de influência dos pontos amostrais.

Assim, foram identificados no bairro os seguintes atributos: corpo hídrico, vegetação secundária, mata ciliar, macrodrenagem, cemitério, central de transporte urbano, condomínio fechado, obras rodoviárias, zona industrial, zona portuária, zona de comércio e serviços, zona residencial de infraestrutura boa, zona residencial de infraestrutura intermediária e zona residencial de infraestrutura precária (Figura 2). Definiu-se como zona residencial de infraestrutura boa aquelas com pavimentação e saneamento em boa qualidade e como zona residencial de infraestrutura precária aquelas com pavimentação e saneamento ausentes ou em péssimas condições. Por outro lado, a zona residencial de infraestrutura intermediária caracteriza-se como aquelas de transição entre zonas de infraestrutura precária e boa.

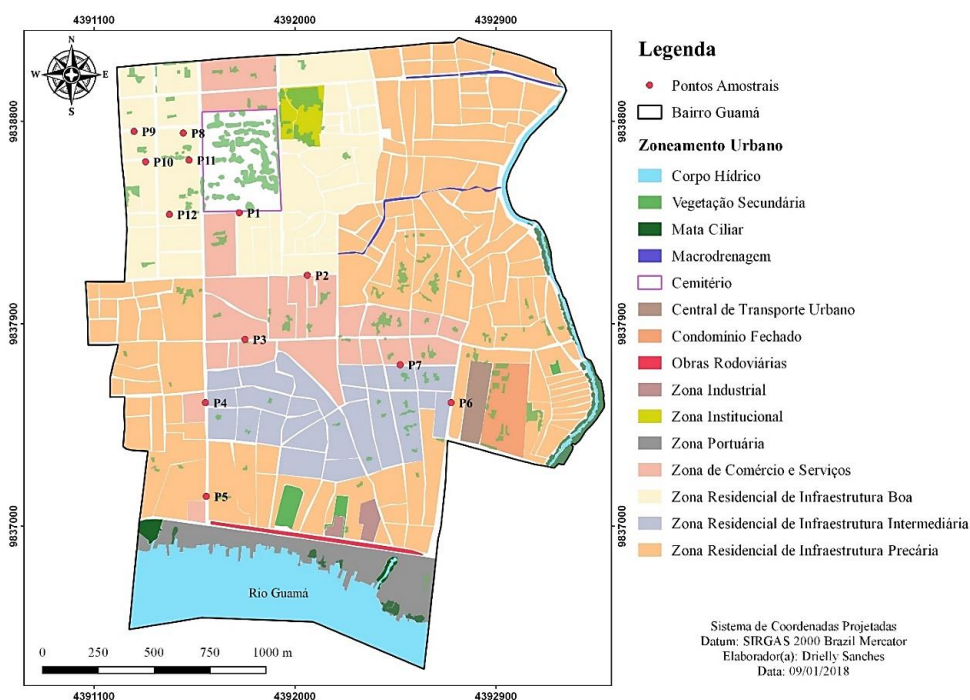


Figura 2. Mapa de Zoneamento Urbano do Bairro do Guamá.



## Resultados e Discussão

A Tabela 1 nos fornece os valores referentes às médias e aos desvios padrão, obtidos após as análises de pH, turbidez, cloreto (Cl<sup>-</sup>), dureza total (DT), cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) da água de abastecimento das residências no bairro do Guamá em Belém-PA. Assim como os valores máximos permitidos pela Legislação Brasileira do Ministério da Saúde.

Tabela 1. Resultado dos parâmetros físico-químicos analisados, assim como as respectivas médias e desvios padrão

Pontos	pH	Turbidez (NTU/uT)	Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	DT (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	Ca <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )
P1	5,83±0,08	1,01±0,07	20,97±0,72	14,63±1,81	2,40±0,00	0,81±0,28
P2	6,26±0,04	1,50±0,54	21,12±1,44	16,72±1,81	2,67±0,46	0,97±0,49
P3	6,24±0,14	1,63±0,31	21,28±0,47	15,67±0,00	2,40±0,00	0,97±0,00
P4	6,24±0,18	0,77±0,18	22,70±3,28	14,63±1,81	2,67±0,46	0,65±0,28
P5	6,49±0,12	1,74±0,71	22,23±0,47	15,67±0,00	2,40±0,00	0,97±0,00
P6	5,83±0,03	1,06±0,03	22,38±1,19	16,72±1,81	2,40±0,00	1,13±0,28
P7	6,20±0,10	1,86±0,04	21,12±0,55	15,67±0,00	2,67±0,46	0,81±0,28
P8	6,39±0,12	1,73±0,02	20,49±0,55	16,72±1,81	2,40±0,00	1,13±0,28
P9	6,12±0,08	2,49±0,09	20,18±1,44	15,67±0,00	2,40±0,00	0,97±0,00
P10	6,17±0,03	1,68±0,01	21,12±0,55	15,67±0,00	2,40±0,00	0,97±0,00
P11	6,00±0,03	1,28±0,11	22,38±1,44	15,67±0,00	2,67±0,46	0,81±0,28
P12	6,03±0,01	1,66±0,04	22,07±0,38	12,54±0,00	2,40±0,00	0,49±0,00
VMP*	6 a 9,5	5 uT	250 mg L <sup>-1</sup>	500 mg L <sup>-1</sup>	-	-

\*VMP: Valor máximo permitido.

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que, em 2 dos 12 pontos amostrais, os valores de pH encontram-se abaixo dos valores máximos permitidos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Sendo assim, 16% das amostras coletadas nas residências no bairro do Guamá apresentam-se abaixo dos valores permitidos. De acordo com Neto et al. (2013) apud Esteves (1998), do ponto de vista ambiental, o pH é uma das variáveis mais importantes e complexas de se interpretar, por ser influenciada por vários fatores. A solubilidade de várias substâncias, sua forma presente na água e sua toxicidade são influenciadas pelo potencial hidrogeniônico. Assim, nota-se relevante importância do pH no que se refere ao processo de coagulação, sendo essencial ao desempenho positivo dos demais processos de tratamento da água. Isto porque cada água apresentará um pH ótimo de coagulação dependendo de suas características. Águas com pH elevado ocasionam a perda de eficiência no processo de coagulação, por isso esse parâmetro é de grande importância (BRASIL, 2006).

De acordo com a interpolação dos dados de pH (Figura 3), observa-se que as extremidades leste e noroeste do bairro do Guamá apresentaram valores de pH abaixo do que estabelece a portaria, porém grande parte do território enquadra-se na faixa adequada de pH para potabilidade de água.

Adicionalmente, nota-se que as áreas com menores valores de pH correspondem às zonas residenciais de infraestrutura precária e boa, na região adjacente ao rio Tucunduba (margem direita do bairro) e no extremo noroeste do bairro, respectivamente. Por outro lado, observa-se águas de abastecimento com pH elevado principalmente na região sudoeste do bairro, em zonas residenciais de infraestrutura precária, abrangendo ainda a zona portuária. Nesse sentido, nota-se uma distribuição alta de pH da zona central de comércio e serviços em direção às zonas de infraestrutura intermediária e precária.

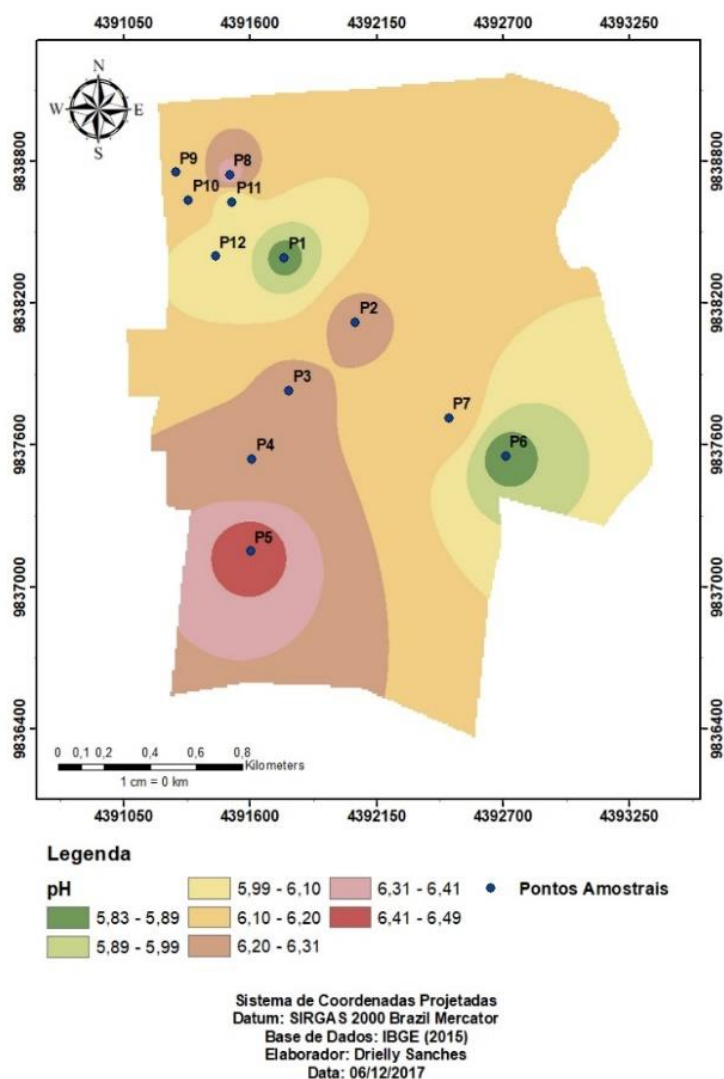


Figura 3. Mapa de interpolação dos dados de pH.

Verifica-se nos resultados encontrados, que a turbidez apresentou em todos os pontos valores abaixo do máximo estabelecido pela legislação, não levando a rejeição da mesma para consumo. Quanto à análise espacial (Figura 4), evidenciou-se uma maior distribuição da turbidez na extremidade noroeste do bairro, correspondente à zona residencial de infraestrutura boa, e em pontos centrais distintos, equivalentes às zonas de comércio e serviços e às zonas residenciais de infraestrutura intermediária e precária, bem como em zona portuária, em menores escalas. Em contrapartida, as regiões leste e oeste do bairro apresentaram os menores valores de turbidez, correspondendo às zonas residenciais de infraestrutura precária próximas aos limites territoriais do bairro. Porém, no geral, nota-se uma maior contribuição no território referente à faixa de turbidez de 1,40 a 1,55 uT.

No sistema de abastecimento, quando a turbidez apresenta valores elevados, é uma indicativa de possíveis problemas relacionados à infiltração na rede de distribuição (BRASIL, 2006). Neto et al. (2013) abordam que a turbidez das águas é caracterizada pela presença de substâncias em suspensão, levando a absorção ou dispersão da luz, culminando para uma aparência nebulosa. O que, relacionado ao consumo, assume importâncias organolépticas, que proporciona em muitos casos a rejeição ao consumo (NETO et al., 2013; BRASIL, 2006).

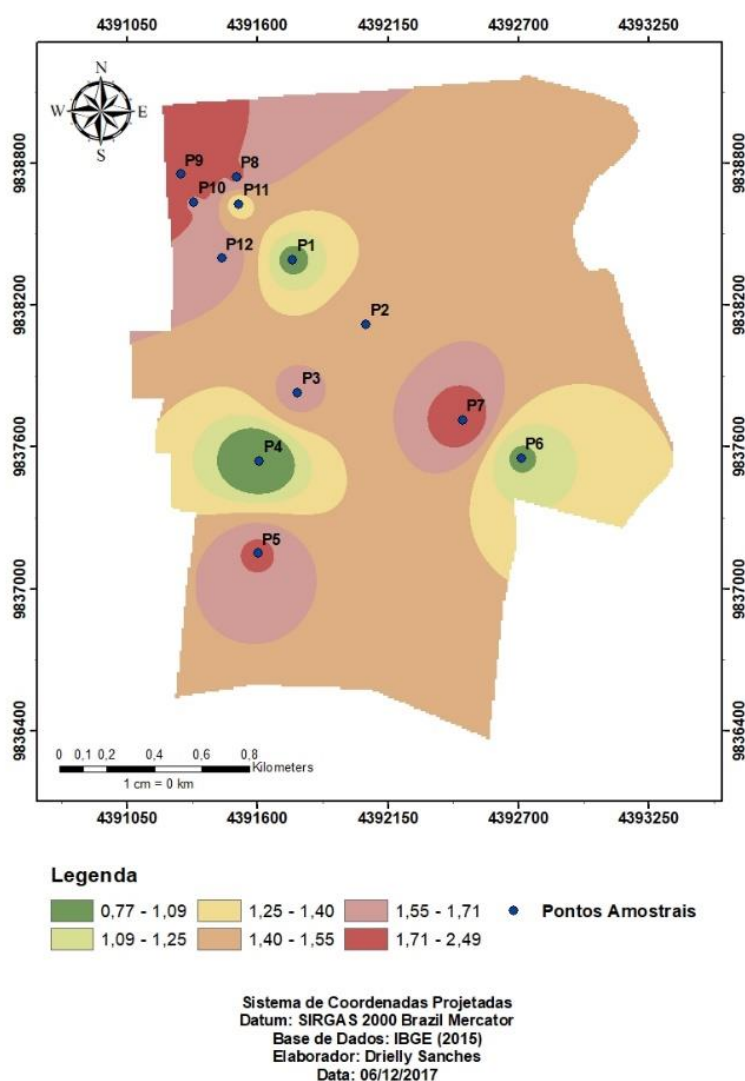


Figura 4. Mapa de interpolação dos dados de turbidez.

Desta forma, infere-se que as zonas de maior turbidez do bairro podem estar associadas a focos de infiltração na rede de distribuição de água, principalmente nos aglomerados urbanos residenciais de infraestrutura boa e de comércio e serviços, associados ao tráfego intenso de veículos e mercadorias.

Quanto ao cloreto, os resultados encontrados mostraram-se satisfatórios, permanecendo na média total para todos os pontos de 21,50 mg L<sup>-1</sup>, bem abaixo do valor máximo permitido de 250 mg L<sup>-1</sup>.

A introdução de cloreto ao corpo hídrico, de acordo com Barreto e Garcia (2010), relaciona-se à dissolução de sais, assim como, resultados de poluição por efluentes domésticos ou industriais. Características estas que indicam contaminação ou poluição do corpo hídrico. A sua concentração em águas para consumo está relacionada à presença de sabor, logo, à aceitação para consumo. O processo de tratamento convencional não proporciona a sua remoção, sendo necessária a aplicação de tratamentos especiais como, osmose reversa ou eletrodialise (BRASIL, 2006).

A interpolação dos dados de cloreto (Figura 5) possibilitou visualizar uma maior distribuição de cloreto na região sul do bairro, principalmente a Leste-Oeste, entre 21,78 a 22,70 mg/L, abrangendo zonas residenciais de infraestrutura precária e intermediária, bem como a zona portuária e de obras rodoviárias. Por outro lado, a porção norte do bairro apresentou valores de cloreto entre 20,18 a 21,78 mg/L, sendo a região noroeste de menor concentração de cloreto, equivalente à zona residencial de infraestrutura boa. Dessa forma, nota-se uma maior distribuição de cloreto no território no sentido norte-sul.

Logo, nota-se uma maior interferência de cloreto nas águas de abastecimento nas regiões periféricas do bairro, em zonas de infraestrutura precária e de intenso tráfego de veículos e execução de obras rodoviárias.

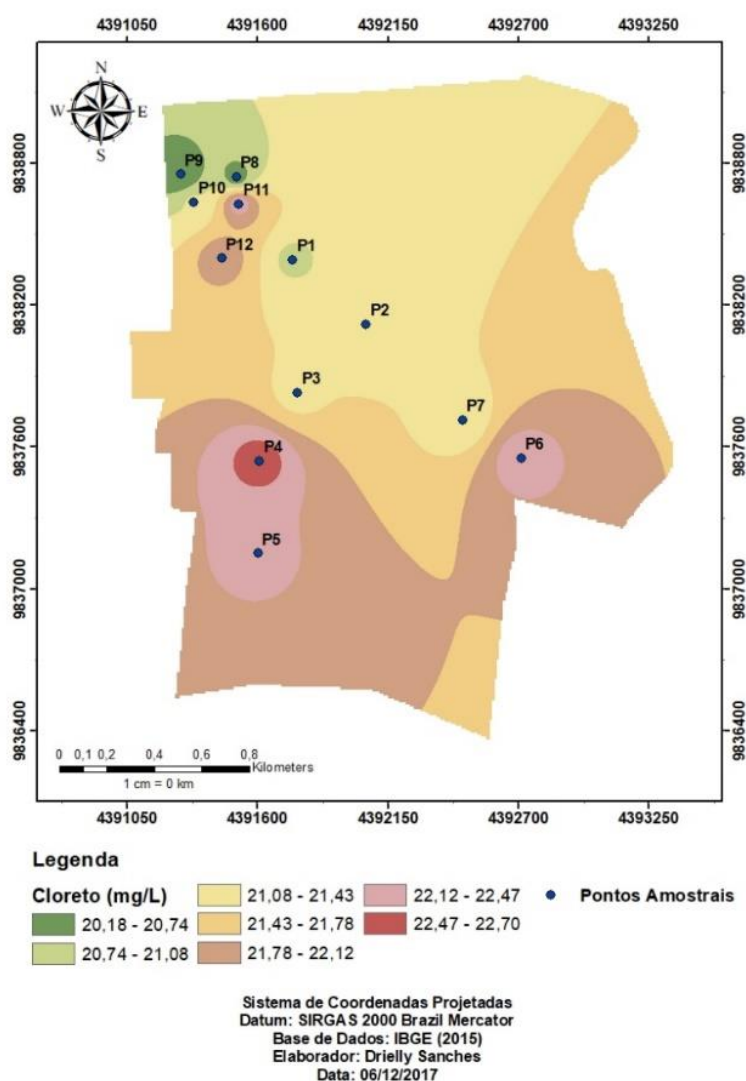


Figura 5. Mapa de interpolação dos dados de cloreto.

Oliveira (2007) e Abdalla et al. (2010), abordam que a dureza da água é caracterizada pela concentração total dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , pois esses são considerados os principais contribuintes para a dureza da água em comparação aos demais, como por exemplo ferro, manganês, zinco, entre outros. Isto porque, diferente do cálcio e magnésio, os demais encontram-se normalmente complexados a constituintes orgânicos. Logo, sua precipitação na dureza da água é mínima.

Assim, quanto à potabilidade, as águas estudadas não apresentaram evidências de que a dureza total proporcione transtornos ou restrições sanitárias, uma vez que a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde atribui como valor máximo permitido para dureza total em água potável a concentração de  $500 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . Desta forma, a água analisada apresentou valores abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação.

Quanto à análise espacial da distribuição da dureza total (Figura 6), observa-se maiores concentrações de  $\text{CaCO}_3$  na região leste e noroeste do bairro, abrangendo zonas residenciais de infraestrutura precária, e em menor escala, zonas residenciais de infraestrutura intermediária e zonas de comércio e serviços, bem como parte da zona residencial de infraestrutura boa no extremo noroeste. Por outro lado, a região oeste apresentou os menores valores de dureza total, abrangendo zonas residenciais de infraestrutura boa, intermediária e precária nas proximidades do limite territorial do bairro.

Os teores dos íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) oscilaram entre um mínimo de  $2,40 \text{ mg L}^{-1}$  (em oito dos pontos analisados) a  $10,15 \text{ mg L}^{-1}$  (para quatro dos pontos analisados). Para os íons de magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) as concentrações variaram entre  $0,49 \text{ mg L}^{-1}$  (ponto P12) e  $1,13 \text{ mg L}^{-1}$  (pontos P6 e P8). Esses por sua vez não apresentaram restrições imediatas, já que esses íons possuem propriedades favoráveis à saúde humana e vegetal. Segundo o nutricionista Alvarenga (2001), esses íons são considerados minerais

principais ou macronutrientes, sendo de vital importância para a vida, assim como nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, no que diz respeito às funções estruturais nas plantas (Dias et al., 2012).

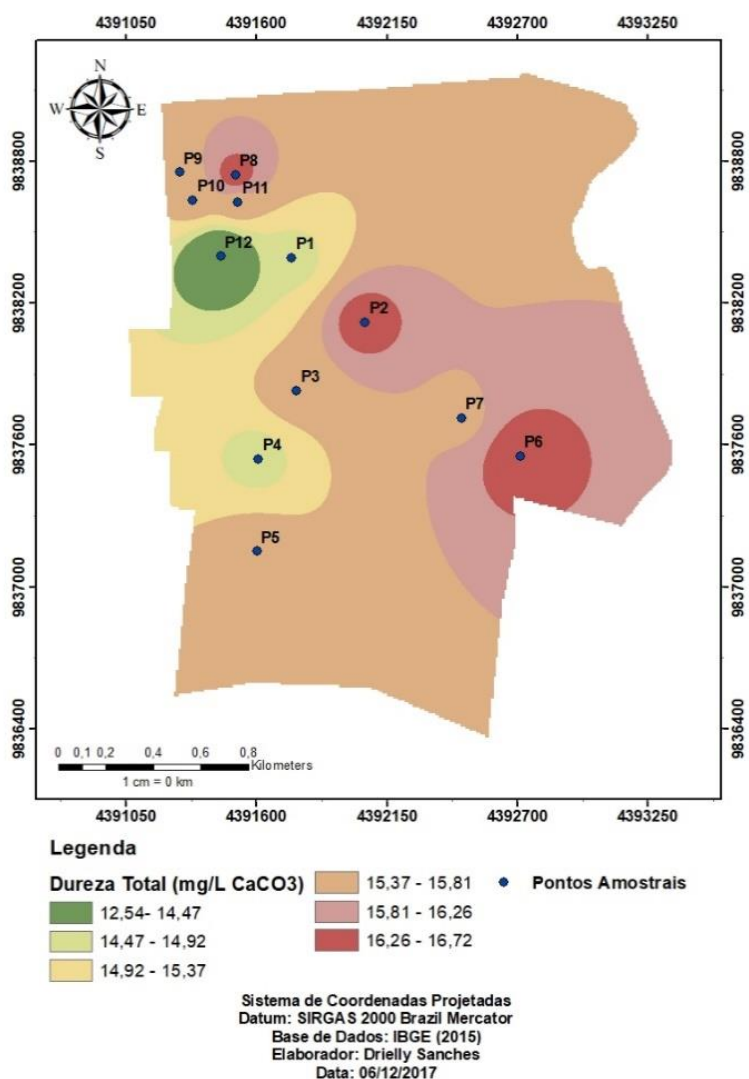


Figura 6. Mapa de interpolação dos dados de dureza total.

Por meio da interpolação espacial dos dados de íons de cálcio (Figura 7), nota-se uma maior distribuição de cálcio na região central do bairro e em ponto distinto da região noroeste, variando de 2,53 a 2,67 mg/L. Essas regiões abrangem principalmente as zonas de comércio e serviços e as zonas residenciais de infraestrutura precária e intermediária, havendo ainda um ponto distinto de maior concentração na zona residencial de infraestrutura boa no extremo noroeste do bairro.

Da mesma forma, a distribuição espacial resultante da interpolação dos dados de magnésio (Figura 8) mostrou uma maior concentração de magnésio nas regiões leste central e noroeste do bairro, variando de 0,93 a 1,13 mg/L. Essas regiões abrangem em maior escala as zonas residenciais de infraestrutura precária, porém com pontos focais nas zonas de comércio e serviços e zonas residenciais de infraestrutura boa (extremo noroeste). Assim, nota-se certa correspondência entre as regiões de maior influência do magnésio e da dureza total, o que pode estar associado à correlação entre estas variáveis, enquanto que o cálcio não apresentou grande sobreposição à dureza total.

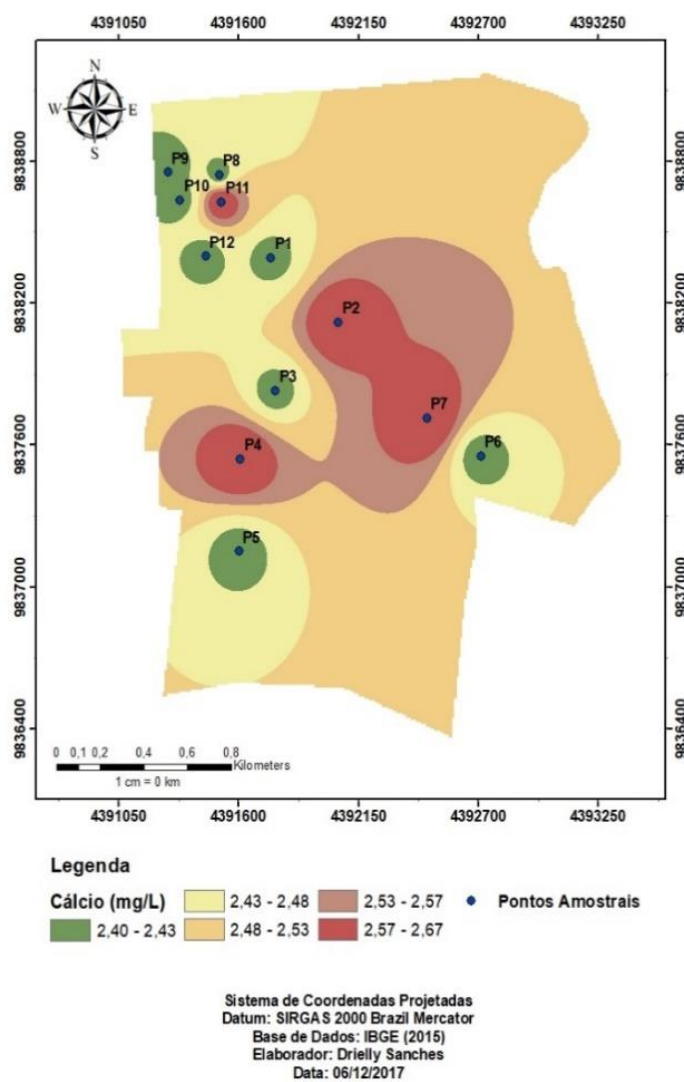


Figura 7. Mapa de interpolação dos dados de íons de cálcio.

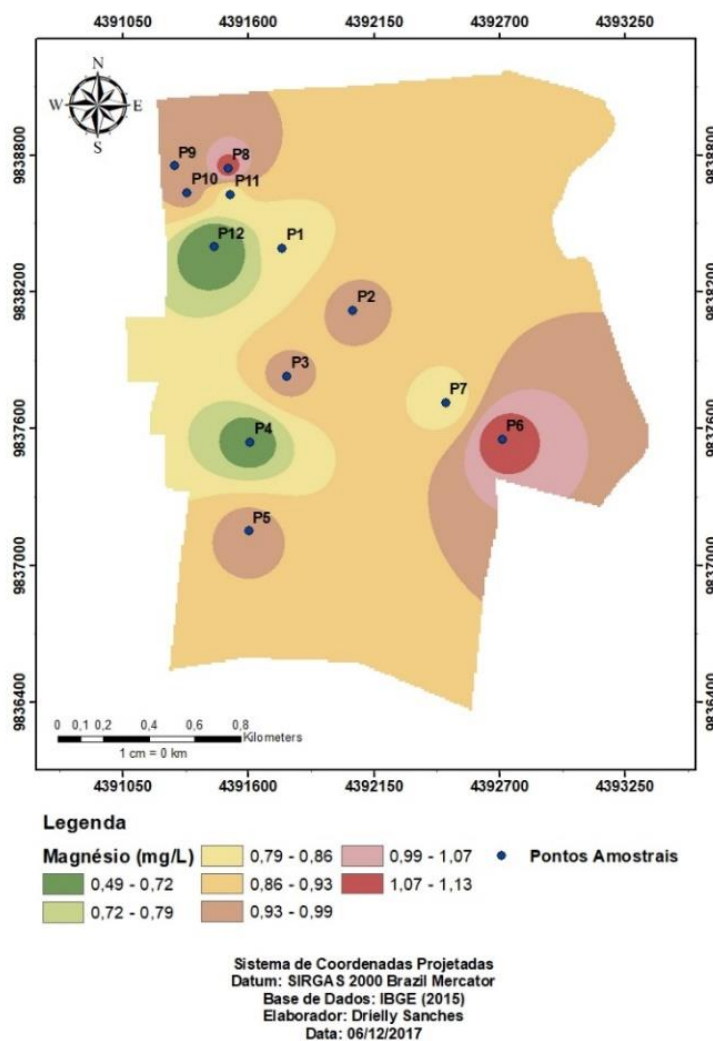


Figura 8. Mapa de interpolação dos dados de íons de magnésio.

Na Tabela 2 observa-se os valores referentes às médias e desvios padrão, obtidos após as análises com o colorímetro do cloro residual livre (CRL), ferro total ( $Fe_{total}$ ) e fluoreto ( $F^-$ ) da água de abastecimento.

Tabela 2. Resultado dos parâmetros físico-químicos analisados com o colorímetro, assim como as respectivas médias e desvios padrão

Pontos	CRL (mg L <sup>-1</sup> )	Fe <sub>total</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	F <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )
P1	0,24 ± 0,02	0,08 ± 0,08	ND
P2	0,40 ± 0,04	0,10 ± 0,02	ND
P3	0,17 ± 0,02	0,28 ± 0,40	ND
P4	0,22 ± 0,05	0,08 ± 0,09	ND
P5	0,35 ± 0,03	0,15 ± 0,03	ND
P6	0,51 ± 0,13	1,53 ± 0,20	ND
P7	0,32 ± 0,01	0,19 ± 0,02	ND
P8	0,23 ± 0,02	0,08 ± 0,07	ND
P9	0,48 ± 0,00	0,19 ± 0,25	ND
P10	0,35 ± 0,01	0,19 ± 0,04	ND
P11	0,19 ± 0,03	ND <sup>a</sup>	ND
P12	0,19 ± 0,01	ND	ND
<b>VMP*</b>	<b>2 mg L<sup>-1</sup></b>	<b>0,3 mg L<sup>-1</sup></b>	<b>1,5 mg L<sup>-1</sup></b>

ND: Não detectado; \*VMP: Valor máximo permitido.

As alterações nas concentrações de Ferro não representam riscos sanitários diretos. Porém, quando se encontram em concentrações elevadas ocasionam alterações organolépticas e estéticas (manchas em tecidos) (DANELON & RODRIGUES, 2013).

Quanto ao parâmetro ferro total, verifica-se que no ponto P6 sua concentração ultrapassa o valor máximo permitido, o que Silva et al. (2011) relaciona aos possíveis vazamentos em função das manutenções das tubulações, assim como ligações clandestinas, entre outros fatores que contribuem para a contaminação que promove a redução ou aumento das concentrações desta variável. Contudo, os demais pontos analisados apresentaram valores abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente.

Estes resultados podem ser melhor observados por meio da interpolação dos dados de ferro total (Figura 9). Assim, nota-se em torno do ponto P6 a maior distribuição de ferro total no bairro, abrangendo principalmente zonas residenciais de infraestrutura precária e de infraestrutura intermediária em menor escala. Observa-se ainda a menor contribuição de ferro total na região noroeste do bairro, com valores de até 0,11 mg/L, correspondente à zona residencial de infraestrutura boa. Logo, nota-se uma distribuição crescente de ferro total no sentido noroeste-leste do bairro, em direção à região periférica às margens do rio Tucunduba.

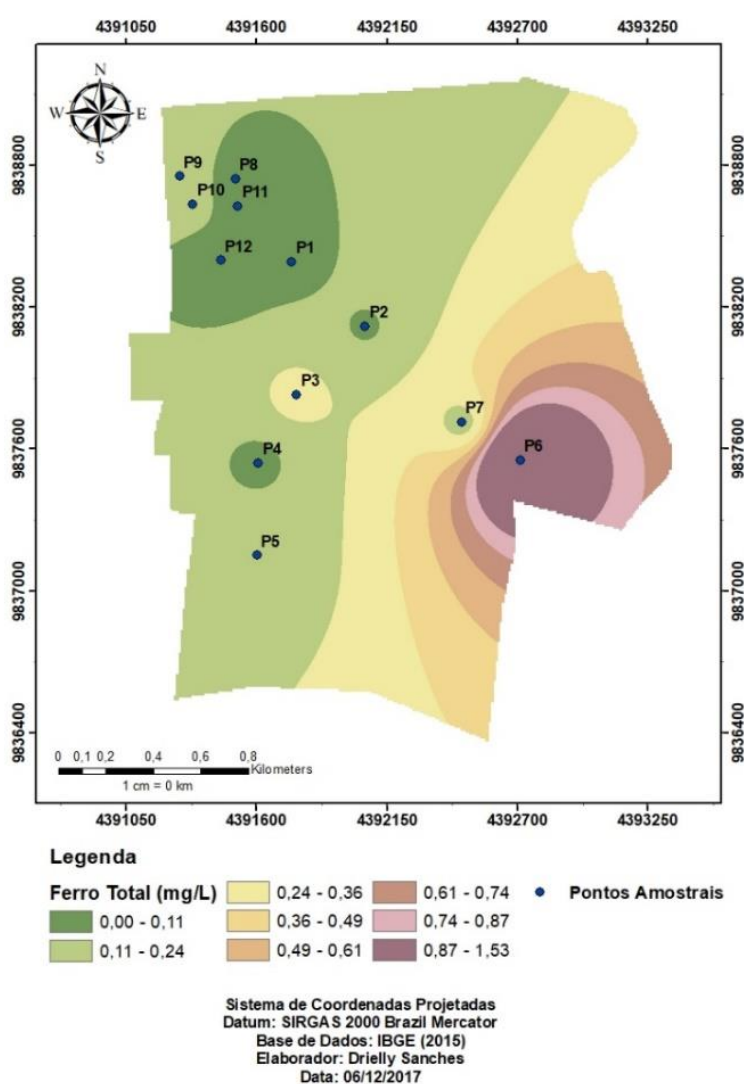


Figura 9. Mapa de interpolação dos dados de ferro total.

Quanto ao fluoreto, observa-se que não foi detectado concentrações nas amostras analisadas. Queiroz et al. (2010), abordam que os métodos normalmente utilizados para sua determinação sofrem interferências de outros íons presentes na água (cloreto, ferro, alumínio, etc.), culminando para erros em sua determinação. Fato esse que pode ter contribuído para a não detecção de tal variável. No que diz respeito a este parâmetro, sua importância nos sistemas de abastecimentos públicos está relacionada



ao papel de prevenção de cáries dentárias. Sendo sua concentração um fator determinante em relação aos seus pontos prós e contras, pois em concentrações excessivas o flúor causa a opacidade do esmalte ou a fluorose, entretanto, em concentrações adequadas torna-se seguro e eficaz (BRASIL, 2006).

Para Neto et al. (2013), no que se refere à desinfecção de água para potabilidade, o método mais utilizado tem sido a cloração, por apresentar um custo baixo em comparação a outros agentes que desempenham o papel de desinfecção. O  $\text{Cl}_2$  hidrolisa-se quando em meio aquoso, levando a obtenção dos íons hidrogênio e cloreto e o ácido hipocloroso, sendo o ácido hipocloroso e o íon hipoclorito os principais responsáveis pela oxidação da matéria orgânica poluente, assim como, pela inibição da proliferação bacteriana. Assim, o cloro residual livre (CRL) é conhecido como a soma de suas concentrações, sendo estas influenciadas pelo pH e temperatura do meio.

A portaria 2914/2011 estabelece como obrigatória a manutenção de no mínimo  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  de CRL em toda a extensão do sistema de distribuição, não excedendo  $2 \text{ mg L}^{-1}$ . Dessa forma, os pontos P3, P11 e P12 apresentam valores pouco abaixo do mínimo estabelecido pela legislação, enquanto os demais pontos enquadraram-se no limite de  $2 \text{ mg L}^{-1}$ . Vale ressaltar que o CRL é adicionado na água durante o tratamento para patogênicos que podem adentrar na rede de abastecimento por meio de infiltração, que podem ocorrer ao longo do percurso até a chegada aos domicílios (SCURACCHIO, 2010; NETO et al., 2013). Para fins de desinfecção, o CRL é necessário para promover a eliminação desses organismos.

Nesse sentido, a análise espacial dos dados de CRL (Figura 10) permite estabelecer a zona leste do bairro como a de maior contribuição de CRL, abrangendo as zonas residenciais de infraestrutura precária e intermediária à margem direita do bairro em maior escala, e as zonas de comércio e serviços à margem direita em menor escala. Por outro lado, a zona oeste e noroeste, apresentaram a menor contribuição de CRL, abrangendo as zonas residenciais de infraestrutura boa e precária à margem esquerda do bairro, bem como zonas de comércio e serviços. Desta forma, nota-se um aumento na concentração de CRL no sentido noroeste-leste da extensão territorial do bairro do Guamá, em direção à região periférica às margens do rio Tucunduba.

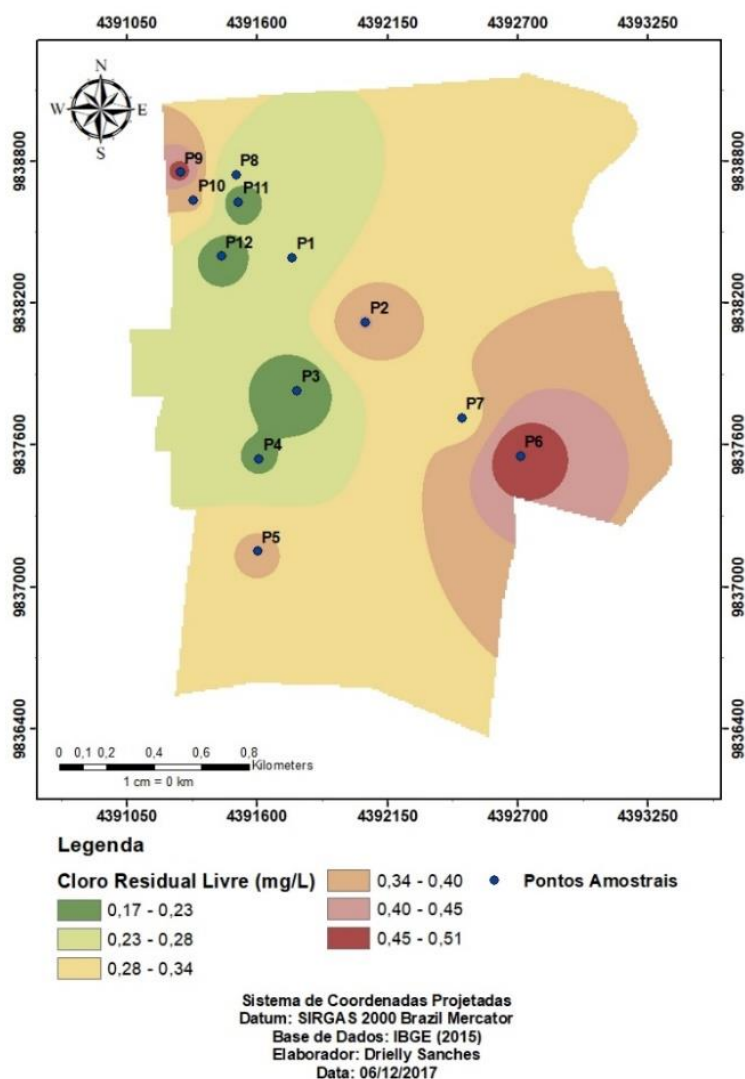


Figura 10. Mapa de interpolação dos dados de cloro residual livre (CRL).

Em suma, observa-se uma maior distribuição dos parâmetros analisados na região leste do bairro Guamá, principalmente no que se refere aos teores de magnésio, dureza total, CRL, ferro e cloreto. Além disso, observa-se nessa região uma distribuição baixa de pH, caracterizando a água de abastecimento como ácida, condição esta que afeta significativamente a qualidade da água e desfavorece o seu consumo. Isto evidencia uma maior incorporação dessas substâncias na água de abastecimento da zona periférica do bairro, às margens do rio Tucunduba, caracterizada como uma zona residencial de infraestrutura precária, em função da carência de pavimentação e saneamento. Dessa forma, pode-se inferir possíveis focos de perfurações e danos nas tubulações de distribuição de água nesta região, o que facilitaria a alteração da qualidade desta água. Adicionalmente, a maior incorporação de ferro pode ser explicada pela falta de manutenção e troca das tubulações, ocasionando o envelhecimento das mesmas e a formação de ferrugem ao longo da distribuição.

Por outro lado, a região noroeste do bairro também apresentou pontos de alta concentração para todos os parâmetros analisados, com exceção do ferro. Assim, observa-se que a zona residencial de infraestrutura boa também apresenta foco de maior incorporação dessas substâncias na água de abastecimento do bairro. Da mesma forma, este aspecto pode estar associado a danos nas tubulações de distribuição de água e pode ainda ser intensificado pelo maior tráfego de veículos na região.

Adicionalmente, a região sudoeste também apresentou pontos de maior distribuição no que se refere aos parâmetros magnésio, CRL, cloreto, pH e turbidez. Desta forma, nota-se maior incorporação dessas substâncias na água de abastecimento das zonas residenciais de infraestrutura precária nas proximidades da zona portuária e da zona de obras rodoviárias. Isto pode ocorrer em função da precariedade da infraestrutura da região associada ao intenso tráfego de caminhões, maquinários, ônibus e veículos em função de caracterizar-se como uma área de rotas comerciais e de saída do

município. Esta condição pode levar ao maior desgaste e danos às tubulações de distribuição de água, resultando na alteração da qualidade desta.

No que se refere às zonas de comércio e serviços, observa-se uma maior distribuição de cálcio, magnésio, CRL e turbidez na água de abastecimento dessa região. Ao considerar a região como centro comercial do bairro, infere-se a ocorrência de intenso fluxo de pessoas, veículos e mercadorias, o que pode acarretar em interferências no sistema de distribuição da região, alterando assim a qualidade da água de abastecimento.

Em contrapartida, a região oeste e noroeste do bairro apresentou os menores teores de grande parte dos parâmetros analisados. Isto mostra que embora a região também contemple zonas residenciais de infraestrutura precária, a maior distribuição dos parâmetros concentra-se na região periférica às margens do rio Tucunduba. Além disso, mostra que a zona residencial de infraestrutura boa apresenta uma menor interferência na qualidade da água de distribuição da região.

## Conclusão

No que se refere à qualidade da água de abastecimento do bairro Guamá, os resultados obtidos de cloro residual livre de 0,17 mg L<sup>-1</sup> (ponto P3) e 0,19 mg L<sup>-1</sup> (pontos P11 e P12) encontraram-se abaixo do mínimo estabelecido pela legislação. Ocasionalmente por problemas relacionados as ligações clandestinas, perfurações e infiltrações nas tubulações ao longo da rede de distribuição. Quanto a variável ferro total, o valor obtido de 1,53 mg L<sup>-1</sup> (ponto P6) apresenta-se acima do valor máximo permitido pela Portaria nº 2914/2011, resultado que pode ser explicado por possíveis vazamentos em meio as manutenções das tubulações. Dessa forma entende-se que apesar das condições de infraestrutura ao longo do sistema de distribuição da ETA estarem em alguns pontos comprometidas, os resultados dos demais parâmetros químicos e físico-químicos analisados neste trabalho permitem considerar que, quanto à potabilidade das águas analisadas, para fins de consumo humano, essas não apresentam evidências de transtornos ou restrições sanitárias, demonstrando a eficácia do sistema de tratamento da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). Dessa forma, de posse dos resultados, uma forma de sugestão seria promover um estudo mais aprofundado combinado de um plano de amostragem com coletas regulares.

Por outro lado, embora a qualidade da água tenha obtido resultados satisfatórios, nota-se que os maiores teores da maioria dos parâmetros analisados concentraram-se nas zonas residenciais de infraestrutura precária e intermediária, principalmente nas proximidades do rio Tucunduba, bem como na zona portuária e na zona de obras rodoviárias na região sul do bairro. Logo, nota-se uma maior interferência na qualidade da água de abastecimento nas regiões de precariedade da infraestrutura urbana e de intenso tráfego de veículos e maquinários. Desta forma, torna-se prioritária à manutenção das tubulações de distribuição nessas regiões, de forma a evitar uma alteração futura crítica da qualidade da água de abastecimento nessas zonas críticas. Do mesmo modo, sugere-se a execução de um plano de amostragem com coletas regulares a fim de averiguar a distribuição espacial e temporal da qualidade da água de abastecimento do bairro.

## Agradecimentos

Ao laboratório de físico-química do Centro de Tecnologia Agropecuária (CTA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo apoio as análises realizadas para se alcançar os resultados obtidos.

## Referências

- ABDALLA, K. V. P.; CAVALCANTE, P. R. S.; NETO, J. P. C.; BARBIERI, R.; NETO, M. C. M. Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário-MA. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2010.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: CETESB; Brasília: 2011.
- ALVARENGA, G. Nutrição: A importância dos nutrientes para uma vida saudável. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <[http://www.foreverliving.com.br/arqs/downloads/detalhe\\_1224594990\\_flp\\_cartilha\\_nutricao\\_22007121\\_web.pdf](http://www.foreverliving.com.br/arqs/downloads/detalhe_1224594990_flp_cartilha_nutricao_22007121_web.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- BARRETO, P. R.; GARCIA, C. A. B. Caracterização da qualidade da água do açude Buri-Frei Paulo/SE. Scientia Plena Rev., v.6, n.9, 2010.

- 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. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 10 mar. 2016.
- BRASIL. Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2006. 252p.
- CASTAGNOLI J. P.; JÚNIOR E. A. V. Análise numérica do acoplamento entre água superficial e água subterrânea. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2008.
- COSANPA. Companhia de Saneamento do Pará. Belém, 2014. Disponível em: <<http://www.cosanpa.pa.gov.br>>. Acesso em: 09 mar. 2016.
- DIAS, J. S.; NEVES, I.; SILVEIRA, V. H.; Nutrientes: Do que as plantas precisam? Unifertil, 2012. Disponível em: <<http://www.unifertil.com.br/admin/files/rc20121011151121.pdf>>. Acesso em: 19 de abr. 2016.
- ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência; 1998. 275p.
- FREITAS, V. P. S; BRIGIDO, B. M.; BADOLATO, M. I. C.; ALABURDA, J. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. Rev. Inst. Adolfo Lutz, 61(1): p. 51-58, 2002.
- GARCEZ, L. N. Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltados para análises de águas e esgotos sanitário e industrial. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2004. 113p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 abr. 2016.
- LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005. 394p. NBR 12621/1992. Versão corrigida em 1995. Determinação da dureza em água (Método complexo métrico).
- NETO, R. M. R.; BEZERRA, H. P.; CAMPOS, A. B.; SIQUEIRA K. F.; ALMEODA, W. L. Avaliação do sistema de tratamento e da qualidade das águas de abastecimento público em Laranjal do Jari, AP. Scientia Plena Rev., v.9, n.11, 2013.
- OLIVEIRA, A. M. P. Alcalinidade e dureza das águas. Brasil, 2007. Disponível em: <[http://www.kurita.com.br/adm/download/Alcalinidade\\_e\\_Dureza.pdf](http://www.kurita.com.br/adm/download/Alcalinidade_e_Dureza.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- PONTE, M. X. Rede intra-urbana de água e esgotamento sanitário na cidade de Belém: aspectos históricos, políticos e econômicos da estruturação sanitária. 118 p. (Dissertação). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.
- QUEIROZ, J. P. L.; LIMA, F. R. G. S.; SILVA, M. A. M.; CARDOSO, C. E. Análise do teor de fluoretos na água de abastecimento público do município de Vassouras, Rio de Janeiro. Revista Eletrônica TECCEN, 2010.
- RICHTER, C. A., AZEVEDO, N. J. M. de. Tratamento de Água: Tecnologia atualizada. São Paulo (SP). 1991. 332p.
- SCURACCHIO, P. A. Qualidade da Água Utilizada para Consumo em Escolas no Município de São Carlos - SP. 57p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 2010.
- RIGHI, E.; BASSO, L. A. Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas. Ambiente Guarapuava, v.12, n.1, p.101-117, 2016.
- SILVA, H. E. B., COSTA, S. C., MOREIRA, V. P., Determinação do teor de cloro residual livre na água consumida no Campus do Paricarana pela comunidade da UFRR. In: IV Congresso Norte e Nordeste de Química. 2011.

## ***Uso de geotecnologias aplicadas no levantamento batimétrico da barragem Saulo Maia, Areia/PB***

**<sup>1</sup>Guttemberg da Silva Silvino**

**<sup>2</sup>Beatriz Macedo Medeiros**

**<sup>3</sup>Haile Silvino Guimarães**

**<sup>4</sup>Maurício Javier De Leon**

**<sup>5</sup>Saulo Cabral Gondim**

**<sup>6</sup>Maria Cristina Santos Pereira de Araújo**

<sup>1</sup>Professor Associado, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, guttembergs@gmail.com

<sup>2,3</sup>Acadêmicos em Agronomia, CCA/UFPB/ Campus II Areia, bmacedom@gmail.com; hailesguimaraes@gmail.com

<sup>4</sup>Professor Adjunto, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, mjleon@gmail.com

<sup>5</sup>Professor Associado, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, saulogondim@gmail.com

<sup>6</sup>Técnica Administrativa, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, mariacristina@yahoo.com.br

### **Introdução**

Historicamente o homem vem se utilizando dos recursos hídricos sem a preocupação de ver nestes um bem finito. A crescente demanda pelo uso dos recursos naturais foi acompanhada nas últimas décadas pela preocupação com a quantidade e a qualidade desse recurso (SILVA et al., 20017). A água sempre foi um elemento essencial ao ser humano desde as civilizações primeiras até os dias atuais, uma vez que estas, sempre se organizavam próximas às margens dos rios encontrando nestes locais todas as condições para desenvolver suas culturas agrícolas, bem como a facilidade no acesso à água para outros usos (GUIMARÃES et al., 2008).

De acordo com Sirigate (2005), como constituinte inorgânico encontrado em maior quantidade nos seres vivos ou como fator de consumo nas atividades humanas, a água é um elemento vital para os ecossistemas e básica para o desenvolvimento humano. Em todo o mundo os múltiplos usos desse recurso abundante, porém finito, se dividem essencialmente em agricultura, indústria e consumo doméstico. Em termos gerais as fontes de água são muito mal distribuídas e a poluição gerada pela atividade do homem está comprometendo as que se encontram ainda preservada.

A remoção da vegetação nativa provoca vários danos ao meio ambiente, tais como: alteração climática, extinção de fauna e flora, promove e acentua o processo erosivo, causa prejuízos para a agricultura, etc. Quando à cobertura florestal se mantém intacta a infiltração da água da chuva no solo é maior que em florestas com índice de desflorestamento acentuado (GUIMARÃES et al., 2008).

O assoreamento tem sido motivo de vários fatores causadores de efeitos negativos ao meio ambiente e, conseqüentemente a qualidade de vida das pessoas, como o aterramento e a morte de rios e açudes (GUIMARÃES et al., 2008). De acordo com Carvalho (1994), as barragens geram uma redução das velocidades da corrente, provocando a deposição gradual dos sedimentos carreados pelo curso de água, ocasionando o assoreamento, diminuindo gradativamente a capacidade de armazenamento dos reservatórios e podendo vir a inviabilizar as operações de aproveitamentos hidroelétricos e construções de barragens, além de ocasionar problemas ambientais de diversas naturezas.

O assoreamento dos reservatórios pode ser entendido como sendo o reflexo das condições naturais da bacia hidrográfica, bem como o grau de desenvolvimento e metodologias das suas atividades antrópicas. Neste sentido, o processo de assoreamento em reservatórios tem provocado diversos problemas econômicos, sociais e ambientais (MIRANDA et al., 2013).

Uma das metodologias para determinar o assoreamento de açudes é o levantamento batimétrico automatizado. Este levantamento pode ser definido como sendo o conjunto dos princípios, métodos e convenções utilizados para determinar a medida do contorno, da dimensão e da posição relativa da superfície submersa dos mares, dos rios, dos lagos, dos açudes, das represas, das barragens, e dos canais (GUIMARÃES et al., 2008). Além disso, com esse levantamento proporciona a atualização dos dados operacionais de reservatórios, possibilitando o acompanhamento dos processos de assoreamento avaliando-se suas reais condições (MIRANDA et al., 2013).

De acordo com Câmara (2001), o geoprocessamento é um sistema complexo que permite a representação do mundo por meio da captura, armazenamento, processamento e modelagem de

dados referenciados a um sistema de coordenadas geográficas ou planas (por exemplo, UTM – Universal Transverso Mercator) em meio digital.

Os instrumentos computacionais (softwares) do geoprocessamento são denominados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e permitem a realização de análises complexas com o uso das informações geográficas, sendo as principais técnicas de aquisição de dados, o sensoriamento remoto e posicionamento por satélite (GUIMARÃES et al., 2008).

A utilização de técnicas de geotecnologias vem sendo largamente aplicada nas mais diversas áreas do conhecimento científico, tais como: cartografia, transporte, saúde, telecomunicações, saneamento, recursos hídricos e principalmente, gestão do meio ambiente (GUIMARÃES et al., 2008).

O presente trabalho tem como objetivo efetuar, através de técnicas de geoprocessamento, o levantamento batimétrico da Barragem Saulo Maia, localizada no município de Areia – PB, de forma a gerar dados que sirvam de apoio à gestão deste manancial por parte do Governo do Estado da Paraíba, principalmente à Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba – AESA, para auxiliar nas tomadas de decisões e facilitar o gerenciamento e utilização racional deste reservatório.

### Material e Métodos

A bacia hidrográfica da Barragem Saulo Maia (Figura 1), localiza-se na mesorregião do Agreste Paraibano e na microrregião do brejo Paraibano, e está inserida entre as coordenadas geográficas  $06^{\circ}56'49.59''$  e  $06^{\circ}54'53.27''$  de latitude Sul, e os meridianos  $35^{\circ}41'8.62'$  e  $35^{\circ}40'11.96''$  de longitude Oeste. O Relevo caracteriza-se como ondulado (com declives 8 a 20%) a fortemente ondulados (de 20 a 45%) (BRASIL, 1972).

O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é “As” – quente e úmido com chuvas de outono e inverno (PARAÍBA, 1985). A precipitação média anual é de 1400 mm, com chuvas concentradas nos meses de maio a agosto e temperaturas que variam de 18 a 26°C.

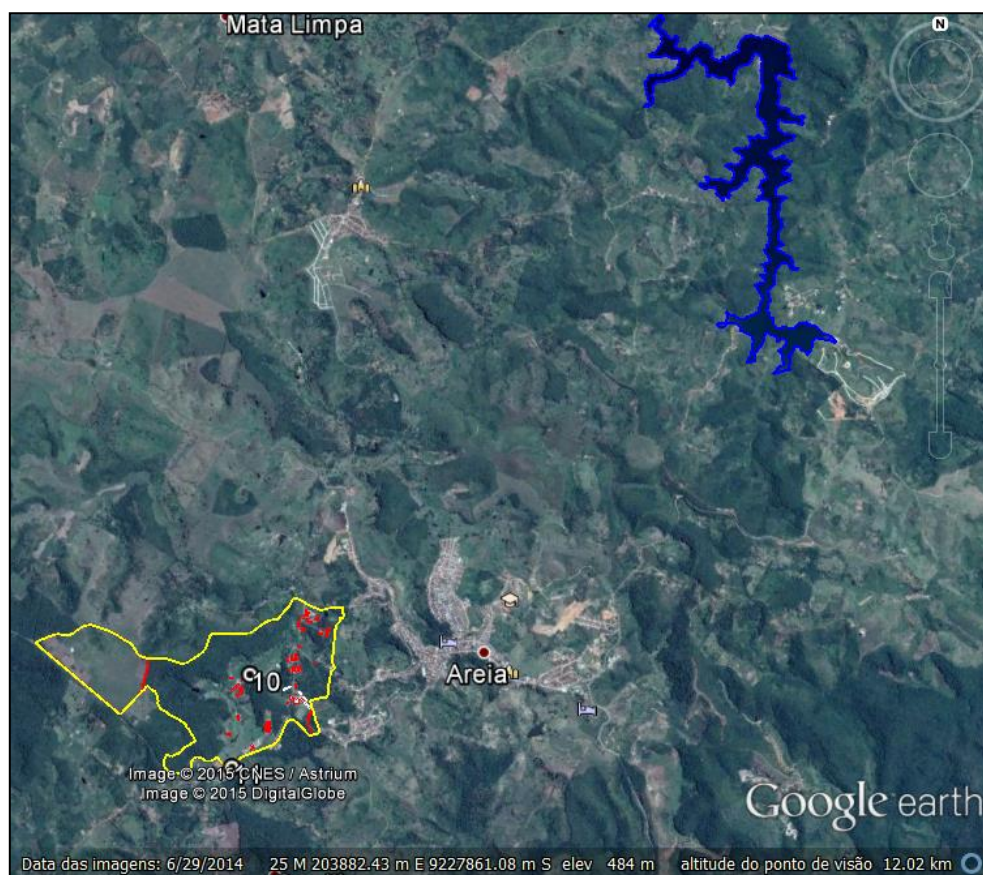


Figura 2. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de GoogleEarth (2015).

### Levantamento da área molhada

Para realização do levantamento batimétrico automatizado da área molhada da bacia hidráulica da Barragem Saulo Maia foram necessárias as seguintes providências e materiais:

- Instalação de réguas linimétricas na Barragem Saulo Maia para acompanhamento do seu nível d'água;
- Um par de GPS modelo Trimble R4 (L1/L2), para levantamento das coordenadas (x,y) dos pontos de contorno de ilhas, margem do açude e seções batimétricas;
- Barco de alumínio, com capacidade para quatro pessoas e equipamentos necessários;
- Ecobatímetro de feixe único, modelo OHMEX e um transdutor, para levantamento das profundidades ao longo das diversas seções batimétricas;
- Armazenamento e junção dos dados de posição (x,y) com os dados de profundidades para gerar o posicionamento tridimensional (x,y,z);
- Software para planejamento e execução dos dados do levantamento GPS (Autocad Vs. 2000 e GPS Trackmaker vs. 13,8);
- Software pós-processamento dos dados do levantamento GPS (TBC vs 2.7.0); Software para processamento dos dados de profundidade (SonarLite vs. 2000);
- Software para geração do Modelo Digital do Terreno a partir dos dados batimétricos (SURFER vs. 9.0), para realizar consistência e interpolação dos dados, pois o resultado do processo de interpolação é o modelo tridimensional do reservatório de onde se extrai outras informações como capacidade, perímetro, mapa batimétrico e tabela cota versus área versus volume.

### Metodologias de levantamento

Em um levantamento batimétrico automatizado requer atividades de escritório e atividades de campo. Nas atividades de escritório são desenvolvidos trabalhos de planejamento de linhas batimétricas a serem levantadas, análise e processamento dos dados coletados no reservatório.

As atividades de campo estão condicionadas a instalação dos equipamentos para obtenção do nível da água, levantamento planimétrico do contorno do açude e aquisição dos dados de posição e profundidade.

### Planejamento das linhas batimétricas

Consiste na definição do espaçamento e posicionamento das seções batimétricas sobre o espelho da água do açude. Para o distanciamento entre as seções batimétricas, utilizou-se a metodologia adotada por CARVALHO (2000), onde o reservatório é classificado pela sua capacidade de acumulação de água (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação de reservatórios pela capacidade

Tipo do reservatório	Capacidade ( $10^6 \text{ m}^3$ )	Levantamento
Pequeno	< 10	Cada 2 anos
Médio	10 a 100	Cada 5 anos
Grande	> 100	Cada 10 anos

Fonte: Carvalho (2000).

Posteriormente, relaciona-se o tipo de reservatório às distâncias entre seções batimétricas (Tabela 2).

Tabela 2. Distanciamento entre seções batimétricas

Escala do mapa	Distância entre seções (m)	Tipo de reservatório
1 : 2.000	20	Pequeno
1 : 5.000	50	Médio
1 : 10.000	100	Médio a grande
1 : 20.000	200	Grande
1 : 25 000	250	Grande

A orientação ou posicionamento das linhas batimétricas é muito importante para uma melhor distribuição dos pontos levantados em toda bacia hidráulica do reservatório.

Vanoni (1977) apresenta dois modelos de posicionamento de seções batimétricas, sendo um para reservatórios pequenos, e outro para grandes mananciais.

No caso de pequenos reservatórios, as seções batimétricas são traçadas perpendicularmente às linhas base que são posicionadas paralelamente ao leito dos rios do reservatório (Figura 2).

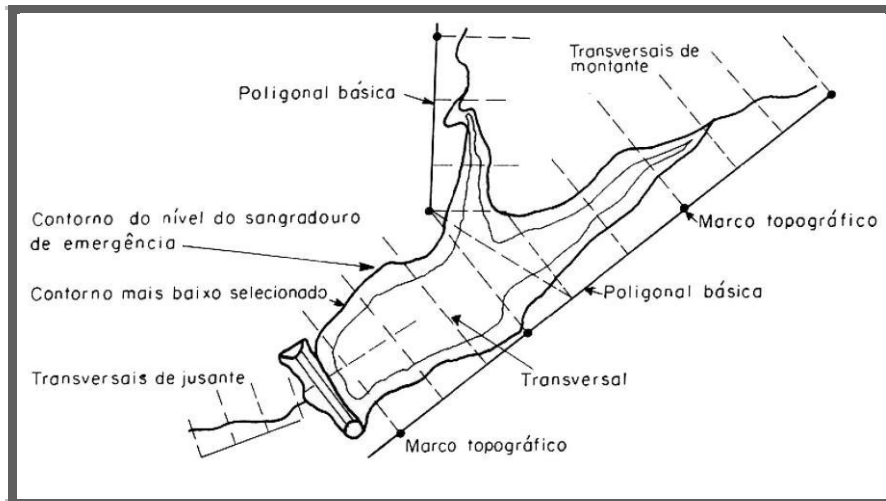


Figura 2. Distribuição das seções no caso de pequeno reservatório. Fonte: Carvalho (2000).

Quando se trata de grandes reservatórios, abandona-se as poligonais bases e as seções batimétricas são posicionadas perpendicularmente ao leito dos rios (Figura 3).

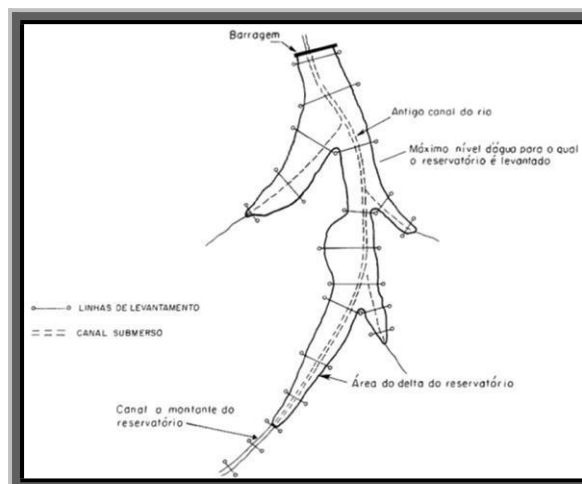


Figura 3. Distribuição das seções no caso de grande reservatório. Fonte: Carvalho (2000).

A disposição das seções batimétricas para a Barragem Saulo Maia seguiu a orientação dos dois modelos supracitados, cujo resultado é mostrado na Figura 4. As linhas batimétricas têm outra finalidade relevante que é guiar todo levantamento de pontos de profundidades, funcionando como estradas fictícias para o percurso do barco.



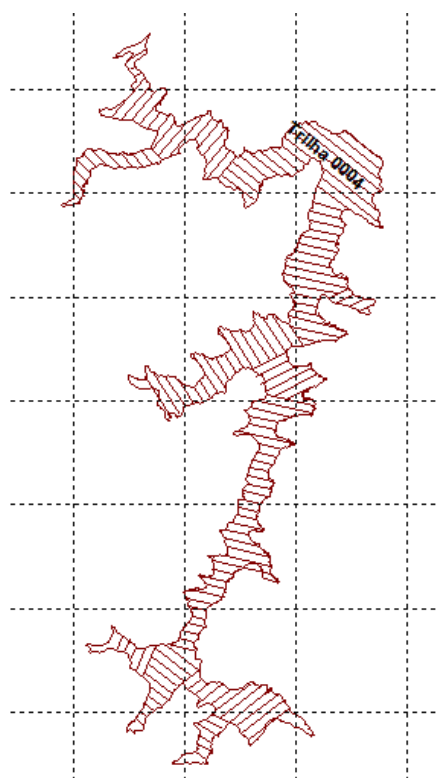


Figura 4. Distribuição das Linhas Batimétricas da Barragem Saulo Maia.

### Resultados e Discussão

O levantamento batimétrico da Barragem Saulo Maia foi realizado com um total de 37.430 pontos com profundidade e localização conhecidos, com precisão submétrica. Após os trabalhos de campo (Figura 5) foram feitos os trabalhos de escritório em que todos os dados foram revisados, corrigidos, interpolados (método de interpolação krigagem em uma grade de 1x1), e processados até que os resultados fossem definidos. O resultado do contorno minucioso feito no software gratuito Google Earth pode ser visualizado através do mapa (Figura 6) que mostra toda a extensão da barragem.



Figura 5. Barco equipado com GPS de precisão e Ecobatímetro para realização dos trabalhos de campo.



Figura 6. Contorno da Barragem Saulo Maia elaborado no software Google Earth.

A barragem Saulo Maia, localizado no município de Areia – PB, tomando como referência a cota de sangria (nível da água) de 418 metros, apresentou os seguintes dados técnicos, como resultado do levantamento batimétrico automatizado:

- Perímetro do reservatório: 21.300 m;
- Área máxima da barragem de 991.902,92 m<sup>2</sup>
- Volume máximo: 9.833.615,64 m<sup>3</sup>;
- Profundidade média: 9,58 m;
- Profundidade máxima: 29,71 m.

Como demonstra os resultados, o reservatório estudado apresenta uma capacidade hídrica suficiente para abastecimento da cidade de Areia e municípios circunvizinhos. Cenário que solucionaria o problema de escassez hídrica enfrentado pela região, pois os reservatórios utilizados não estão atendendo a demanda da população. Mesmo assim, a prefeitura não toma as devidas ações da construção da adutora da barragem Saulo Maia.

Para que seja calculado o nível de assoreamento, seria necessário o projeto inicial da barragem construída pela Prefeitura de Areia para que fosse feita a comparação com o estudo atual, visto que os dados visualizados não são confiáveis por terem apresentado um volume bastante diferente do conhecido publicamente (aproximadamente 5.000.000m<sup>3</sup>). Foi solicitada a Prefeitura de Areia no setor de Meio Ambiente, bem como a AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba), ambos não possuem documentos sobre o açude como também não o monitoram.

O projeto base seria de suma importância para que pudesse ser feito o cálculo de assoreamento do manancial como visa o projeto atual, e que assim, pudesse servir de base para vários outros estudos na área. Visto que não foi obtido sucesso, foi realizado a batimetria automatizada no açude para a criação da nova tabela cota *versus* área *versus* volume gerada a cada metro de profundidade (Tabela 3) para que assim, possa ser fiscalizado pelo órgão gestor e futuramente, possa ser feito o cálculo de assoreamento comparando tal projeto com a tabela futura. A utilização de técnicas modernas de geotecnologias (posicionamento por satélite - GPS), sensoriamento remoto, processamento digital de imagens e sistemas de informações geográficas (SIGs) fornecem um alto grau de eficiência e confiabilidade dos resultados.

Tabela 3. Tabela cota x área x volume com grid 1x1

<b>Cota (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
387	670,6	1.381,96
388	1.145,44	2.285,54
389	1.708,46	3.688,06
390	3.173,62	6.036,37
391	6.025,15	10.412,68
392	10.506,54	18.618,76
393	15.889,14	31.726,98
394	23.076,06	50.970,70
395	33.483,57	79.135,62
396	45.769,56	118.602,18
397	61.507,27	171.890,32
398	83.265,18	243.559,55
399	107.513,28	339.036,42
400	132.703,05	458.890,55
401	159.979,11	604.985,41
402	189.380,35	779.445,23
403	220.249,58	984.073,72
404	254.630,49	1.221.177,21
405	292.195,00	1.494.216,71
406	333.918,41	1.807.001,68
407	377.964,50	2.162.564,57
408	429.189,21	2.565.454,51
409	485.563,40	3.022.481,18
410	543.889,19	3.536.982,00
411	603.672,11	4.110.684,16
412	662.979,81	4.744.043,78
413	727.130,87	5.438.806,67
414	795.175,71	6.200.294,35
415	859.265,26	7.029.180,10
416	911.653,16	7.916.926,24
417	958.453,41	8.854.777,20
418	991.902,92	9.833.615,64

O resultado da interpolação dos pontos coletados pode ser visualizado através do mapa de isolinhas de profundidades que mostra a distribuição do relevo submerso (Figura 7), evidenciando as áreas rasas próximas às margens e as áreas mais profundas localizadas perto do barramento do açude. Verifica-se que a profundidade é bastante irregular, sendo o valor máximo (pontual) de 29,7m. Todavia, as profundidades médias são bastante inferiores. Com base nas secções aludidas, a profundidade média do levantamento batimétrico é de aproximadamente 10m.

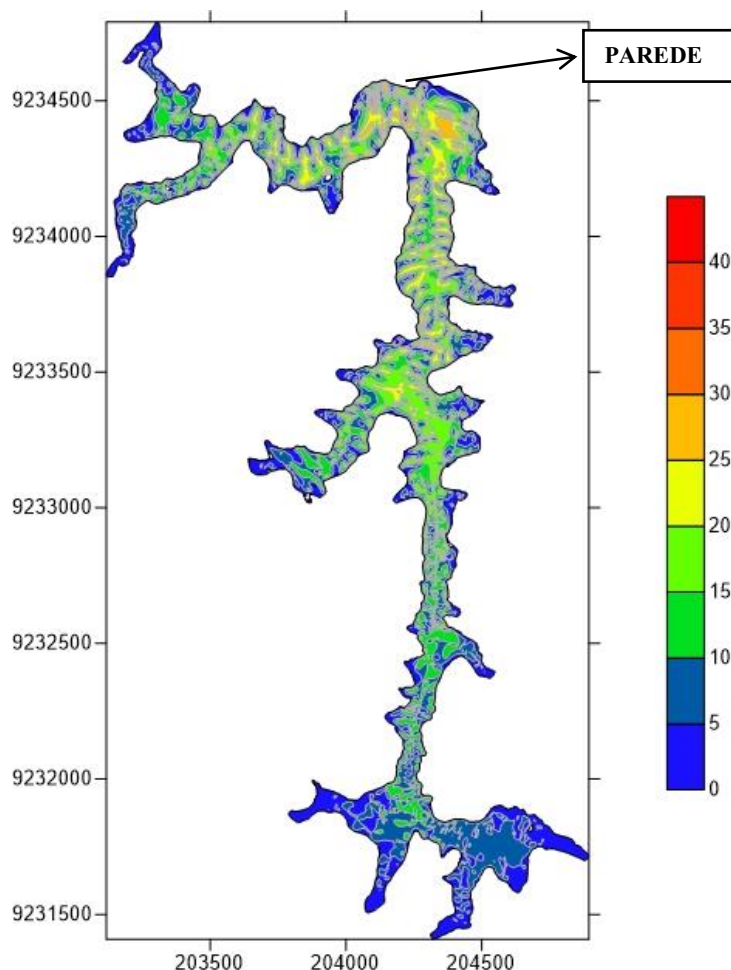


Figura 7. Mapa de isolinhas de profundidades gerado no software Surfer 12, vs demo.

Durante a execução do levantamento batimétrico constatou-se a devastação da mata nativa (Figura 8), fato também observado por outros autores, em que consta que o reservatório Saulo Maia apresenta muitas descontinuidades, sendo margeado principalmente por Vegetação Esparsa, nesse caso gramíneas pouco densas, e que também é possível perceber às suas margens áreas edificadas, nesse caso devido a expansão imobiliária de condomínios de campo no local, dessa forma, a área marginal não obedece ao Art. 3º da referida Lei (nº 12.651/2012) (MARQUES & SILVA, 2014).



Figura 8. Devastação de vegetação nativa nas margens da barragem (imagem obtida durante o levantamento batimétrico em agosto/2015).

Os resultados do presente estudo causaram repercussão no meio da comunicação municipal, estadual e nacional. Foram realizadas entrevistas na rádio local, como também reportagens em páginas de web do estado, foi concedida entrevista ao JPB 2ª edição como também, no jornal de âmbito nacional, Bom dia Brasil.

### Conclusão

O referido trabalho visou à determinação do grau de assoreamento da Barragem Saulo Maia através do uso de geotecnologias, não foi possível mensurar o índice de assoreamento, uma vez que o valor volumétrico encontrado foi aproximadamente o dobro do volume constatado no projeto inicial da barragem, sendo assim, o resultado encontrado resultou em um novo projeto com valores confiáveis para serem utilizados pelo órgão gestor das águas na Paraíba (AESAs) para futuras fiscalizações e assim, possibilitando a oportunidade de vários outros estudos no manancial.

A referida proposta de trabalho teve repercussão municipal, estadual e nacional, pois foi amplamente divulgado em rádios, a partir de entrevistas, bem como em reportagem na TV Paraíba, exibida no dia 16 de outubro de 2015. Já em rede Nacional o referido trabalho teve ampla divulgação no Bom dia Brasil (Rede Globo), exibido no dia 18 de outubro de 2015.

Espera-se por parte dos governantes que seja construída a adutora, desde a barragem Saulo Maia até a população do município de Areia e que o referido manancial passe a fazer parte da rede de monitoramento do Estado da Paraíba.

### Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisa e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Estado da Paraíba. I. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. (Boletim Técnico, 15; SUDENE. Série Pedologia).
- CARVALHO, N. O.; JÚNIOR, N. P. F.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios, Brasília, DF, ANEEL – 2000.
- CORRÊA FILHO, C. R. R.; ALBERTIN, L. L.; MAUAD, F. F. Determinação dos polinômios cota x área x volume utilizando a sonda acoustic doppler profiler (ADP) no reservatório de Barra Bonita – SP. Revista Minerva: Pesquisa e Tecnologia, v.2, n.1, 2005.
- DREW, D. Processos interativos homem-meio ambiente. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 158, p.92-94, 1998.
- GUIMARÃES, C. L.; NETO, J. M. M. SOUSA, R. F. Uso de geotecnologias para análise da bacia hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves, município de Itaporanga-PB. Engenharia Ambiental- Espírito Santo do Pinhal, v.5, n.1, p.065-076, 2008.
- PARAÍBA. Secretaria da Educação. Universidade Federal da Paraíba. Atlas Geográfico da Paraíba. João Pessoa: GRAFSET, 1985.
- SILVA, B.T., SILVINO, G.S., FARIAS, A.A. Uso de Geotecnologias no Estudo do Assoreamento do Açude de Vaca Brava – PB. Revista Mult. Psic., v.11, n.37., 2017.
- SIRIGATE, P. Gestão da qualidade ambiental da água de mananciais de abastecimento público como estratégia de redução de custos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 25, 2005, Porto Alegre. ENEGEP 2005. Porto Alegre: Abepro, 2005. p.5288-5294.
- MARQUES, A. de L.; SILVA, J. B. da. Análise da área de preservação permanente no entorno dos reservatórios artificiais de água do município de Areia – PB. In: I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, 2014, Anais...Campina Grande, 2014.
- MIRANDA, R. B.; SCARPINELA, G. A.; MAUAD, F. F. Influência do assoreamento na capacidade de armazenamento do reservatório da usina hidrelétrica de Três Irmãos (SP/BRASIL). Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 34:69-79, 2013.
- VANONI, V. A. Sedimentation Engineering. ASCE, American Society of Civil Engineers. New York, NY. p.743, 1977.

## ***Água de chuva no semiárido Nordeste: Significação social, simbologias e práticas sociais sustentáveis***

<sup>1</sup>Ângela Maria Cavalcanti Ramalho

<sup>2</sup>Gesinaldo Ataíde Cândido

<sup>3</sup>Sandra Sereide Ferreira da Silva

<sup>4</sup>Rafaela Fernandes Dias

<sup>1</sup>Professora do Mestrado em Desenvolvimento Regional – UEPB, angelamcramalho@gmail.com

<sup>2</sup>Professor do Doutorado em Recursos Naturais – UFCG, gacandido@uol.com.br

<sup>3</sup>Doutora em Recursos Naturais – UFCG, sandrasereide@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Mestranda em Desenvolvimento Regional-UEPB, rafafernandiasadm@gmail.com

### **Introdução**

O semiárido Nordeste configura um cenário marcado por escassez hídrica, o que torna cada vez mais evidente a necessidade de buscar múltiplas alternativas e estratégias para garantir o acesso à água as comunidades, através de novas tecnologias sociais para captar e armazenar água no período de estiagem, o que caracteriza um grande desafio e luta na busca do protagonismo e autonomia dos atores sociais no semiárido, através da mobilização social, direito social, da gestão compartilhada e desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, o ideário da autonomia sinaliza para novas práticas políticas que pode ser expressa na capacidade de análise da realidade e politização, através de instrumentos que possibilite o homem construir história própria, a partir de processos da formação de uma consciência cidadã coletiva.

Mediante esse enfoque, é preciso lançar luzes que possibilitem ampliar os olhares para a dinâmica social organizativa, sistematizando novas formas de conceber o semiárido a partir da lente da perspectiva do desenvolvimento social, capaz de potencializar tanto a capacidade humana como a melhoria da qualidade de vida. A partir de uma racionalidade ética, com valores, que influenciem as práticas sociais, ambientais e políticas adotadas.

Assim, o homem do semiárido, na luta diária pela sobrevivência, é portador de um amplo saber adquirido através da contemplação e valorização da natureza. Aprendeu a arte de conviver com o meio ambiente observando os ciclos das chuvas, contemplando a natureza: as plantas, os animais e as características do clima e do solo, cristalizando uma significação social com valores e simbologias que são compartilhados coletivamente.

O nordestino consome a água para dar sentido ao que está em torno dele, a terra árida, a vegetação, a cultura, a religiosidade, a coletividade a falta de chuva, a fome e a capacidade de resiliência e convivência com a seca. Por isso, o cenário é marcado na memória cultural dos atores sociais, pois quando a chuva chega “no sertão” muda a paisagem cinza da caatinga e passa a ser um lugar de fartura, felicidade e esperança renovada. Pois toda ação humana tem um fundamento que é o sonho de uma vida melhor, por isso o ser humano entra na eferescência de desejos e utopia.

Neste sentido, a dimensão da cultural leva a valorização dos saberes da população local sobre o meio em que vive em observância para as suas potencialidades e especificidades. Ou seja, o fator cultural no que tange à formação de uma consciência sobre a valorização da água no semiárido é expressa ao significar a realidade, a exemplo das cisternas de placas, não só pelo fato de armazenar água para a família consumir, mais principalmente, por ser um valioso mecanismo que faz renascer a esperança de uma vida melhor. Para tanto, é necessário que os atores sociais tenham seus direitos afirmados através das conquistas sociais, além da responsabilidade no saber cuidar. Esses direitos sociais precisam ser ampliados através da formulação de políticas públicas que conduzam efetivamente a solução dos problemas, como ponto de partida para democratizar o planejamento e a governança da água.

Face esse enfoque, o pertencimento e a identidade do homem do semiárido nordestino com os recursos naturais, principalmente a água, passa a ser vista como uma forma de sobrevivência dos diversos territórios, produzindo em cada espaço novos sentidos que são incorporados à subjetividade

incluindo as emoções, os sentimentos e a satisfação pessoal como um produto humano, portanto, um artefato.

Sob esta perspectiva, o estudo ora sistematizado diz respeito à produção de significados socialmente partilhados coletivamente sobre a água. Este fenômeno em que há, não só a produção de um bem simbólico, mas também sua disseminação e consumo, que implica na sua própria reprodução, já que a dimensão espacial é dinâmica em sua recontextualização. Os teóricos Douglas e Isherwood (2006) assinalam que o fato de estudar os significados do consumo, quer dizer, portanto, pesquisar os processos subjetivos que estão por trás do comportamento de consumo. Esses significados se formam a partir do saber socialmente compartilhado, ligando o sujeito e objeto, na perspectiva das representações sociais.

Assim, a significação social influencia na preferência, no comportamento e nas escolhas do consumidor por um determinado produto. Quando se intenciona analisar os significados atribuídos a um determinado produto, faz-se necessário entender que eles influenciam diretamente no comportamento do consumidor, considerando que esses elementos vão trazer um retorno individual, por isso tem um viés subjetivo.

A partir do contexto, assinala-se que a água, enquanto recurso natural escasso no semiárido, é uma construção cultural que circunscreve relações de integração, identifica os grupos sociais, estendendo sua lógica a esferas como cidadania, religião e política, sendo também um canal de politização para ações e práticas sustentáveis. Pois “[...] o significado é uma combinação de percepções que possibilita ao ser humano categorizar experiências dentro de seu modo de encarar a realidade conferindo-lhes sentido” (BECKER, 1962; e LEVY, 1963 *apud* WOLF, 2002, p.87).

A partir dos recortes tecidos, toma-se como parâmetro de análise a significação social da água, como expressão de identidade social que vai além do caráter utilitário, ou seja, a água não é apenas um recurso natural essencial para todas as formas de vida e para a promoção do desenvolvimento, a água assume significados culturais múltiplos que atravessam gerações. Neste viés, a água se apresenta como uma nova vertente de discussão do debate acadêmico na literatura da sociologia cultural.

Diante desse contexto, a água adquiriu um caráter eminentemente social e cultural, com uma dimensão que a relaciona com questões que os seres humanos possam se fazer, com a natureza da realidade e com o verdadeiro propósito da existência - “ser e saber” (CAMPBELL, 2006, p. 48). Portanto, a água para o homem do semiárido, com base na argumentação de Canclini (2005), é de uma irracionalidade sociopolítica interativa e se manifesta no consumo, a atividade de consumir é vista não apenas através da questão individual da posse de objetos isolados, mais também como apropriação coletiva de bens que, além de proporcionar satisfações biológicas e simbólicas, também enviam e recebem mensagens culturais.

A partir da perspectiva elucidada, é possível seguir o entendimento de que a água e seu consumo é ao mesmo tempo um processo social que diz respeito a múltiplas formas de provisão de bens e serviços com diferentes formas de acesso, “[...] um mecanismo social percebido [...] como produtor de sentido e de identidade, independentemente da aquisição de um bem; uma estratégia utilizada no cotidiano pelos mais diferentes grupos sociais para definir diversas situações em termos de direitos, estilo de vida e identidade; é uma categoria central na definição da sociedade contemporânea. (BARBOSA & CAMPBELL, 2006, p. 26).

Os bens de consumo têm uma significação que ultrapassa seu caráter utilitário e seu valor comercial, e consiste, especialmente, em sua habilidade em comunicar significados culturais. Este significado, no entanto, se encontra sempre em movimento, fluindo pelo mundo social, influenciando e sendo influenciado pela prática individual e coletiva dos atores sociais. O significado transita, assim, entre três espaços principais - o mundo da cultura, o próprio bem de consumo e o consumidor individual - num processo que se dá em dois movimentos: do mundo para o bem e do bem para o indivíduo (MCCRACKEN, 2003).

Os bens são também meios de interação social, reafirmando o papel de comunicador de categorias culturais e valores sociais que eles assumem ao tornarem tangíveis e visíveis significados sociais importantes para a conformação e para a identidade dos grupos. Os bens, assim, necessários não apenas para a subsistência e outras funções utilitárias, mas também para produzir e ajudar a manter relações sociais, pois se estabelecem como centrais para o consumo (DOUGLAS & ISHERWOOD, 2004).

Os elementos culturais traçam os caminhos dos significados, pois representam as distinções básicas pelas quais se classifica o mundo sensível, destacando-se entre elas as distinções de classe, *status*, gênero, idade e ocupação. Essas categorias são constantemente substanciadas nas práticas 102

humanas, sendo uma das principais formas através das quais se dá esse processo, pelos objetos materiais: os objetos são criados conforme as determinações de uma cultura, conferindo-lhe substância e contribuindo para a constituição do mundo cultural, uma vez que é um registro vital e visível de um sentido que seria de outra forma, intangível (GUERRA, 2010).

Sublinha-se também que “os bens integram o mundo culturalmente constituídos ao mesmo tempo como objeto dele como sua objetivação. Em resumo, os bens são simultaneamente as criaturas e os criadores do mundo culturalmente constituído” (MCCRACKEN, 2003, p.105-106).

Neste sentido, pode-se dizer que, os princípios culturais são as ideias que orientam o pensamento e a ação dos seres humanos no mundo, se expressando em cada aspecto da vida social, inclusive em seu aspecto material – os bens. Partindo do pressuposto, assinala-se que os princípios culturais do homem do semiárido orientam seu pensamento e suas ações, na relação com a água como um recurso natural capaz de comunicar os significados culturais expressos no imaginário social, através das canções, memória e cultura popular.

Nessa perspectiva, diversas relações sociais são mediadas pela água e sua significação, apresenta-se também como espaços de cidadania, conquistas, protagonismos, soberania e participação social que se processa por meio de práticas políticas na esfera de direitos sociais como habitação, saúde, educação e outros bens.

Ser cidadão, não tem a ver apenas com os direitos reconhecidos pelos aparelhos estatais para os que nasceram em um território, mas também, com as práticas sociais e culturais que dão sentido de pertencimento, e fazem que, se sintam diferentes os que possuem uma mesma língua, formas semelhantes de organização e de satisfação das necessidades (CANCLINI, 2005, p. 35).

Sendo assim, à produção de significados socialmente partilhados coletivamente sobre a água no semiárido é um fenômeno em que há não só a produção de um bem simbólico, mais também sua disseminação e consumo, que implica na sua própria reprodução. A região semiárida nordestina compõe um sítio simbólico de pertencimento, marcada por regiões afetadas por dificuldades e mazelas sociais como a desigualdade social, e ambiental a escassez de água, o que lhe imprime uma identidade própria e singularidade que a diferencia de outras regiões do País.

No semiárido, a água tem como principal função cultural dar sentido ao mundo, as estruturas culturais e relações sociais, que ordenam a realidade, sendo capaz de criar condições tanto, para resistir a escassez, desastres e riscos, como para conviver e permanecer na terra, também estabelecer critérios e distinções que sinalizam para capacidade de organização e mobilização diante das adversidades. Portanto, a água tem uma força simbólica enquanto instrumento de superação das dificuldades enfrentadas, além da utopia como representação da realidade social, ou seja, para pensar a realidade social sob outro ponto de vista que não seja apenas a perspectiva objetiva no sentido econômico ou político. Mais a utopia como elemento constituinte de uma construção histórica e subjetiva de uma dada realidade caracterizando-se assim como uma forma de representação social significativa (ARAÚJO, 2009).

Mediante o contexto, este estudo tem como objetivo compreender a significação social da água, simbologia e práticas sustentáveis para o homem do semiárido Nordeste, considerando-se a relação que o sujeito estabelece com o recurso natural e o meio ambiente. No caso do estudo, a significação da água para os atores sociais do semiárido, faz-se necessário atentar para os processos e as dimensões da significação, além dos rituais do consumo que aparecem como instrumentos de movimento dos significados culturais, pois são transferidos do bem - água para as vidas dos indivíduos por meio de rituais.

### **Água, Significação Social e Pertencimento**

Muitos são os entrelaçamentos que permeiam as relações do homem do semiárido com a água. Como recurso natural, insere-se na sua cotidianidade em interface com as questões como: sobrevivência, subsistência material como trabalho e roçado, por isso celebra a colheita. A água significa vida, abundância, alimentação e subsistência, através da venda do excedente quando acontece o inverno regular. E dentre os entrelaçamentos envolvidos na relação homem com a natureza, estabelece uma ética biocêntrica, tendo a água como vida, levando em conta a vulnerabilidade da natureza e as gerações



futuras, para que tenham o mesmo direito de usufruir dos recursos naturais como a água, a flora, a fauna e a terra como local de vida/moradia e não apenas de trabalho.

Evidencia-se ainda, que o uso e a coleta da água no semiárido, é também um espaço de sociabilidade e interação social, ao fortalecer as relações entre os atores sociais, além evidentemente de fortalecer a participação nas suas comunidades.

Diante dos elementos apresentados, elucida-se que a água para a população do semiárido envolve diversos aspectos da vida, pois a realidade mostra os desafios enfrentados pelo homem do semiárido na luta cotidiana pela sobrevivência, ao mesmo tempo em que retrata uma relação de afetividade com a água. Por isso, torna-se pertinente conhecer as simbologias e as práticas culturais enraizadas nas comunidades.

Os significados envolvidos são partilhados coletivamente, as formas de consumo são culturalmente específicas, ou seja, acontecem em relação a modos de vida específicos e significativos, sendo através do consumo da água de suas formas culturalmente específicas que as relações sociais e a sociedade são produzidas e reproduzidas. Esta significação consiste em sua habilidade em carregar e comunicar significado cultural. Pois segundo Geertz (1989), a cultura é como uma teia de significados construída pelos próprios homens.

Os processos de representação e expressão de identidades pessoais e sociais, de satisfação e significado, vão além do seu caráter utilitário e de suprimentos de necessidades, por comunicar significados culturais múltiplos (DOUGLAS & ISHERWOOD, 2006). Assim, observa-se que “o significado está nas ideias ou valores que determinam como os fenômenos culturais são organizados, avaliados e interpretados”.

Nessa perspectiva, a valoração da água da chuva para o homem nordestino, indica que sua dinâmica deve ser entendida dentro de uma racionalidade mais ampla que considera os significados simbólicos a partir da interação social que os indivíduos estabelecem com os outros e com o contexto social em que estão inseridos. Neste sentido, é possível ampliar o enfoque assinalando que, quando não se tem a água para fertilizar o solo e a vida dos agricultores e moradores do semiárido, tem-se uma espécie de “força que nunca seca” para água que é tão pouca, incluindo as emoções e os sentimentos.

Castree e Braum (1998) analisam que a água e o seu acesso, têm significados diferentes para quem utiliza o recurso. Para os engenheiros e técnicos, o problema de acesso à água, se resolve unicamente através da melhoria na infraestrutura em trazer água e saneamento às moradias, para os indivíduos em muitas comunidades, a coleta da água faz parte das suas relações sociais, que ocorrem em relações de troca e apoio mútuo entre as pessoas. Na visão de Page (2005), o significado da água vai muito além do seu entendimento a partir de conhecimentos de engenharia, e se torna um espelho das relações entre sociedade e a natureza.

A relação entre as características físicas da água e as atividades ligadas ao seu acesso, fazem parte de relações sociais e econômicas que constroem o seu significado. Neste caso, quando a água é canalizada, o seu significado muda, uma vez que, ela servirá a determinados fins de acordo com certas visões de como a água deveria ser utilizada, com isso, as transformações físicas da água e o seu significado social são criados em função um do outro (SWYNGEDOUW et al., 2002).

Strang (2004) e Page (2005) assinalam que, o fornecimento e o acesso à água vão além de questões de infraestrutura, mercado e instituições formais, mas também envolvem relações sociais que ocorrem principalmente através de práticas culturais que surgem durante os processos de obtenção e uso da água. Na visão de Empinotti (2007) a significado social da água, não é apenas o de saciar a sede das pessoas, e se transforma em práticas sociais, mais promover a construção de uma rede de relações, que irá influenciar as dinâmicas de acesso a outros recursos, não só naturais, como também políticos.

Nesse sentido, é pertinente elucidar que, o uso da água é acompanhado por relações sociais capazes de criar espaços públicos de politização e ambientalização, para que as pessoas vivenciem e compartilhem em grupos a responsabilidade ética e político social, para que possam estabelecer uma relação profícua com o meio ambiente tendo em vista à sustentabilidade.

## **Material e Métodos**

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa foi do tipo etnográfica buscando descrever e interpretar a significação social e valores da água para homem do semiárido; o texto etnográfico reflete sobre significação e representações. A etnografia apresenta-se como uma forma específica de construção de uma narrativa sobre o grupo social pesquisado. Praticar etnografia não é somente estabelecer relações, mas selecionar informantes, transcrever textos, levantar genealogias, 104

mapear campos, manter um diário “o que define é o tipo de esforço intelectual que ele representa: um risco elaborado para uma “descrição densa” (GEERTZ, 1989, p.15).

Quanto à abordagem analítica dos dados, esta é de natureza qualitativa, o que permite analisar mais amplamente o fenômeno que envolve a relação ator social e água, fomentando uma reflexão na perspectiva de gerar novos delineamentos no tocante as práticas sociais sustentáveis dos atores sociais. Para tanto, foi utilizado como instrumentos de pesquisa à observação participante, entrevistas semiestruturadas e a memória cultural para registrar e preservar muitas informações relevantes sobre os cenários.

Dentro de um universo de discussões sobre a realidade observada no semiárido nordestino, optou-se por discutir a memória sob o prisma do acervo cultural, quer seja de natureza material ou imaterial. Entendendo que, a questão da memória coletiva só se viabiliza nos processos sociais de transferência da informação, em que se utilizam artefatos, monumentos/documentos (LEGOFF, 2003) como instrumentos de representação social, construção de identidades culturais e emancipação da cidadania.

A memória, é vista como a capacidade de armazenar determinadas informações, quer por um indivíduo, quer por um grupo, ou por uma comunidade (LEGOFF, 2003). Portanto, esta memória foi e será construída a partir do imaginário popular, nas poesias e mesmo nas músicas de importantes interpretes que cantam e decantam o Nordeste.

O lócus social da pesquisa foi o município de Monteiro – PB, foram pesquisadas as comunidades rurais Riacho Verde, (seis famílias) e Mulungu (cinco famílias). Total de atores pesquisados 11 (sendo 6 da faixa etária de 18 a 25 anos e 5 atores da faixa etária de 40 a 70 anos), também foi utilizado a observação participante. Com os atores de faixa etária de 18 a 25 anos foram aplicadas entrevistas semiestruturadas, - na faixa etária de 40 a 60 anos – história de vida e memória cultural - valores culturais e sociais.

Nos dois contextos observados os indivíduos na faixa etária de 40 a 70 expressam maior memória da significação da água nas músicas, poemas e na literatura popular (Cordel), expressando o amor e o respeito pela água e seus efeitos de longo alcance para a saúde pessoal e do planeta.

Tendo em vista o objetivo de estudo que é compreender a significação social da água para o homem do semiárido, considera-se relevante fazer um recorte da caracterização do lócus social da pesquisa, levando em consideração as especificidades, ou seja, pouca precipitação de chuvas anuais.

#### *O Cenário da Pesquisa – Semiárido Nordeste*

O Nordeste brasileiro mais especificamente na região semiárida a pluviosidade média varia entre 300 e 800 mm/ano. Valores médios anuais com um regime de chuvas muito irregular, podendo ocorrer num só mês ou se distribuir de forma irregular - tanto no espaço como no tempo - de três a cinco meses do período chuvoso dos anos normais. Portanto, o que realmente caracteriza uma seca não é o baixo volume de chuvas caídas e sim a sua distribuição no tempo (REBOUÇAS, 2000).

Diante do fenômeno, a água no semiárido passou a ser um elemento escasso, o que demanda um papel fundamental do processo de intervenção das políticas públicas. Apesar de as zonas de "stress" hídrico terem vantagens no tocante à formação de pasto e proteção sanitária, apresentam desvantagem acentuada, no que diz respeito ao uso da terra para a agricultura. Portanto, otimizar a utilização da água existente passou a ser um elemento de grande preocupação social e ambiental.

O semiárido tem a maior parte do seu território coberto pela Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, rico em espécies endêmicas, apresentando grande variedade de paisagens, de espécies animal e vegetal, nativas e adaptadas, com alto potencial e que garantem a sobrevivência das famílias agricultoras da região (Fundação Joaquim Nabuco, 2005). A caatinga é considerada por estudiosos como o bioma brasileiro mais sensível à interferência humana e às mudanças climáticas. Outra característica do semiárido é o déficit hídrico, embora isso não significa falta de água. Além do mais, a quantidade de chuva é menor do que o índice de evaporação, que é de 3.000mm/ano (MALVEZZI, 2007). Isto significa que a evaporação é três vezes maior do que a de chuva que cai.

A região é caracterizada como a zona de incidência das secas, o chamado Polígono das Secas (936.993km<sup>2</sup>), delimitado na Lei 175 de janeiro de 1936 – como área a ser objeto das políticas de combate às secas. O Polígono foi alvo de várias modificações, tendo sido, inclusive, inserido na Constituição Federal de 1946. Atualmente, o Polígono foi substituído pela Região Semiárida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (MMA, 2004). O Ministério da Integração Nacional BRASIL (2000 - 2007) redefiniu os limites da região semiárida do Nordeste.

Ademais, as condições físico-climáticas que predominam no semiárido, dificultam à vida dos milhares de cidadãos que ali residem e tem culturalmente uma identidade e significado do ser nordestino, mesmo em meio a tantas adversidades, tanto naturais, quanto sociais e políticas (ROCHA, 2010). O clima da porção semiárida é caracterizado por um regime de chuvas fortemente concentrado em quatro meses (fevereiro-maio) e uma grande variabilidade interanual. As fortes secas que flagelam a região, sempre moldaram o comportamento das populações e foram preponderantes para a formulação de políticas públicas regionais (CIRILO et al., 2010, p.82).

Destarte, é importante compreender que a problemática social no Nordeste, em particular, não é apenas a água, mais a gestão dos recursos naturais em ênfase à água, a partir de um padrão cultural que torne mais eficiente as instituições públicas envolvidas na gestão da água. Sem, no entanto, responsabilizar a baixa pluviometria e distribuição das chuvas pelo amplo cenário de flagelo e pobreza da população, em especial a rural. Em destaque, para o fato de que, o estado da arte não é caracterizado apenas por questões edafoclimáticas, mais, sobretudo, pelo *déficit* de políticas públicas inclusivas capazes de reduzir as desigualdades regionais, é uma tarefa para políticos e governantes.

Na região semiárida, no período de estiagem denominado de “estação seca anual”, a vegetação praticamente desaparece, as arbustivas perenes perdem as folhas e temperaturas variando entre 23°C a 27°C, chegando à temperatura do solo a atingir 60°C (MENDES, 1987). No que se diz respeito ao acesso à água, com as chuvas irregulares provocando escassez da água a população busca o acesso em açudes, barragens e reservatórios, além de contar com a iniciativa do poder público no fornecimento de água através de carros pipas, como medidas emergenciais utilizadas para mitigar os efeitos da seca. Contudo, o abastecimento não é suficiente para atender as demandas, tão pouco fornecer uma água tratada diante das condições de infraestrutura da população.

A partir de 2003, o “Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Programa Um Milhão de Cisternas Rurais” implementado a partir da mobilização de centenas de organizações sociais ligadas à ASA (Articulação no Semiárido), foi iniciado o programa que até o ano de 2011 já beneficiou muitas famílias. No lócus social em estudo, a cisterna de placa tem demonstrado bastante eficácia no objetivo de armazenamento de água para consumo humano.

O Programa Um Milhão de Cisternas se apresenta para muitas famílias do semiárido, como uma alternativa para convivência com a aridez nordestina. Além da possibilidade de se ter água de boa qualidade para o consumo humano durante quase o ano todo, pode-se afirmar que é uma iniciativa da sociedade civil organizada que chamou para discussão o poder público, para que a situação das famílias do semiárido nordestino fosse encarada de forma diferenciada, demandando políticas públicas.

#### *Caracterização do lócus da pesquisa: Cariri Ocidental Paraibano*

A microrregião do Cariri Ocidental ocupa uma área de 7.158 km<sup>2</sup>. De acordo com a subdivisão geográfica feita pelo IBGE, ela constitui, juntamente com as microrregiões do Seridó paraibano, Seridó Oriental paraibano e Cariri Oriental, a segunda mesorregião do Estado da Paraíba, denominada “Mesorregião da Borborema”. Esta mesorregião, por sua vez, compreende a porção central do Estado, correspondente ao Planalto da Borborema (IBGE, 2017).

O Cariri Paraibano está localizado na porção centro-sul e equivalente a pouco mais de 20% do território do estado. Essa região é composta por 29 municípios, sendo 12 inseridos no Cariri Oriental e 17 no Cariri Ocidental. O clima é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. A precipitação média anual é de 431,8mm (PTDRS, 2010).

Para o desenvolvimento da pesquisa optou-se pelo município de Monteiro, pois é o mais antigo da microrregião, e, todos os outros terem sido antes da emancipação pertencente à Monteiro (RODRIGUEZ, 1999, p. 105). Uma das características da microrregião é o clima semiárido (quente e seco), com precipitações pluviométricas irregulares. Quando acontecem, as chuvas ocorrem no período de dezembro a março, incluindo-se a microrregião, por estes fatores, no polígono das secas do Nordeste brasileiro. A vegetação predominante é a caatinga, típica do sertão semiárido. O solo é pedregoso e com pouco húmus, o que dificulta as práticas agrícolas, predominando o cultivo do milho e do feijão (PTDRS, 2010).

Segundo o Censo realizado em 2016, a cidade de Monteiro possui uma área de 986, 356 km<sup>2</sup>, e é considerada a maior cidade do Estado em termos geográficos, com uma população de 33.294 habitantes e uma densidade demográfica de 31,28 hab/km<sup>2</sup>. Possui uma bacia hidrográfica formada por um rio temporário, o Paraíba, e quatro açudes: Pocinhos, com capacidade para armazenar 5.900.000m<sup>3</sup> de água; Poções, 29.106.000m<sup>3</sup>; São José, 3.000.000m<sup>3</sup>; e Serrote, 3.000.000m<sup>3</sup> (IBGE, 2017).

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET 2017), referente ao período entre 1963 e 2013, a menor temperatura registrada em Monteiro foi de 7,7°C em 28 de julho de 1976, e a maior atingiu 37,6°C em 3 de outubro de 1997. O maior acumulado de chuva em 24 horas foi de 174 mm em 24 de dezembro de 1963. Outros grandes acumulados foram 134,2 mm em 24 de dezembro de 1977, 107 mm em 18 de janeiro de 1965, 104,4 mm e 16 de março de 1967 e 103,4 mm em 13 de maio de 2006. Em um mês, o maior volume de chuva observado foi de 395,9 mm em abril de 1984.

O município de Monteiro está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. Elevações residuais, cristas e/ou outeiros pontuam a linha do horizonte. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino (CPRM, 2005).

## Resultados e Discussão

Nas discussões sistematizadas a seguir, a partir dos resultados (dados coletados) do estudo, tendo como foco a significação social e simbologias da água, é relevante em um primeiro momento assinalar o que caracteriza o valor do signo, que o teórico Jean Baudrillard (2007) aponta como o conjunto de conotações e implicações simbólicas, que estão associadas a um objeto e que agregam outros valores e o valor símbolo – em que o bem cultural, vinculado a rituais ou a atos particulares que ocorrem dentro da sociedade, adquirem diferentes significações.

Sendo assim, é possível entender que a água no semiárido está relacionada ao valor de signo e valor de símbolo, considerando que as práticas são permeadas por uma significação social, a partir das relações sociais que são estabelecidas. Neste sentido, recorremos à ideia de Bourdieu (1989) quando enfatiza que a sociedade se estrutura nas relações de significação e sentido, que constituem a cultura como processo social.

A cultura está relacionada à dimensão simbólica, como também à efeminação dos conflitos sociais: no teatro, na dança, nas artes plásticas, na música, no esporte, observa-se a dramatização simbólica do que acontece na sociedade. Assim, as diversas definições do que é cultura, apresenta um leque cultural dos significados, refletindo sobre os conflitos nos modos de conhecer a vida social. Esta compreensão processual e dialética da cultura é fundamental para a reflexão das relações interculturais.

Por outro lado, é relevante ampliar os olhares para compreender a questão humana e a questão ambiental na região semiárida nas últimas décadas, a partir das dinâmicas organizativas e sociais que configuram novas formas de conceber e desenvolver práticas sustentáveis em torno da água, também da terra, da produção e das demandas que se expressam a partir do significado na convivência com o semiárido.

Assim, a tessitura de um cenário com circunferências culturais a partir do viés da significação social da água, considera-se relevante incluir dados qualitativos com os relatos que expressam os sentimentos e as subjetividades expressas nas falas dos protagonistas, tão fundamentais para perceber a memória e o pensar dos atores sobre a água, através do estudo etnográfico.

Vale trazer os pontos focais dos relatos recortados a partir das entrevistas realizadas nas comunidades em Monteiro – PB. Quando questionamos sobre a significação social da água os atores responderam: [...] a chuva é uma benção de Deus, a água é vida, um dos maiores milagres na terra é a água. Outro ator respondeu: “[...] quando a chuva chega é um sossego dentro do nosso coração vivemos outra vida, com fartura e liberdade. Por isso que a água significa tudo para nós”. Outros atores sociais evidenciam que “[...] a chuva é a maior riqueza que recebemos de Deus, tudo é em abundância quando a chuva chega no sertão. Outro assinala: “[...] precisamos cuidar bem da água dos barreiros, barragens e açudes precisamos dela para viver e permanecer na terra”.

Portanto, é preciso atentar para o fato de que as práticas de consumo sustentável da água demanda uma concepção voltada para a preservação e o cuidado de toda população, haja vista que “a ação social é significativa tanto para aqueles que a praticam quanto para os que a observam: não em si mesma, mas em razão dos mais variados sistemas de significado que os seres humanos utilizam para definir o que significam as coisas e para codificar, organizar e regular sua conduta uns em relação aos outros” (HALL, 1997).

Vale repetir, que as simbologias do homem do semiárido com relação à água agregam valores e diferentes significações fazendo surgir rituais e práticas diferenciadas. Sobre a perspectiva cultural do valor Canclini (2005) assinala quatro tipos de valor (de uso, de troca, valor signo e valor símbolo) que

permite diferenciar o socioeconômico do cultural. Os dois primeiros tipos de valor têm a ver com a materialidade do objeto, com a base material da vida social. Os dois últimos tipos de valor referem-se à cultura e aos processos de significação.

O significado social da água é cantado em verso e prosa a exemplo de Luiz Gonzaga visto como seu maior símbolo cultural quando expressa esse sentimento na música “Asa Branca” e “A volta da Asa Branca”. Na primeira, descreve a terra ressequida “quão fogueira de São João”, enquanto na volta do pássaro, símbolo traz a esperança do homem que havia desertado de sua terra ao olhar o relâmpago e o trovão quer voltar para sua terra. O céu cortado pelos relâmpagos e pelo som do trovão faz o homem perceber que dias melhores virão e ele terá fartura. A relação entre a ausência de chuva durante grande parte do ano com estiagens prolongadas, muda a forma de o homem nordestino expressar sua significação social do mundo em que está inserido.

Os sentimentos e as emoções são também expressos através da literatura de cordel “Meu nome é Nordeste. Tenho seca tenho fome tenho pressa companheiro, eu sou forte e verdadeiro eu tenho nome sou Nordeste. A água aqui vale mais do que ouro, macambira é melhor do que nata, jumento é mais forte que touro” (Poeta Gilson Medeiros).

Assim, ao dar visibilidade às significações sociais da água para o homem do semiárido, a intenção foi estabelecer uma aproximação com esta realidade, com o propósito de investigar os saberes e práticas do cuidado com o meio ambiente, buscando compreender este universo em articulação com a nordestinidade.

Nos pensamentos e nas palavras do mundo que os rodeia, a água está presente na memória, nas emoções, palavras e orações. Para os atores sociais os primeiros sinais de vida surgiram, há milhões de anos atrás, na água, por isso tanto hoje como no passado, dependemos da água tanto para a nossa evolução como para a sobrevivência. Além da utilização mística e empírica da água, ela também norteia a utilização terapêutica, pois a água reflete na alma Nordestina.

Daí depreende-se que, à água é um elemento de importância vital para toda humanidade, pois é caracterizada como um símbolo universal de fertilidade e fecundidade. Na vida do homem nordestino, a água tem uma significação social que vai muito além de um elemento físico-químico, considerando que sua abundância e acesso no ambiente natural permitem que os cidadãos possam projetar um futuro melhor, pois constroem e reconstróem seus modos de vida e suas histórias a partir do universo do chão molhado e o cheiro da água da chuva.

Sendo assim, o homem do semiárido usa os recursos naturais para comunicar-se com o outro e dar sentido e significado ao que está em torno dele, daí a necessidade de se analisar os elementos e valores que contribuem para uma prática culturalmente sustentável.

Evidentemente que a cultura também é uma instância simbólica da produção e reprodução da sociedade, constitutivas das interações cotidianas, à medida que na vida social se desenvolvem processos de significação. Na perspectiva de Canclini (2005) a cultura apresenta-se como processos sociais e parte da dificuldade de falar dela deriva do fato de que se produz, circula e se consome na história social.

Assim, diversos valores culturais foram se construindo ao longo do tempo e das experiências adquiridas por esses cidadãos que desde sempre tiveram que enfrentar longos períodos de escassez da água, foi necessário se adaptarem a um tipo de práticas de consumo e armazenamento da água diferente daqueles que vivem em regiões mais abastadas deste recurso natural. O reaproveitamento da mesma água para mais de uma atividade do lar como, por exemplo, tomar banho dentro de uma grande bacia para que a água ao cair dentro do recipiente possa ser utilizada posteriormente para regar plantas lavar o piso e etc. Leff (2000) entende que esta dinâmica aponta para o início de um processo de construção de uma nova racionalidade ambiental em curso.

Outro aspecto importante da significação social da água no imaginário popular é o fator religioso. Pois, a chuva é vista como uma benção dada por Deus para todo o povo que têm fé e nele confia e crê, tudo fará para ajudar o seu povo fiel. Citamos com exemplos as experiências feitas no dia de São José as novenas, orações e sacrifícios. Seguindo a mesma lógica dos anos em que a chuva não cai, fenômeno entendido como um castigo de Deus pelos pecados cometidos pela população.

Em uma das entrevistas realizadas um ator social enfatizou “com Deus temos tudo e somos tudo, ele nos dá a vida pela água para beber”. Por isso precisamos cuidar bem”. Assinalou em seguida: “O homem criou as cisternas é muito bom, mais Deus criou a chuva melhor ainda, para encher os açudes”. “É muito bom pegar água na cisterna é gostosa e lá também é um espaço de encontro e conversas, ficamos informados de tudo que acontece ao nosso redor”.

Outro ponto de crítica dos entrevistados diz respeito a escassez que nunca caem nas torneiras dos domicílios e má qualidade da água. Pois, segundo os entrevistados não há um sistema de tratamento de água nas cidades, além disso, não há uma conscientização por parte população que mora na cidade que acaba por poluir as fontes de água, também não há interesse por parte dos governantes em orientar as pessoas para práticas de consumo sustentável.

O contexto social revela uma faceta perversa dos espaços sociais marcados por desigualdades sociais, pela fome, pela miséria é preciso libertar-se dos grilhões dos problemas sociais e ambientais, como via para a superação das condições perversas associadas à falta de acesso a água, são múltiplas as alternativas e estratégias possíveis para garantir o acesso democrático à água para toda população do semiárido. A partir da construção de tecnologias sociais para captação e armazenamento da água da chuva surgem as cisternas de placas, que “representam um marco na busca da soberania hídrica e alimentar no semiárido brasileiro”.

Contudo, aos olhos de muitos há esperança em um futuro melhor para a população do semiárido, pois a obra de Transposição do Rio São Francisco promete trazer as águas do velho Chico para abastecer toda a região. “As águas do São Francisco estão com esperança de chegar por aqui esse ano, aqui melhoraria 100%, porque pelo menos água na cidade não vai faltar, penso que não. O São Francisco tem muita água.

Alguns agricultores ainda assinalaram a importância do saber cuidar da natureza, da terra, da água e da produção de forma orgânica e sem agrotóxicos, cuidar com prazer, também é preciso o cuidado com as plantas e os animais, pois para continuar morando e vivendo naquele espaço é preciso ter água, pois é tudo para o agricultor. Na visão de Silva (2006), para que haja a transformação da realidade do semiárido se faz necessária uma nova racionalidade que se constitua em imperativo fundamental para a sustentabilidade do desenvolvimento. Uma racionalidade que seja ética, permeada por valores, teorias e orientações de base ecológica, que influencie nas mudanças comportamentais das pessoas e nas políticas de desenvolvimento adotadas pelos países e em escala mundial.

Assim, ao analisar o semiárido como um sítio simbólico de pertencimento, os valores culturais ganham relevância analítica, o que permitiu observar a densa rede de relações, de mitos, crenças, sentidos e significados e experiências, que ganham materialidade na água. Os valores são de certa forma, cristalizados na água pelos cidadãos. As múltiplas e diversas relações tecidas do homem com a água, expressa uma significância na sua cotidianidade como construção identitária, prazer, fartura e principalmente cidadania.

Portanto, as análises etnográficas sistemáticas revelam os processos e fenômenos que se materializam no semiárido Nordeste, mesmo diante dos desafios que são postos, por um lado à questão hídrica no que diz respeito ao acesso e distribuição adequada da água, por outro as políticas públicas que viabilizem as atividades econômicas necessárias ao seu desenvolvimento social.

A conquista da água é um elemento essencial, que alavanca o processo de construção da segurança hídrica das populações principalmente rurais, possibilitando a reflexão sobre a importância da organização popular e comunitária. As famílias são fortalecidas a partir da mobilização comunitária, com processos individuais e coletivos, que auxiliem na elaboração de um projeto de mudança e de organização comunitária o que resulta em acesso a direitos e políticas públicas.

Evidencia-se que todas as iniciativas desenvolvidas no semiárido, além de muitas outras que se faz necessário ser implementadas, é o intercâmbio de redes de experiências oriundas da criatividade dos agricultores, têm se tornado gradativamente a base para que os agricultores se tornem cada vez mais sujeitos de sua própria história. Pois são capazes de “situar-se a partir de sítios de pertencimento que incluem aspectos relacionados à vida tais como: mitos crenças, experiências memórias, saberes locais, ofícios, histórias, entre outros”.

Portanto, a água no semiárido Nordeste se insere em um universo com um componente afetivo-relacional muito forte, essa relação produz e modifica afetos, tece identidades como também comunidades, subjetividades, tão específicas e fundamentais para entender e conceber o semiárido.

## **Conclusão**

O estudo proporcionou algumas contribuições para a compreensão da significação social, simbologias e práticas sustentáveis da água para o homem do semiárido Nordeste, enquanto prática cultural, além das formas pelas quais os valores e as crenças influenciam mais especificamente o consumo da água no semiárido.

De modo geral, os relatos sugerem elementos de envolvimento e compartilhamento, pois consideram que a água tem uma grande significação, sendo fundamental para a vida como direito humano de todos, e responsabilidade na conservação e preservação, por isso inclui nas suas práticas o cuidar bem da água. Os significado e valores não é condição suficiente para o acesso a água tratada, mas é, sem dúvida, necessária para o envolvimento em processos decisórios, o acesso a recursos e políticas, a organização e participação social, através de um conjunto de iniciativas sobre direitos sociais.

A conquista da água é um elemento essencial, que avança na construção da segurança hídrica das populações que se encontram em áreas de vulnerabilidade e riscos social e ambiental, principalmente as rurais, possibilitando a reflexão sobre a importância da organização popular e comunitária. As famílias são fortalecidas a partir da mobilização comunitária, com processos coletivos, que auxiliem na elaboração de um projeto de mudança e resistência que resulte no acesso políticas hídricas.

Portanto, evidencia-se que todas as iniciativas desenvolvidas no semiárido, além de muitas outras que se faz necessário ser implementadas, através do intercâmbio de redes de experiências oriundas da criatividade dos agricultores, têm se tornado gradativamente a base para que os agricultores se tornem cada vez mais sujeitos de sua própria história.

## Referências

- ARAÚJO, R. B. de. A utopia como representação social da realidade. *Opsis, Catalão*, v.9, n.12, 2009.
- ASA. Articulação no Semiárido Brasileiro. Caminhos para convivência com o semiárido. In: Cartilha da ASA, Brasil. 2008.
- BANCO MUNDIAL. Gerenciamento de recursos hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1998.
- BANCO MUNDIAL. Água, Redução da Pobreza e Desenvolvimento Sustentável. 1. ed. Brasília, 2003.
- BARLOW, M.; CLARKE, T. Ouro Azul: como as grandes corporações estão se apoderando da água doce do nosso planeta? São Paulo: M. Books do Brasil, 2003.
- BARLOW, M. Água Pacto Azul: a crise global da água e a batalha pelo controle da água potável no mundo. São Paulo: M. Books do Brasil, 2009.
- BACHELARD, G. A Água e os Sonhos. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- BLANK, D. M. P.; HOMRICH, I.da G. N.; ASSIS, S. V. de. O gerenciamento dos recursos hídricos à luz do Eco desenvolvimento. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v.20, p.53, 2008.
- BRUNI, J. C. A água e a vida. *Tempo Social. Revista Sociologia*, 1994.
- CANCLINI, N. G. Consumidores e Cidadãos: conflitos multiculturais da globalização.
- CASTREE, N.; B. BRAUM. The Construction of Nature and the Nature of Construction: analytical and political tools for building survivable futures. In: N. CASTREE, B. BRAUM. *Remaking reality: nature at the millennium*. New York: Routledge, 1998. The Construction of Nature and the Nature of Construction: analytical and political tools for building survivable futures. 1998.
- CAMPBELL, C. A. A ética romântica e o espírito do consumismo moderno. Rio de Janeiro: Rocco, 2005.
- CAVALCANTI, M. M. O fetiche do consumo como agente de reprodução do não lugar. *Revista do Turismo*. Disponível em: <<http://www.revistaturismo.com.br>>. Acesso em: 18 fev. 2010.
- CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C. E. DE M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Org.). *Águas do Brasil análises estratégicas*. 1 ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.
- COSTA, M. - R. Qualidade e sustentabilidade hídrica: avaliação de estratégias e políticas de convivência com o semiárido. Tese (Doutorado). Universidade de Pernambuco, 2009.
- D'ANGELO, A. C. Valores e significados do consumo de produtos de luxo. 2004. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.
- DOMINGUES, J. M. Desenvolvimento, modernidade e subjetividade. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, p.83-91, 1999.
- DOCUMENTOS FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO. Recife, 2005.
- DOUGLAS, M.; ISHERWOOD, B. O mundo dos bens – Para uma antropologia do consumo. Rio de Janeiro: EDUF RJ, 2006.
- EMPINOTTI, V. L. Re-framing Participation: the Political ecology of Water Management in the Lower São Francisco River Basin - Brazil. 297 f. (Ph.D). *Geography*. University of Colorado. Boulder, 2007.
- FORTES, H. Água: Significados e Simbologias na Arte Contemporânea. Disponível em: [www.ip.usp.br/laboratorios/lapa/versaoportugues/2c91a.pdf](http://www.ip.usp.br/laboratorios/lapa/versaoportugues/2c91a.pdf). Acesso em: 13 de maio de 2014.

- GEERTZ, C. Do ponto de vista de nativo: a natureza do pensamento antropológico. In: O saber local: novos ensaios de antropologia interpretativa. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 2001.
- GEERTZ, C. Uma Descrição Densa: Por uma Teoria Interpretativa da Cultura. In: A Interpretação das Culturas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.13-41, 1989.
- KLEINE III, R. E.; KERNAN, J. B. Measuring the Meaning of Consumption Objects: an Empirical Investigation. *Advances in Consumer Research*, v.15, p.498-504, 1988.
- LE GOFF, J. História e Memória. Campinas, São Paulo: Editora UNICAMP, 2003.
- LEVY, R. Do símbolo à simbolização: uma revisão de evolução da teoria e as repercussões sobre a técnica psicanalítica. Porto Alegre: Sociedade Psicanalítica, 1999.
- MALVEZZI, R. Semiárido - uma visão holística. Brasília: CONFEA, 2007.
- MCCRACKEN, G. Consumer goods and cultural change: A theoretical account of change in the cultural meaning of consumer goods. Working Paper nº85.104. Department of Consumer Studies, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 1985b.
- MENDES, B. V. Plantas e Animais para o Nordeste. Rio de Janeiro: Globo, 1987.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2002. GEOBRASIL 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil. Edições IBAMA. 440p.
- PAULINO, F. S. Nordeste, poder e subdesenvolvimento sustentado: discurso e prática. Edições Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 1992.
- PAGE, B. Naked Power: Women and the Social Production of Water in Anglophone Cameroon. In: A. COLES; T. WALLACE (Ed.). Gender, Water and Development. Oxford: erg, 2005. Naked Power: Women and the Social Production of Water in Anglophone Cameroon.
- PLANO TERRITORIAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL - PTDRS TERRITÓRIO DO CARIRI ORIENTAL - PB, 2010.
- PORTILHO, F. F. O Discurso Internacional sobre consumo sustentável: possibilidades de ambientalização e politização da esfera privada. Campinas/SP, 2003.
- PORTILHO, F. Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania. São Paulo: Cortez, 2005.
- SANTOS, A. C. - CEBALLOS, B.; SOUSA, C. M. de. Políticas públicas de água e participação no semiárido: limites e tensões no P1MC. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*. v.1, n.1. p.145 -161. 2013.
- SILVA, R. M. A. da. Entre o Combate à seca e a convivência com o semiárido: transições paradigmáticas e a sustentabilidade do desenvolvimento. Banco do Nordeste do Brasil, 2008.
- SLATER, D. Cultura do consumo e modernidade. São Paulo: Nobel, 2002.
- RAMALHO, A. M. C.; SANTOS, J. G.; PAIXÃO, D. B.; Consumo e Significação Social: Um Estudo com Mulheres Frequentadoras de Shoppings Centers. In: VI Encontro Nacional de estudos do Consumo, II Encontro Luso-Brasileiro de Estudo do Consumo. Rio de Janeiro, 2012.
- REBOUÇAS, A. C. Água na Região Nordeste: desperdício e escassez. *Estudos Avançados*, v.11, n.29, p.127-54, 1997.
- ROCHA, A. P. B. Geografia do Nordeste. 2. ed. Natal: EDUFRRN, 2010.
- RODRIGUEZ, J. L. (Coord.). Atlas Escolar da Paraíba - Espaço Geo-Histórico e Cultural. João Pessoa: Grafset, 1999.
- SWYNGEDOUW, E.; M. KAIKA; et al. Urban Water: A Political-Ecology Perspective. *Built Environment*, v.28, n.2, p.124 -137. 2002.
- STRANG, V. The Meaning of Water. Oxford: Berg. 2004.
- WOLF, F. Simbolismo no comportamento do consumidor: a construção de uma nova escala. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul/PPGA. Porto Alegre, 2002.
- ZAOUAL, H. Globalização e diversidade cultural. Coleção questões da nossa época. v. 106. São Paulo: Cortez, 2003.



**Água, a Próxima Guerra****Celso Luís Quaglia Giampá**Eng. Químico, Sanitário e Ambiental, e de Qualidade  
Valeconsult Empresarial  
giampa@dglnet.com.br**Introdução**

O homem levou muito, mas muito tempo mesmo, para perceber a importância da higiene em sua vida ou, até mesmo, reconhecer a sua necessidade e por isso, sofreu e tem sofrido muito até hoje. E, mais tempo ainda para reconhecer que a base para a iniciação à higiene é a água que, por ser de extrema necessidade à vida, tem sido utilizada desde os primórdios da existência e é esse uso, que pretendemos mostrar, de forma direta, como podemos chegar ao benefício total da higiene.

Queremos mostrar que a água é de extrema importância para o corpo humano, sob várias formas, direta ou indiretamente, influenciando-nos em nosso desenvolvimento e sobrevivência, como por exemplo, ao ser bebida diretamente, sob a forma líquida ou na forma sólida, como gelo, para melhor refrescar nos dias quentes; ao ser ingerida sob a forma de alimentos em geral, como os cereais, os vegetais e as frutas, algumas, inclusive, com altos teores dela.

A sua importância pode ser medida, também, quando falamos dos animais em geral, uma vez que dependem, também, dela para a sua sobrevivência e, sendo que, vêm a nos beneficiar direta ou indiretamente como: por nos alimentarem; por nos fornecerem algum produto alimentar; por nos fornecerem subprodutos que nos auxiliam a enfrentar o dia-a-dia, as intempéries e a nos protegerem dos melindres da natureza; por nos auxiliarem em diversas tarefas de subsistência; para o nosso transporte, etc.

A água está presente nos vegetais, por ser, também, a base de sua alimentação, que é feita através da irrigação natural, que são as chuvas, ou por irrigação artificial, por meio de curvas de nível, por transposição da água de rios, lagos, córregos, poços e outros.

Além disso, aprendemos, através dos tempos, que a água tem outra importância fundamental em nossas vidas, que é a de promover a nossa higiene como: tomarmos banho, lavarmos as mãos antes de nos alimentarmos, lavarmos as nossas roupas, lavarmos os utensílios utilizados em nossa alimentação, lavarmos as nossas moradias, lavarmos os nossos animais e os seus locais de confinamento, irrigarmos as nossas plantas de alimentação e de decoração, de nos refrescarmos nos dias quentes, sob a forma de duchas, jatos, piscinas, lagos, represas, rios e mares.

Para que tudo isso ocorra, é necessário que tenhamos água de boa qualidade, na quantidade necessária e que nos seja disponibilizada em nossas residências; tudo isso, durante as vinte e quatro horas do dia, por trinta dias do mês e, nos trezentos e sessenta e cinco dias do ano, pois, caso contrário, como vamos realizar tudo o que foi descrito anteriormente, se isso não vier a acontecer, é óbvio que tudo isso não pode ser de graça, pois tem um custo alto para tal.

Além do apresentado, temos um inconveniente em todas essas aplicações higiênicas, ou seja, após lavarmos tudo que dissemos; após utilizarmos a água para tudo que necessitamos, passamos a produzir, e muito, água usada; água suja; água de despejo, mais conhecida como água servida, ou esgoto ou, tecnicamente, de efluente doméstico e, que precisa ser descartado; o que provocou, através dos séculos, uma série de "pestes", doenças que se alastraram por continentes, matando e mutilando pessoas, até os nossos dias.

É, justamente, sobre tudo isso que apresentamos, elucidando todas as dúvidas e curiosidades sobre o assunto mais importante do Século XXI, assunto esse que irá traçar a História sobre a sobrevivência das espécies e, sobretudo, sobre a existência do próprio Homem, que continua, cada vez mais, com sua voracidade, a destruir o seu próprio Planeta; como tem ocorrido através dos séculos, com a sequência de guerras ocorridas em prol disso e, que esta será a próxima.

Esperamos que seja utilizado como um ensinamento para que cada um faça a sua parte, minimizando tal situação, pois é um problema de todos.

A seguir apresenta-se através de algumas imagens, parte da palestra proferida em Cuiabá-MS na Reunião Preparatório da Engenharia e da Agronomia para o 8º Fórum Mundial da Água, promovida pelos Sistema Confea/Crea/Mútua que ocorreu no período de 2 a 4 de outubro de 2017 no Hotel Deville Prime.

**Recursos Hídricos**

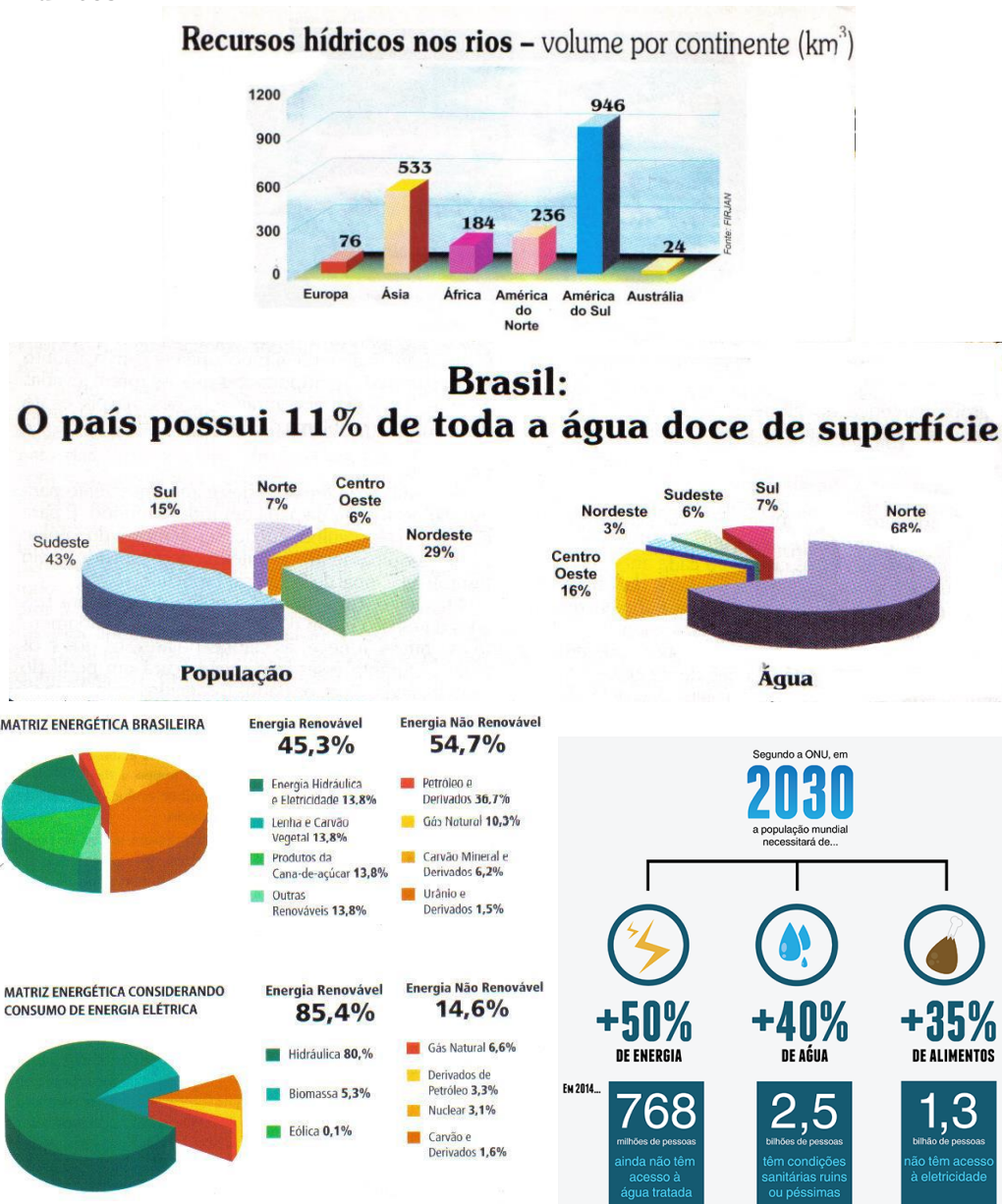


Figura 1. Recursos hídricos, energia e alimentos.

## A Luta, a Guerra e Disputa pela água



Figura 2. Rio Nilo, Rio Jordão, Rio Mekong e Rio Zambesi.

## A nossa água de onde vem?

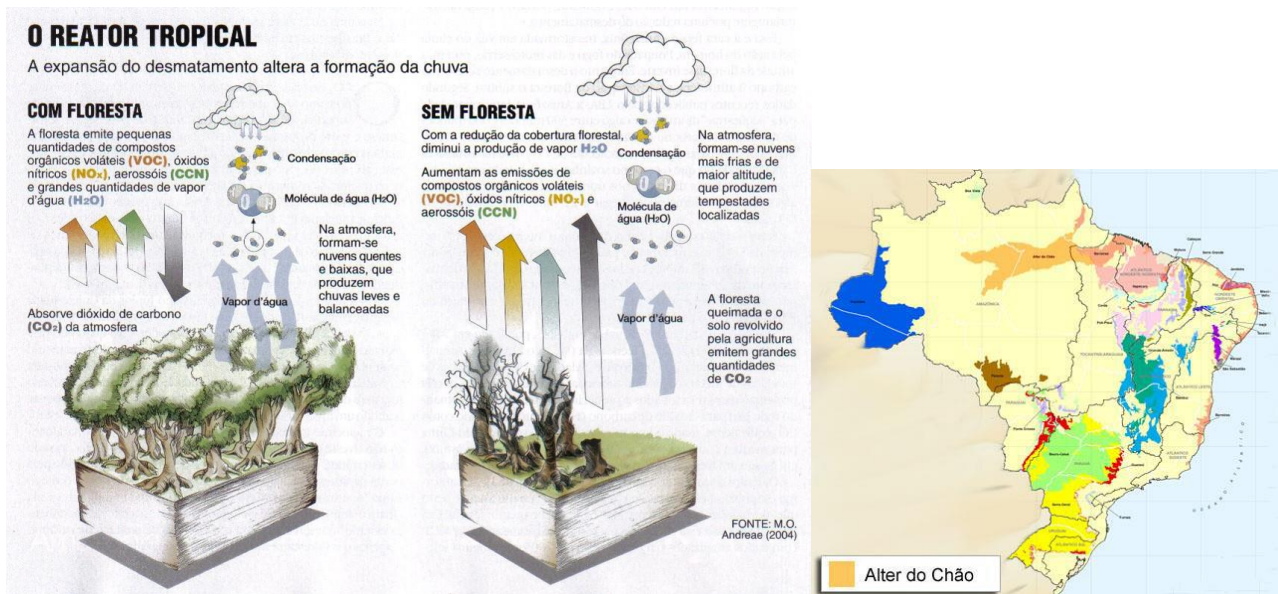


Figura 3. Alteração da formação de chuvas e localização de aquíferos no Brasil.

## O uso, captação, tratamento, distribuição e reúso da água



Figura 4. Sistemas de captação, tratamento, distribuição e reúso da água.

## As Considerações Finais sobre a Guerra da Água

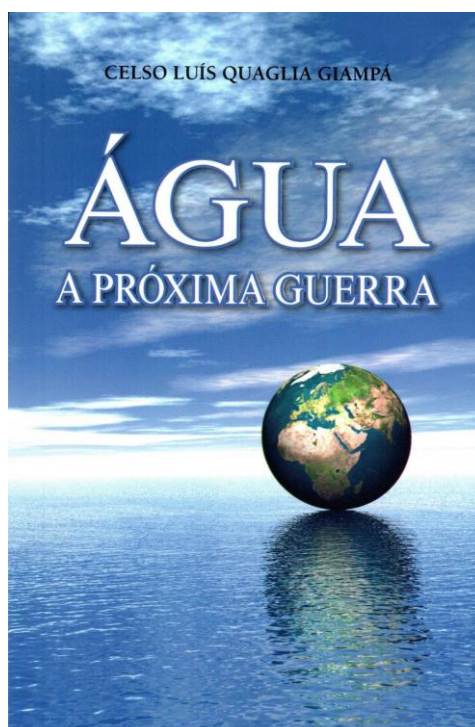


Figura 5. Capa do livro “Água a Próxima Guerra”.

### BANCO DE IMAGENS

Imagens de alguns dos autores dos capítulos desta obra em apresentação na Reunião Preparatória promovida pelo Sistema Confea/Crea/Mútua em Campo Grande-MS em 2017.



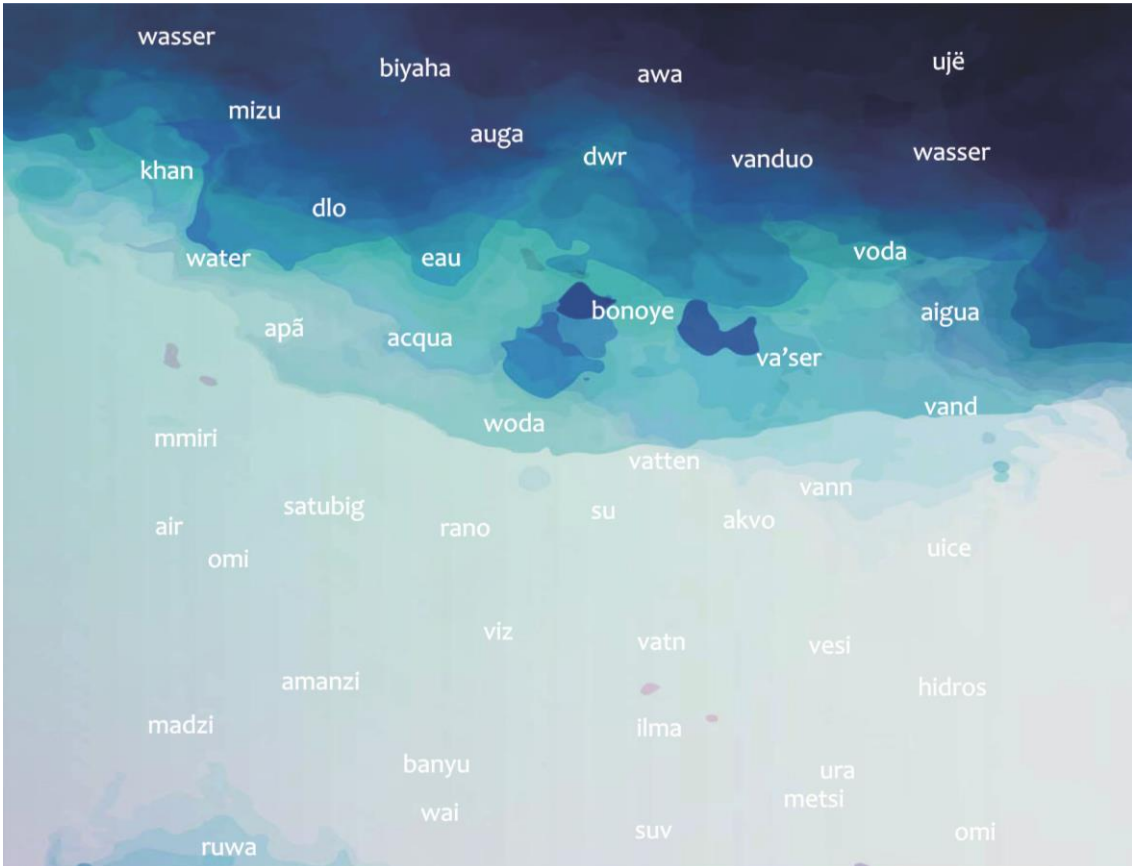
Figura 1. (a) 2.o da esquerda para direita, Prof. Ricardo de Aragão, 3.o e 4.o Diretores da Mútua Jorge e Marcelo Moraes, e último, Paulo Megna; (b) Prof.a Gisele e Giampá.



Figura 2. (a) Prof. Ricardo de Aragão; (b) Celso Giampá, ambos palestrando.

### ***Curriculum do Organizador***

***Paulo Roberto Megna Francisco:*** Pós Doutor em Ciência do Solo pela UFPB. Doutor em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem pela UFCG. Mestre em Manejo de Solo e Água pelo CCA/UFPB. Graduado pela UNESP como Tecnólogo Agrícola com especialização em Mecanização. Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UEPB. Participa de Projetos de Pesquisa e Extensão juntamente com a EMBRAPA-Algodão, UFPB-Campus João Pessoa, UFCG-Campus Sumé, IFPB-Campus Campina Grande e Campus Picuí. Ministrou as disciplinas de Mecanização Agrícola, Máquinas e Motores Agrozootécnicos e Máquinas e Motores Agrícolas no CCA/UFPB. Atualmente presta consultoria para o INCRA/PB na realização de PDA's. Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia – CONTECC.



**Portal Tecnológico  
de Divulgação Científica**  
Eventos, Pesquisas e Inovação

