

## **Análise e tratamento de água salina utilizando sistema com reator adsortivo alimentado por energia solar.**

Sabryna Kelly Gonçalves Alves de Medeiros<sup>1</sup>, Iruama Figueiredo da Silva Viana<sup>1</sup>  
Erika Inês Rossana Cordeiro da Silva<sup>1</sup>, Ana Cecília Cavalcanti de Albuquerque<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Acadêmicos de Biomedicina do Centro universitário Tabosa de Almeida ASCES-UNITA-Caruaru (PE),2018.*

<sup>2</sup>*Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> do Curso de Biomedicina do Centro universitário Tabosa de Almeida ASCES-UNITA-Caruaru (PE),2018.*

Centro Universitário Tabosa de Almeida (ASCES-UNITA). Av. Portugal, 584, Bairro Universitário- Caruaru - PE – Brasil. \*E-mail: sabrynakelly2009@hotmail.com

Resumo: Para assegurar a qualidade da água para consumo humano, é necessário que a mesma esteja em concentrações máximas permitidas para determinadas substâncias, conforme estabelecido nas resoluções CONAMA. O objetivo deste trabalho foi construir um equipamento utilizando sistema com reator adsortivo alimentado por energia solar para tratamento de água proveniente de poço e apontar os principais problemas de saúde humana, animal e ambiental, gerados a partir do consumo de água inadequada. Foi desenvolvido um equipamento utilizando sistema com reator adsortivo alimentado por energia solar, onde a água coletada de um poço localizado no Município de Surubim-PE foi tratada. A água do poço foi classificada como salina, por meio de análises laboratoriais prévias, identificando a presença de parâmetros onde os níveis de dureza, alcalinidade, nitrito, nitrato, cloreto estavam acima dos valores permitidos. Essa água foi tratada pelo equipamento anteriormente montado com a finalidade de atenuar os parâmetros físico-químicos que excederam os valores estabelecidos, a fim de obter uma água própria para consumo. Deve-se pensar em formas mais baratas para tratamento da água, visto que vários problemas de saúde humana, animal e ambiental são gerados a partir do consumo desta água. Dessa forma, o experimento comprovou a eficiência do sistema utilizado reduzindo assim, em tempo hábil, os valores indesejáveis evidenciados na água.

Palavras-chave: Qualidade de água, Reator adsortivo, Energia solar, Tratamento de água, Análise físico-química

Abstract: In order to ensure the quality of water for human consumption, it must be in maximum permissible concentrations for certain substances, as established in the

CONAMA resolutions. The objective of this work was to construct an equipment using a solar-powered adsorption reactor to treat water from wells and to point out the main human, animal and environmental health problems generated by inadequate water consumption. An equipment was developed using a solar-powered adsorption reactor system, where the water collected from a well located in the Municipality of Surubim-PE was treated. The well water was classified as saline, by means of previous laboratory analyzes, identifying the presence of parameters where the hardness, alkalinity, nitrite, nitrate, chloride levels were above the permitted values. This water was treated by the previously assembled equipment in order to attenuate the physico-chemical parameters that exceeded the established values, in order to obtain its own water for consumption. We must think of cheaper ways to treat water, since various human, animal and environmental health problems are generated from the consumption of this water. Thus, the experiment proved the efficiency of the system used thus reducing, in a timely manner, the undesirable values evidenced in the water.

**Key words:** Water quality, Adsorption reactor, Solar energy, Water treatment, Physical-chemical analysis

## **Introdução**

Água, elemento indispensável para a existência humana e manutenção do meio ambiente, assim como para o desenvolvimento da maioria das atividades econômicas. A água encontrada no planeta se encontra por fontes superficiais ou subterrâneas, cerca de menos de 3% do total é composto por água doce, ou seja, que contém um volume reduzido de sais e apropriada para o consumo humano. A água doce, normalmente utilizada para abastecimento público, necessita passar por um tratamento prévio que seja adequado, atendendo a necessidade da norma vigente de potabilidade da água para consumo humano a Portaria nº 2.914, de dezembro de 2011. Principalmente para a remoção de microrganismos e impurezas que possam afetar a saúde (BRASIL, 2011).

Para caracterizar a qualidade da água para consumo humano, esta precisa estar nas concentrações máximas permitidas para determinadas substâncias, conforme estabelecido nas Resoluções CONAMA 357/2005, 396/2008 e 430/2011, que dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e superficiais. Os principais indicadores da qualidade da água são separados sob os aspectos físicos, químicos e biológicos (BRASIL, 2011; BRASIL, 2008; BRASIL, 2005).

Sendo assim, o abastecimento de água potável para as necessidades humanas é um dos problemas mais acentuados de muitos países de clima quente. Com isso, uma das alternativas para essas regiões que possuem falta de água doce é a utilização de uma água com alta concentração de sais, como a água salobra, encontrada nos aquíferos subterrâneos principalmente no Nordeste Brasileiro (CRAVO; CARDOSO, 1996).

Conforme Wegelin et al. (1994), pelo menos um terço da população dos países ainda em desenvolvimento sofre por não ter acesso a fornecimento de água segura e confiável, sendo então a população sujeita a diversos problemas de saúde pública. Consequências estas que não se restringem às condições microbiológicas, mas também, devido aos parâmetros físico-químicos que dependendo de suas concentrações podem trazer riscos à saúde humana decorrente do seu uso, como por exemplo, problemas dermatológicos, náuseas, vômitos, letargia, fraqueza muscular intensa e hipertensão arterial (SANTOS; FELICIANO, 2008).

Na atualidade para evitar as doenças ocasionadas através da propagação hídrica nas regiões que não tem água tratada como no Nordeste, é essencial procurar uma forma de tratamento de água alternativo que possibilite atender as necessidades e que diminua os custos de implantação e operação, oferecendo condições satisfatórias (ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD, 2000)

A escolha do tipo de tratamento apropriado para água de abastecimento dependerá de fatores econômicos, sociais, geográficos e da qualidade físico – química e microbiológica da água a ser tratada. A energia solar é, sem dúvida, um dos recursos de uso mais simples, ambientalmente sustentável e fonte inesgotável de energia, principalmente se tratando de uma região que possui uma maior incidência de radiação do país (BEZERRA, 1982). Além de indiscutível eficiência, na área do atual aproveitamento da energia solar e de manutenção simples, praticamente sem custos operacionais (STEC - PB, 1984).

No Nordeste a população é acometida com a escassez de água em razão da seca prolongada e dos reduzidos índices pluviométricos. Como solução, a população utiliza água de poços e cisternas, cuja qualidade dificilmente é avaliada. Surubim é um exemplo, município localizado no interior de Pernambuco onde tem como principal corpo de

acumulação a Barragem de Jucazinho com 327.035.818 m<sup>3</sup>, que se encontra atualmente em colapso (IBGE, 2016).

Dessa forma, tem castigado os habitantes, tanto na área urbana quanto na rural, que dependem integralmente da disponibilidade hídrica para a manutenção das atividades domésticas, sobrevivência dos animais e da produção de alimentos através da agricultura. Tendo em vista a água fornecida para a comunidade do Município de Surubim-PE, para consumo humano, conter excesso de sais, causadores de algumas doenças, este trabalho teve como objetivo construir um equipamento utilizando sistema com reator adsorptivo alimentado por energia solar para tratamento de água proveniente de poço e apontar os principais problemas de saúde humana, animal e ambiental, gerados a partir do consumo de água inadequada.

## Revisão de literatura

### Água para Consumo Humano

Apesar de todos os esforços para armazenar e diminuir o seu consumo, a água está se tornando, cada vez mais, um bem escasso, e sua qualidade se deteriora rapidamente. A água subterrânea, por exemplo, além de ser um bem econômico, é considerada mundialmente uma fonte imprescindível de abastecimento para consumo humano, para as populações que não têm acesso à rede pública de abastecimento.

Em decorrência do elevado nível de urbanização, o tratamento de água para abastecimento público passa a ser um desafio, sejam pelos grandes volumes de água envolvidos, restrições de área para instalação dos sistemas de tratamento tradicionalmente utilizados e também devido à degradação da qualidade da água dos mananciais disponíveis. Estas condições têm conduzido à busca de alternativas que possibilitem garantir a qualidade da água produzida para abastecimento público. (MIERZWA, 2008).

De acordo com (GIMENES, 2017) é visto que o problema central da crise hídrica não é só a escassez de água, mas sim a falta de água própria para o consumo da população, já que as fontes existentes estão sendo cada vez mais poluídas, isto é, tornando-se indisponíveis até para as estações de tratamento, por possuírem um alto custo de tratamento.

No Brasil, o aquífero subterrâneo abastece 6.549.363 domicílios (19% do total), e, destes, 68,78% estão localizados na área rural, abrangendo 11,94% de toda a população nacional (IBGE, 1994). Dados do OMM/UNESCO (1997) mostram que aproximadamente metade da população mundial (2,6 bilhões de pessoas) não conta com serviço de saneamento básico e que uma em cada seis pessoas (cerca de 1,1 bilhões de pessoas) ainda não possui adequado sistema de abastecimento de água.

As projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que, se a tendência continuar, em 2050 mais de 45% da população mundial estará vivendo em países que não poderão garantir a cota diária mínima de 50 litros de água por pessoa. (CASALI, 2008). O consumo de água contaminada por agentes biológicos ou físico-químicos tem sido associado a diversos problemas de saúde. Algumas epidemias de doenças gastrointestinais, por exemplo, têm como via de transmissão a água contaminada. Essas infecções representam causa de elevada taxa de mortalidade em indivíduos com baixa resistência, atingindo especialmente idosos e crianças menores de cinco anos (ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD, 2000).

As fontes de contaminação antropogênica em águas subterrâneas são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microorganismos patogênicos (Freitas e Almeida, 1998). Além de promoverem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês (Nordberg et al, 1985), também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente.

Metais no sistema de distribuição de água podem ter origem na variabilidade da qualidade da água que o sistema de distribuição pode apresentar ou estar relacionados a esse fato. (FREITAS, 2001). Ainda sobre o mesmo raciocínio de (FREITAS, 2001), os metais que estão presentes na água serão absorvidos pelo organismo humano pelo trato

gastrointestinal. E essa absorção pode ser afetada pelo pH, pela movimentação peristáltica ou até mesmo pela presença de outros materiais; sendo esses fatores capazes de contribuir para uma maior ou menor absorção desses metais no homem.

Os constituintes químicos das águas subterrâneas podem ser influenciados por diversos fatores, podendo ser eles: deposição atmosférica, processos químicos de dissolução e/ou hidrólise no aquífero e mistura com esgoto e/ou águas salinas por intrusão, fatores esses que modificam as características qualitativas e quantitativas dos mananciais subterrâneos.

Tendo em vista que é obrigatório oferecer para os consumidores, do sistema público de abastecimento, água própria para o consumo dentro das normas estabelecidas pela legislação vigente, a Portaria 518 do Ministério da Saúde, e objetivando-se a satisfação dos consumidores, os responsáveis pela operação dos sistemas de tratamento e controle de qualidade, necessitam aplicar técnicas de tratamento adequadas para a manutenção do produto dentro dos limites estabelecidos. Além da preocupação com a manutenção dos padrões microbiológicos, da necessidade da minimização continuada da presença de produtos químicos que representem riscos à saúde, há que se atentar para a necessidade de se fornecer água com características organolépticas (cor, cheiro e sabor) adequadas.

O padrão de potabilidade vigente no Brasil é estabelecido pela Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano no país. Tal diretriz é fruto do processo de revisão da Portaria MS nº 518/2004, iniciado em 2007, que se caracterizou como um processo democrático e transparente, com a participação de diversos atores envolvidos nesta temática, tais como: órgãos ligados às áreas de saúde, saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, responsáveis pelos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água, pesquisadores com elevada expertise na área, Conselhos, Associações, Ministério Público e Agências Reguladoras.

#### Doenças Causadas por Água com Excesso de Sais

Segundo MORELLI (pág.4, 2005), o crescente consumo de água tem feito do reuso planejado uma necessidade primordial. Essa Prática deve ser considerada parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional da água, o qual inclui também, o controle de perdas, redução do consumo de água e a minimização da geração de efluentes.

No Brasil existem impasses sobre a contaminação da água destinada ao consumo humano com doses exacerbadas de nitritos e nitratos. De acordo com (Mahler et al. 2007), conforme o U.S. Public Health Service, raramente ocorrem problemas com nitratos em humanos adultos, contudo recomenda-se ter muita atenção com crianças menores de seis meses de idade, dado que o sistema gastrointestinal ainda não está completamente desenvolvido e funcional.

O pH representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$  na água, indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade. Sua faixa pode variar de 0 a 14 e não tem unidade. O levantamento desse parâmetro é importante para o controle dos processos de tratamento de esgoto e águas residuárias. Os valores desse parâmetro nas águas naturais dependem de rochas dissolvidas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese além de fatores antropogênicos, despejos domésticos e industriais (SPERLING, 2005).

Na determinação da cor, a turbidez da amostra causa interferência, absorvendo também parte da radiação eletromagnética. O fundamento dessa determinação é em parte, resultado da reflexão e dispersão da luz nas partículas em suspensão. Cor aparente é aquela medida sem a remoção de partículas suspensas da água cujo valor determinado inclui compostos responsáveis pela turvação da água. A cor verdadeira é aquela obtida após a centrifugação ou filtração da amostra, não sofrendo interferência de partículas suspensas na água. A diferenciação entre a cor verdadeira e a cor aparente, depende do tamanho das partículas. Pode ser generalizado que partículas com diâmetro superior a 1,2 mm causam turbidez, enquanto que partículas coloidais e dissolvidas causam cor (METCALF e EDDY, 2003).

A dureza da água causa sabor desagradável, efeitos laxativos e reduz a formação da espuma do sabão, pode provocar incrustações nas tubulações de caldeiras e em tubulações para abastecimento de águas domésticas. A água dura também pode causar náuseas, vômitos, letargia, fraqueza muscular intensa e hipertensão arterial em sessões de hemodiálise (SANTOS; FELICIANO, 2008).

Uma poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato. Os nitratos são tóxicos, pode causar uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul) (ÁGUA AZUL, 2014).

Segundo os dados do INCA (Instituto Nacional de Câncer), o consumo excessivo de alimentos contendo nitrato ou ingestão de água com alta concentração está relacionado com a incidência de câncer no estômago. No Brasil, a concentração de nitrato para consumo humano não deve exceder os 10 mg/L de acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1986) e o Ministério da Saúde (BRASIL, 2001).

As fontes de contaminação antropogênica em águas subterrâneas são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microrganismos patogênicos (FREITAS e ALMEIDA, 1998). Além de promoverem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês (NORDBERG et al, 1985), também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente. Os constituintes químicos das águas subterrâneas podem ser influenciados por vários fatores, entre os quais deposição atmosférica, processos químicos de dissolução e/ou hidrólise no aquífero e mistura com esgoto e/ou águas salinas por intrusão, fatores esses que modificam as características qualitativas e quantitativas dos mananciais subterrâneos.

O fluoreto é um elemento essencial à saúde humana devido ao seu caráter preventivo de cárie dentária. Água consumida com teor de fluoreto abaixo de 0,5 mg/L pode proporcionar elevada incidência de cárie o que torna imprescindível a sua presença em águas para consumo humano. Entretanto, o seu excesso também é um problema de saúde pública, devido à agressividade que este elemento tem sobre estruturas ósseas, podendo causar fluorose dentária e lesões esqueléticas (CASALI, 2008).

De acordo com Furtado (2011), apesar de o cloro ser uma mercadoria de fácil acessibilidade, baixo custo e dispor de um bom desempenho na sua função de desinfetante, esse componente químico possui algumas deficiências. Por exemplo:

Quando o cloro entra em contato com matéria orgânica, que porta ácidos fúlvicos e húmicos (sobras de plantas e solos), reage gerando os trihalometanos (THMs); A formação de ácidos haloacéticos (HAA5), que é discernido por desenvolver alguns tipos de câncer.

Os sais ferrosos, bastante solúveis em água, são facilmente oxidados e formam hidróxidos férricos que tendem a flocular e depositar. Menciona-se que, águas com ferro na forma ferrosa e a presença de manganês na forma manganosa  $Mn^{2+}$ , são formas solúveis, que se não removidos formam óxidos amarronzados, alterando assim as características organolépticas da água. (MACÊDO, 2001).

É notória a necessidade populacional quanto à reutilização da água para fins de consumo (em geral), eliminando tanto microrganismos como composições físico-químicas que possam causar patologias. Segundo a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, o reuso de água constitui-se em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21. Tal prática reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade; reduz os custos associados à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (CUNHA, 2011).

Para CUNHA (2011 apud HESPANHOL 1999), “o planejamento, a implantação e a operação corretos de reuso trazem uma série de melhorias: Minimização da descarga de esgoto nos corpos hídricos; recursos subterrâneos; aumento da resistência à erosão; Aumento da produção de alimentos (irrigação agrícola), elevando os níveis de saúde, qualidade de vida e de condições sociais”.

#### Reator absorvivo de carvão alimentado por energia solar

No Brasil, existem grandes reservas de água subterrâneas, mas isso não garante a disponibilidade de água para sempre, pois este é um recurso cuja renovação ocorre de forma lenta. Em contrapartida, a população vem aumentando rapidamente e, conseqüentemente, o consumo de água também. Face a isso, estamos esgotando o recurso natural dos sistemas subterrâneos e, futuramente, poderemos ficar sem água potável. (PALUDO, 2010).

Ainda no pensamento de (PALUDO, 2010), fala que o homem vem poluindo as águas, com uma grande quantidade de agrotóxicos, substâncias químicas, com esgotos, entre outras formas, incluindo com a perfuração inadequada de poços. A radiação solar é a força motriz para muitos processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no sistema Terra-Atmosfera, constituindo-se em importante variável meteorológica em estudos de necessidade hídrica de culturas irrigadas, modelagem do crescimento e produção vegetal, mudanças climáticas, entre outros. (BORGES et al., 2010)

O sol apresenta uma temperatura superficial próxima dos  $6000^{\circ}C$ . Devido a complexas reações, se produz uma perda de massa do sol a qual se converte em energia. Tal energia é liberada pelo sol, sendo transmitida para o exterior, denominada de radiação solar. A Terra recebe tal radiação propiciando a vida em nosso planeta e, além disto, é aproveitada como fonte de energia para diversas aplicações. (SOARES, 2004). Ou seja, a radiação solar é uma das fontes de energia mais importantes para a vida, além de ser inesgotável é bastante sustentável, fazendo, com que suas energias sejam essenciais para os seres humanos e para o ambiente. O sol é produtor tanto de fontes de calor como de

luz. E, possui uma grande vantagem por não ser poluente, por não precisar de geradores para a sua produção e por não contribuir para o efeito estufa. (BRASIL, 2013).

De acordo com (SILVA, 2014) contando com toda dificuldade de se elaborar técnicas, como trabalhadores para operá-las, principalmente locais com baixo desenvolvimento, se faz necessário buscar métodos alternativos para o tratamento dessa água.

Segundo (WESTPHALEN, 2016) o carvão ativado granular é utilizado normalmente como um adsorvente que serve de maneira filtrante para contaminantes orgânicos hidrofóbicos presentes em pouca quantidade na água, como por exemplo os compostos que são responsáveis pelas alterações das características organolépticas da água. Os termos 'filtração biologicamente ativa' ou 'biofiltração' são geralmente empregados para expressar o processo no qual microrganismos se acumulam na superfície de um meio granular, como areia, antracito ou carvão ativado, em decorrência da disponibilidade de substratos biodegradáveis.

Quando carvão ativado granular é usado como meio suporte para o crescimento de organismos, o processo denomina-se CAB ou 'carvão ativado biologicamente ativo'. Neste caso, além da atividade biológica, a adsorção e a filtração contribuem para a remoção de contaminantes da água. (WESTPHALEN, 2016). Ou seja, diante do estudo de (HETRICK et al., 2000), mostra que o carvão tem sido bastante usado para tratar águas para o consumo humano, pelo seu alto poder de adsorção de substâncias tóxicas à humanidade, tanto pelo seu controle de cor e odor.

#### Município de Surubim

Segundo Cravo e Cardoso (1996), o consumo de água doce no mundo cresce a um ritmo superior ao do crescimento da população, restando, como uma das saídas, a produção de água doce, retirando-a do mar ou das águas salobras dos açudes e poços. O uso das fontes alternativas de energia, como a solar, apresenta-se como uma solução para viabilizar a dessalinização no nosso semiárido, visando o consumo humano e animal e a micro irrigação, o que propicia melhores condições para a fixação do homem no meio rural.

No nordeste brasileiro, vastas áreas sofrem com o problema duradouro das baixas precipitações pluviométricas e das secas periódicas, somados à ocorrência contínua dos elevados níveis de salinização das águas subterrâneas. De acordo com o Censo de 2010 (IBGE, 2010), aproximadamente 61 % da população brasileira é abastecida, para fins domésticos, com água subterrânea, sendo que 6% se auto abastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos.

O município de Surubim com área 252,855 km<sup>2</sup> localizado no agreste de Pernambuco, é formado pelos distritos sede e Chéus, sua população, de acordo com estimativas é de 63 780 habitantes. Está inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe e tem como principais tributários os rios Capibaribe e Caiari, além dos riachos do Brás, Maracajá, Pocoró, do Tanque Doce, Taepe e do Manso, todos de regime intermitente. O principal corpo de acumulação é a Barragem de Jucazinho com 327.035.818 m<sup>3</sup>, que se encontra atualmente em colapso. (IBGE, 2016).

Assim como a maior parte da região no seu entorno, apresenta vegetação de caatinga hiperxerófila. Os solos são pouco profundos e de fertilidade variando entre média

e alta. (ZANE – Zoneamento Agroecológico do Nordeste – EMBRAPA/2000). O clima do município é o tropical, porém pode apresentar características do semiárido, o verão de Surubim é quente e seco, com máximas podendo alcançar os 35°C, com mínimas entre 18°C e 22°C. O inverno é chuvoso nos meses de março a julho, com mínimas entre 15°C e 19°C, e máximas entre 23°C e 28°C. Com precipitação pluviométrica de 726 mm. De acordo com os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016).

De acordo com estudos realizados no município pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2005) dos 12.945 domicílios particulares permanentes, 11.812 (91,25%) possuem banheiro ou sanitário, 5.836 possuem banheiro ou sanitário e estão ligados à rede geral de esgotamento sanitário (45,08%), 8.096 (62,54%) são abastecidos pela rede geral de água, 1.103 são abastecidos por poço ou nascente (8,52%) e 3.746 usam outras formas de abastecimento (28,94%). A coleta de lixo urbano atende a apenas 7.443 domicílios (57,50%), evidência de sérios problemas de ordem sanitária e ambiental. Existem no município 1.555 imóveis rurais, dos quais 1.130 (72,67%) são minifúndios e 392 (25,20%) são pequenas propriedades. (CPRM, 2005)

Com relação à economia do município divide-se entre o comércio local, a pecuária, a agricultura e atividades de extrativismo vegetal e silvicultura. Atualmente conta com 640 empresas com CNPJ, atuantes (1998), ocupando 3.009 pessoas (5,98% da população). A área de pecuária, conta com os seguintes rebanhos de bovinos, suínos, equinos, asininos, muares, caprinos, ovinos e aves. A produção leiteira é de 630.000 litros, a de ovos de galinha, a de ovos de codorna e a de mel de abelhas. Na área agrícola: Coco da baía, goiaba, banana, castanha de caju, laranja, manga, batata doce, fava, feijão, mandioca e milho. O extrativismo vegetal produz 25 t de castanha de caju, 3 t de carvão vegetal e 7.500 m<sup>3</sup> de lenha. (IBGE 2000).

Até 2005 com o levantamento no município pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), foram registrados 38 pontos d' água cadastrados, sendo todos poços tubulares. Com relação à qualidade das águas dos pontos cadastrados, foram realizados testes da condutividade elétrica, que é a capacidade de uma substância conduzir a corrente elétrica, estando diretamente ligada ao teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. Foram realizados testes de condutividade em 15 amostras d' água, das quais, a classificação das águas subterrâneas no município, verifica-se a predominância de água salina, em 87% dos poços e o restante caracterizada água salobra (CPRM, 2005).

Em relação ao uso da água, 14% dos pontos cadastrados são destinados ao consumo doméstico primário (água de consumo humano para beber), 34% são utilizados para o consumo doméstico secundário (água de consumo humano para uso geral), 42% para uso animal e 10% para uso na agricultura. (CPRM, 2005). Constatando a necessidade de uma ação do poder público, visando à instalação de medidas para melhoria da qualidade da água oferecida à população, de forma a reduzir os riscos à saúde. O presente estudo tem como objetivo solucionar o problema, considerando o fato do mercado já dispor de tecnologia de dessalinização a custos cada vez mais reduzidos, porém estes ainda representam um gasto muito acima da capacidade financeira dos municípios afetados pelo fenômeno da salinização.

Nessas circunstâncias, a implantação do equipamento proposto seria viável, considerando os benefícios gerados pela aplicação da energia a partir da radiação solar que é um recurso inesgotável e de ampla disponibilidade. Considerando juntamente com o carvão ativado um excelente tratamento para solucionar o problema de escassez de água potável nas diversas localidades do município.

## **Materiais e métodos**

O tipo de estudo desta pesquisa foi experimental, descritiva, laboratorial e trabalhada com dados quantitativos.

### **Amostra**

Devido à classificação das águas subterrâneas no município, verifica-se a predominância de água salina, em 87% dos poços e o restante caracterizada água salobra (CPRM, 2005). Realizamos a seleção de um poço representativo, pois além da mesma se caracterizar de acordo com a classificação salina, a população tem acesso e a utiliza para consumo próprio.

### **Local de estudo**

A pesquisa foi desenvolvida no Município de Surubim, no poço de uma propriedade particular, localizada na própria cidade.

### **Período de realização do trabalho**

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório Interdisciplinar, Campus II, Centro Universitário Tabosa de Almeida, ASCES - UNITA. O período de estudo foi entre agosto de 2017 e junho de 2018.

### **Critério de inclusão**

Poço localizado no Município de Surubim e equipamento utilizando como fonte de energia a radiação solar por conta do baixo custo, composto de material acessível para a população.

### **Critério de exclusão**

Poços que a população não utiliza ou que esteja desativado.

### **Coleta, transporte e análise da água.**

A água foi coletada no Município de Surubim, em bombona de 20 litros previamente esterilizado com hipoclorito de sódio, colocada a bombona em caixa de isopor e transportado para a ASCES-UNITA. A água foi analisada antes e depois do tratamento, seus parâmetros físico-químicos, tais como: pH, temperatura, dureza, alcalinidade, nitrito, nitrato, amônia, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, cloro livre, cloreto, ortofosfatos, ferro, turbidez, conforme o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22<sup>a</sup> edition, levando em consideração o estabelecido na portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

### **Construção do equipamento**

Foi utilizado uma placa solar juntamente com uma bateria estabilizadora, acoplados a uma bomba hidráulica que faz a ligação entre tubulações de PVC ao reservatório de garrafa pet para adicionar a água a ser tratada. Esse mesmo sistema é unido ao reator de tratamento com carvão ativado no qual recebeu a água a ser tratada, e posteriormente a

mesma água retornou para o reservatório através de uma mangueira conforme figura abaixo.



Figura 1: Esquema do equipamento de tratamento de água alimentado por energia solar.

### **Procedimento operacional do tratamento**

Foram adicionados 500ml de água contaminada no reservatório de garrafa pet, o sistema de energia solar alimenta a bomba hidráulica que faz a água circular do reservatório, passando pela bomba e indo até o reator de tratamento com carvão. E finalmente retornando a água para o reservatório do início, esse processo se repetiu até o tempo de 20 minutos. Após o fim do tratamento, foram analisados novamente os parâmetros físico-químicos da água pós-tratamento.

### **Análise da eficiência do tratamento**

Sendo calculada a eficiência do tratamento com base nos valores dos parâmetros físico-químicos estudados antes e depois do tratamento. O armazenamento e avaliação dos dados obtidos foram tabulados e calculados utilizando-se o software Microsoft Excel, alimentando-se planilhas para obtenção da eficiência do tratamento.

## Resultados e Discussão

A análise da água realizada no laboratório antes do tratamento evidenciou parâmetros onde os níveis de dureza, alcalinidade, nitrito, nitrato, cloreto estavam acima do valor máximo permitido estabelecidos conforme a resolução Conama 357/2005, Portaria 1469/2000 e Portaria de Consolidação.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram falhas nas práticas de uso da água e ressalta a importância da conscientização dos consumidores, relativo aos riscos com a saúde humana, animal e ambiental. Bem como a necessidade de promoção de políticas públicas que garantam acesso generalizado à água adequada ao consumo humano, conforme relatado por Silva e Araújo (2003).

A Tabela 1 mostra os parâmetros físico-químicos que estavam alterados antes do processo de tratamento da água.

Tabela 1: Valores encontrados dos Parâmetros Físico-químicos da água coletada do poço do Município de Surubim-PE, de acordo com o Valor Máximo Permitido (VPM) de cada parâmetro.

PARÂMETRO FÍSICO/QUÍMICO	VMP (Valor Máximo Permitido)	Valor Encontrado
Incolor; inodora Temperatura,	20-30 °C	24
Turbidez,	0,5-5,0 uT	2,0
dureza,	300 mg/L	400
alcalinidade,	120 mg/L	150
nitrito,	1 mg/L	4
nitrato,	10 mg/L	15
amônia,	1,5 mg/L	1,0
Oxigênio dissolvido,	10 mg/L	5,0
Oxigênio consumido,	2,5 mg/L	1,0
Cloro livre,	0,3 mg/L	0,2
cloreto,	250 mg/L	300
ortofosfatos,	0,1 mg/L	0,1
ferro,	0,3 mg/L	0,2
pH,	5,5-7,5	6,0

VMP: estabelecidos conforme Resolução Conama 357/2005, Portaria 1469/2000 e Portaria de Consolidação 5/2017.

Na literatura o método de adsorção com carvão ativado, como pós-tratamento, mostra ser bastante eficiente para assegurar a qualidade dos efluentes nos ensaios realizados, especialmente com relação à matéria orgânica, remoção de cianobactérias, turbidez, cor e formação de SOH; (SILVA et.al.,2012).

O uso desse tipo de filtro biológico pode representar uma técnica promissora para a remoção de fármacos e outros compostos recalcitrantes presentes nos mananciais de abastecimento público. (BORGES et.al.,2010). Porém, os métodos utilizados com esse recurso geralmente demandam de mais tempo até a conclusão do tratamento final.

Na criação do equipamento em questão, buscamos princípios de engenharia na aplicação da biomedicina. A fim de conseguir na execução do experimento resultados rápidos a partir da utilização de uma energia limpa e inesgotável, objetivando manter o sistema em funcionamento otimizando todo o processo de tratamento.

A escolha dessa energia se justifica por ser a radiação solar uma das fontes de energia mais importantes para a vida e também por possuir grandes vantagens, não ser poluente, por não precisar de geradores para a sua produção e por não contribuir para o efeito estufa. (BRASIL, 2013). Contando também com toda dificuldade de se elaborar técnicas, como trabalhadores para operá-las, principalmente locais com baixo desenvolvimento, se faz necessário buscar métodos alternativos como este para o tratamento desse tipo água.

Nos gráficos abaixo se pode observar a eficiência do tratamento da água utilizando sistema com reator absorvivo alimentado por energia solar. Pois conseguiu fazer com que os parâmetros, antes acima do valor permitido fossem reduzidos para os aceitáveis estabelecidos pelas normas, em um curto período de tempo.

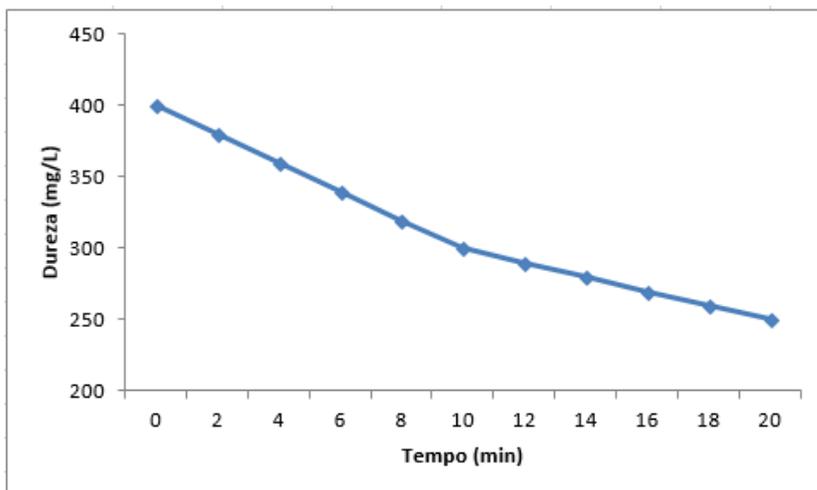


Figura 2: Gráfico representativo dos níveis de dureza durante o tratamento.

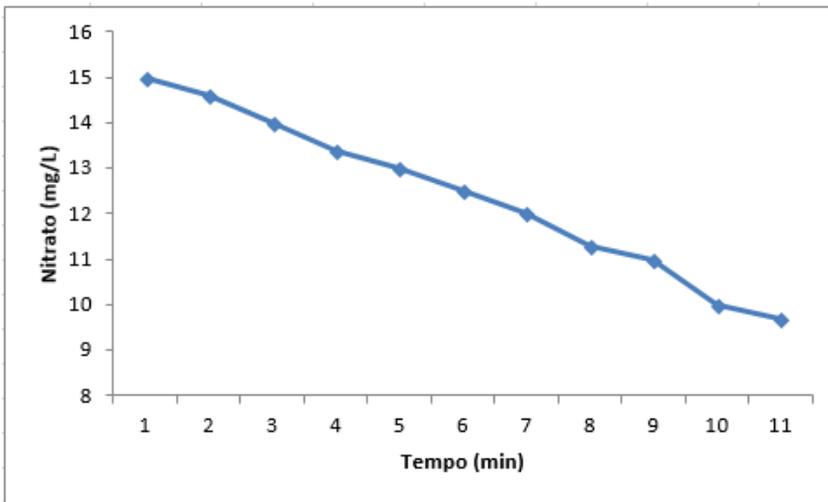


Figura 3: Gráfico representativo dos níveis de nitrato durante o tratamento.

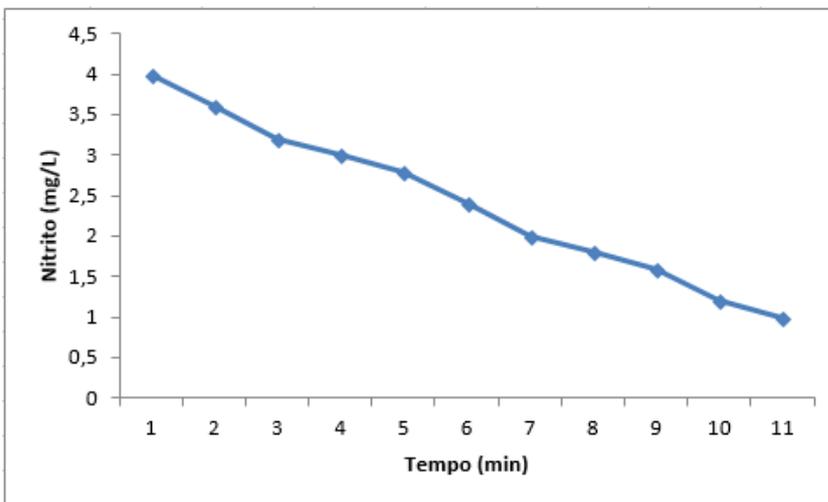


Figura 4: Gráfico representativo dos níveis de nitrito durante o tratamento.

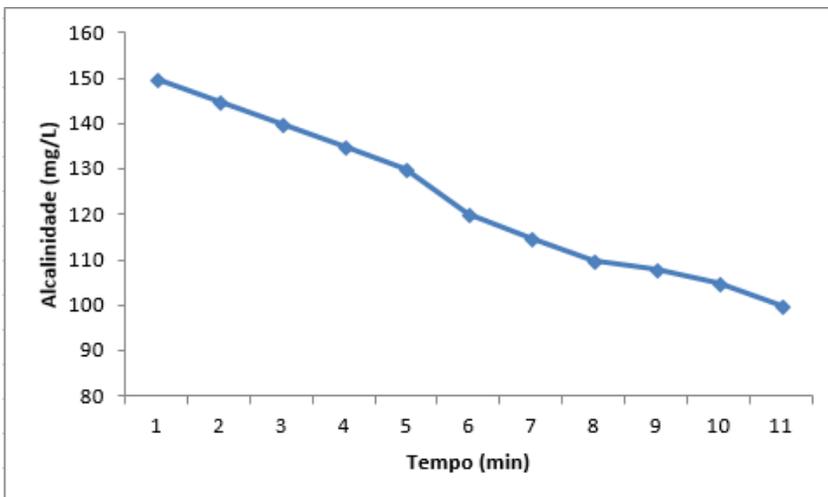


Figura 5: Gráfico representativo dos níveis de alcalinidade durante o tratamento.

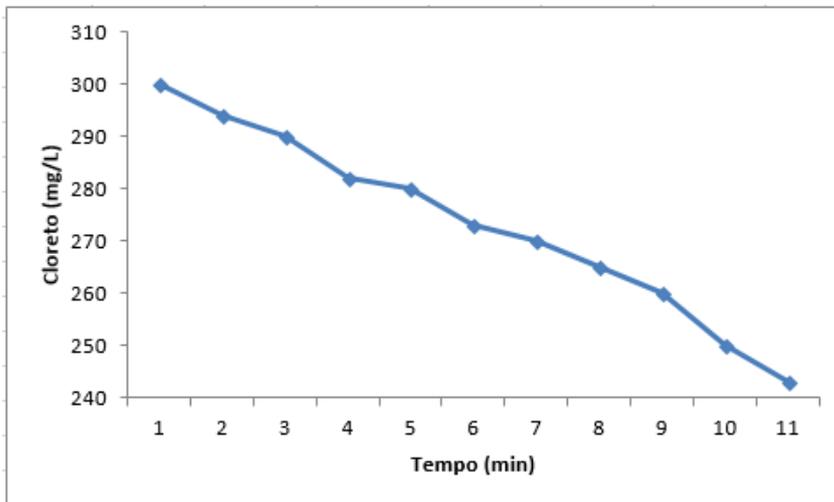


Figura 6: Gráfico representativo dos níveis de cloreto durante o tratamento.

No que se refere aos parâmetros acima dos valores permitidos observa-se que o aumento da dureza é classificada de acordo com os níveis de cálcio e carbonato presentes em mg/L de água, sendo assim considerada muito dura quando apresenta maior que 180mg/L (LIBÂNIO, 2010). Na análise inicial antes do tratamento da água em questão, se encontrava com 400mg/L constatando os riscos, onde estudos epidemiológicos têm revelado que a ingestão de águas com dureza muito elevada está relacionada com a maior ocorrência de doenças renais em humanos e também em animais. Como confirma o NRC (2001), quando a água apresenta concentrações elevadas não deve ser oferecido ao gado. Visto que pode ocasionar problemas de saúde e/ou baixa produção. Pois, segundo Barbosa et al. (2006) o aumento na ingestão de água tem efeito no funcionamento renal.

Por outro lado, estudos indicam que as águas de dureza mediana não aparecem apresentar risco para a saúde pública. No entanto, os dados existentes ainda não são suficientes para uma associação entre causa e efeito (LIBÂNIO, 2010).

Com relação ao parâmetro da alcalinidade de uma água de acordo com Alves (2012), pode ser prejudicial à saúde pois estudos demonstram que pode provocar alteração no paladar e a rejeição da água pelo organismo. Citando também que, sua importância se dá pelo controle de determinados processos em estações de tratamento hídrico, estando associado a dureza da água. Além disso, a alcalinidade da água influencia no tratamento da mesma para o consumo da população.

Dentre as diferentes formas de nitrogênio, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos. O nitrito um outro composto de nitrogênio representa uma fase intermediária entre a amônia (forma mais reduzida) e o nitrato (forma mais oxidada) (KINDLEIN, 2010). Na literatura relata-se que o composto inorgânico nitrato causa bastante preocupação em águas subterrâneas, pois geralmente está presente nas zonas rurais e suburbanas, em seus reservatórios de água (BAIRD; CANN, 2011).

Uma preocupação recente trata do aumento dos níveis de nitrato na água, particularmente em água de poços, sendo a principal fonte deste nitrato a lixiviação que é um processo erosivo ocasionado a partir da lavagem da camada superficial do solo pelo escoamento das águas superficiais. O que diminui, em elevado grau, a sua fertilidade ao longo do tempo de terras cultivadas para os rios e fluxos de água (BROTTO et al., 2014).

O excesso de íon nitrato em água potável é preocupante, de acordo com Bouchard et al. (1992), estudos realizados na Austrália e Canadá mostraram aumento significativo de malformação congênita associada à ingestão de alta concentração de nitrato. Como o

nitrogênio amoniacal é um dos primeiros passos da decomposição da matéria orgânica, sua presença indica contaminação recente e pode estar relacionada à construção precária dos poços e falta de proteção do aquífero (ALABURDA; NISHIHARA, 1998).

Seu consumo, por meio das águas de abastecimento está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metahemoglobinemia, especialmente em crianças (impedindo o transporte de oxigênio no sangue). Esse fato é conhecido como a “Síndrome do Bebê Azul”, e afeta principalmente as crianças muito pequenas e também os idosos podendo causar cianose intensa (devido à metahemoglobinemia), e levar à morte. As altas concentrações de nitrato podem acarretar graves consequências à saúde, entre eles ocorre um aumento no risco de aparecimento de linfomas em pessoas que ingerem, em longo prazo (BOUCHARD et al., 1992).

Conforme pesquisas, têm sido associadas à ocorrência de câncer estomacal ou de esôfago pela formação N-nitrosaminas, um potente agente carcinogênico, além de aumentar a probabilidade de câncer de mama em mulheres (BAIRD; CANN, 2011).

Nos animais problemas podem ocorrer, como nos ruminantes (bovinos e ovinos) e alguns monogástricos (equinos) que apresentam certas bactérias no trato digestivo que convertem nitrato em nitrito, levando a uma forma de envenenamento (ZUBLENA et al., 2001). Sendo assim, não ser possível descartar uma investigação sobre a ocorrência de doenças causadas pela ingestão de nitratos, mesmo em concentrações moderadas.

Com relação ao cloreto, sendo ele um elemento que aparece em pequenas proporções na composição química da crosta terrestre, embora se apresente em grandes concentrações nas águas subterrâneas (CONCEIÇÃO et al., 2009). Altas concentrações de cloreto conferem sabor à água e efeitos laxativos em quem está acostumado a consumir água com baixas concentrações (BATALHA; PARLATORE, 1993).

Um importante fator a ser considerado é a pele, o cloro destrói o equilíbrio natural das bactérias benéficas da nossa pele que tem uma ecologia própria que precisa ser preservada, a fim de manter a pele saudável (NETO et al., 2012). Os efeitos nos animais segundo Wynsberghe et al. (2009) num experimento realizado constatou que, foi trabalhando com 0, 1 e 2% de cloreto de sódio (NaCl) na água consumida por novilhas Hereford com 10 meses de idade na Universidade de Nevada, observou-se que causou diminuição no CAO (Consumo de água ofertado no bebedouro) e perda de peso.

## **Conclusão**

Cabe observar que, no caso das pequenas e médias populações urbanas e comunidades rurais, as águas subterrâneas, empregadas como fontes alternativas de abastecimento, são utilizadas diretamente, sem nenhum tratamento prévio. Estes resultados mostram a importância do monitoramento dessas águas por um determinado período, visando à tomada de ações preventivas.

O método de tratamento de água utilizando sistema com reator adsorptivo de carvão ativado alimentado por energia solar é uma alternativa executável para combater a salinização da água, pois trata-se de técnica economicamente viável e em perfeita sintonia com o pensamento ambiental contemporâneo. Pois a energia utilizada é de fonte sustentável e inesgotável. Não obstante, os resultados almejados foram alcançados, de maneira eficaz tendo os níveis de dureza, nitrato, nitrito, alcalinidade e cloreto fossem reduzidos aos parâmetros aceitáveis pela norma vigente.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao proprietário do poço localizado no município de Surubim-PE, pelo apoio e concessão da água para o experimento.

### **Declaração de conflito de interesses**

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## Referências

- ÁGUA AZUL. Nitrito e Nitrito. Disponível em: Acesso em: <[http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores\\_13.php](http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores_13.php)> 24 mai. 2017.
- ALABURDA, J.E.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Revista de Saúde Pública*, n.32,v.2. 1998. p.160-165.
- ALVES, C. E. S. **Fundamentos da química ambiental**. Maringá: Centro universitário de Maringá, 2012. (Bacharel em química).
- BAIRD, C.; Cann, M. **Química Ambiental**. (4. Ed.) Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BARBOSA, A.M.; VALADARES, R.F.; VALADARES FILHO, S.C. [et al.]. Efeito do período de coleta de urina, das concentrações de concentrado e de fontes protéicas sobre a excreção de creatinina, de uréia e de derivados de purina e a produção microbiana em bovinos Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.870-877, 2006
- BATALHA B.L., PARLATORE A. C. **Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais**. CETESB, São Paulo: 1993.
- BEZERRA, A. Energia Solar. **Aquecedores de Água**. Livraria Itaipu Editora Ltda., Curitiba, PR, 1982.
- BORGES. P. V. et, al. **Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande- PB, 2010.
- BOUCHARD, D.C.; WILLIAM, S.M.K. Nitrate contamination of groundwater; sources and potential health effects. *Journal of the American Water Works Association*. 1992.
- BRASIL. A. C. G. M. L. et al, Núcleo de Estudos do Futuro. **ENERGIAS RENOVÁVEIS : LEITE, BOLETIM DE INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE**. São Paulo: Núcleo de Estudos do Futuro, 2013. (Dissertação de graduação).
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 20, 18 de junho de 1986. *Diário Oficial, República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 jul. 1986* BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001. 32p
- BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Publicado no D.O.U.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Publicado no D.O.U.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**.

- BRASIL, Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera** a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria de Minas e Metalurgia; CPRM – Serviço Geológico do Brasil [CD ROM] Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil, Sistema de Informações Geográficas ± SIG. Mapas na escala 1:2.500.000. Brasília: CPRM, 2001. Disponível em 04 CD's.
- BROTTO, M. E. Silva, L. C. M., **Nitrato em água: ocorrência e consequências**. Escola Superior de Química, São Paulo: 2014.
- CASALI, Carlos Alberto. **Qualidade Da Água Para Consumo Humano Ofertada Em Escolas E Comunidades Rurais Da Região Central Do Rio Grande Do Sul**. 2008. 173p. Dissertação. Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, 2008.
- CONCEIÇÃO, F. T., Cunha, R., Sardinha, D. S., Souza, A. D. G.; Sinelli, O. **Hidrogeoquímica do Aquífero Guarani na área urbana de Ribeirão Preto (SP)**.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil, **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de Surubim Estado de Pernambuco**, CPRM/PRODEEM, 2005.
- CRAVO, J. G.; CARDOSO, H. E. **Projeto de Dessalinização de Solos e Água**. Nota Técnica nº1, SRH/MMA, Brasília, DF, 1996a.
- CUNHA, Ananda Helena Nunes. **O reúso de água no brasil: a importância da reutilização de água no país**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011 Pág. 1225 à 1248. Disponível em . Acesso: 27/05/2017.
- EMBRAPA. 2000. ZANE DIGITAL - **Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil**. V. 1.0.20. Brasil.
- FREITAS, M. B. & ALMEIDA, L. M., 1998. **Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário**. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. CD-ROM, São Paulo: Sonopress-Rimo.
- FREITAS, Marcelo Bessa de; BRILHANTE, Ogenis Magno and ALMEIDA, Liz Maria de **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. *Cad. Saúde Pública* [online]. 2001, vol.17, n.3, pp.651-660. ISSN 1678-4464.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Geografia do Brasil. Região Nordeste**. Rio de Janeiro: SERGRAF, 1977. Disponível em 1 CD.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapas Base dos municípios do Estado de Pernambuco, 2000**. Escalas variadas. Inédito.

FURTADO, M. Desinfecção - **Alternativas ao cloro melhoram qualidade da água, com segurança, 2011.** Disponível em: . Acesso em: 14 set. 2016.

GIMENES, J. C. **Captação E Aproveitamento De Água De Chuva: Estudo Experimental Da Qualidade De Água De Um Telhado Verde E De Um Telhado Convencional.** 112p. Projeto de Graduação (Obtenção do título de engenharia civil)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.

HETRICK, J.; Parker, R.; Pisigan, R.; Thurman, N. **Progress report on estimating pesticide concentrations in drinking water and assessing water treatment effects on pesticides removal and transformation:** a consultation, Briefing document for a presentation to the FIFRA Scientific advisory panel. 2000.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 1994. **Dados sobre Domicílios no Estado do Rio de Janeiro.** Anuário Estatístico do Brasil, v. 54. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Pesquisa. **Censo 2010**, disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>, acesso em: 25/05/2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Pesquisa. 2016, disponível em: <http://http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=261450> acesso em: 25/05/2017.

INMET. **Normais Climatológicas 1961 a 2000.** INMET. Brasília, 2016.

KINDLEIN, P. C. **Determinação do teor de nitratos e nitritos na água de abastecimento no município de nova Santa Rita.** Canoas: Centro universitário La Salle – Unilasalle, 2010. (Bacharel em química)

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** (3. Ed.) Campinas: Átomo, 2010.

MACÊDO, J.A. **Águas e Águas.** São Paulo: Varela, 2001. 505p

MAHLER, R.L., COLTER, A. et al. **Nitrate in Groundwater.** University of Idaho - Extension, 2007.

MORELLI, Eduardo Bronzatti. Reuso de água na lavagem de veículos. Dissertação. 107 fls. São Paulo, 2005. Disponível em <[https://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art\\_1120048943\\_reuso\\_d](https://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art_1120048943_reuso_d)>. Acesso: 27/05/17.

METCALF & EDDY, Inc. Constituents in wastewater. In: \_\_\_\_\_ **Wastewater engineering: treatment and reuse.** 4. ed., rev. G. Tchobanoglous, F. L. Burton, H. D. Stensel. New York: McGraw-Hill, p. 29-151, 2003.

MIERZWA, José Carlos; SILVA, Maurício Costa Cabral da; RODRIGUES, Luana Di Beo and HESPANHOL, Ivanildo. **Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração:** avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2008, vol.13, n.1, pp.78-87. ISSN.

- NETO, J. L. S.; Maria, R. O. P. **Análise de cloretos da água de abastecimento de uma cidade localizada no estado de pernambuco através do método volumétrico de mohr.** 2012.
- NORDBERG, G. F.; GOYER, R. A. & CLAKSON, T. W., 1985. **Impact of effects of acid precipitation on toxicity of metals.** *Environmental Health Perspectives*, 63:169-180.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of the dairy cattle.** 7.ed. Washington: D.C.: National Academy Press, 2001. 363p.
- ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM/UNESCO). **¿Hay suficiente água en el mundo?.** OMM n. 857. 1997. 22p
- PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **Informe regional sobre avaliação 2000 na região da Américas: água potável e saneamento, estado atual e perspectivas.** Washington, D C.: Organização Pan-Americana da Saúde, 2001.
- PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesianos do município de Santa Clara do Sul.** Lajeado: Centro universitário UNIVATES, 2010. (Monografia para graduação)
- PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **Informe regional sobre avaliação 2000 na região da Américas: água potável e saneamento, estado atual e perspectivas.** Washington, D C.: Organização Pan-Americana da Saúde, 2001.
- SANTOS, F. G.; FELICIANO, S. **Determinação Da Dureza Total Da Água De Poços Artesianos No Município De Ourinhos – Sp.** In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7, 2008, Ourinhos – SP. Resumos. Departamento de Ciências Biológicas Faculdades Integradas de Ourinhos – FIO/FEMM.
- SILVA, RCA; ARAUJO, TM. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA).** *Ciênc. Saúde Coletiva*, vol.8 no.4. São Paulo, 2003.
- SILVA, Giulliano Guimarães et al. **Tratamento de água de reservatórios por dupla filtração, oxidação e adsorção em carvão ativado granular.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2012.
- SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005, 452p.
- SECRETARIA DOS TRANSPORTES, ENERGIA E COMUNICAÇÕES. **Projeto Água Pura por Destilação Solar Coordenadoria de Energia.** Pernambuco, 1984.
- SILVA, D. R. **Uso da radiação solar na desinfecção microbiológica da água de uma cisterna de uso doméstico.** Rio Verde: Universidade de Rio Verde, 2014. (Dissertação de graduação).
- SOARES, C. **Tratamento De Água Unifamiliar Através Da Destilação Solar Natural Utilizando Água Salgada, Salobra E Doce Contaminada** Florianópolis: Universidade Federal De Santa Catarina, 2004. (Dissertação de mestrado).

WEGELIN, M.; CANONICA, S.; MECHSNER, K.; FLEICHMMAN, T.; PESARO, F.; e METZLER, A. (1994) **Solar Water Disinfection: Scope on the Process and Analysis of Radiation Experiments.** J. Water SRT-Aqua, Vol. 43(3), pp. 154-169.

WESTPHALEN, A. P. C., Corção G., Benetti A. D. **Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano.** Vol. 21, n. 3 (jul./set. 2016), p. 425-436 Engenharia sanitária e ambiental: órgão oficial de informação técnica da ABES. 2016.

WYNSBERGHE, D.V.; NOBACK, C.R.; CAROLA, R. [et al.]. Human Anatomy & Physiology, 3 ed., Internacional Edition, MacGraw-Hill, 1995. Disponível em: [www.ihs.pt](http://www.ihs.pt)

XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE. 2014, Natal-RN. **Tratamento De Água Através Da Radiação Solar Em Comunidades Rurais Do Curimataú Oriental Paraibano.**