

Monitoramento da qualidade de água residencial e in natura para análise de tratamento alternativo, Amapá, Brasil

O presente artigo é resultado do projeto integrador Vozes do Rio Jari, desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. A bacia hidrográfica do Rio Jari está inserida em uma área geográfica onde a dinâmica climática é muito intensa. O município de Laranjal do Jari - AP tem um histórico singular de eventos extremos caracterizados por enchentes duradouras que, acrescido da falta de infraestrutura, deixa a população em situação de vulnerabilidade todos os anos. O objetivo da pesquisa foi analisar a qualidade físico-química e microbiológica da água recebida por moradores da Rua da Antiga Usina, localizada às margens do Rio Jari, e propor alternativas de tratamento de baixo custo enquadrando-os aos padrões determinados pela Portaria de Consolidação 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde. O experimento, foi realizado a partir de três metodologias de tratamento: confecção de um filtro caseiro de baixo custo, utilização de um filtro de barro industrializado e técnica de desinfecção por irradiação solar. Foi escolhido um ponto de coleta no final da área de estudo, com cinco campanhas realizadas na escala temporal de 7 dias alternados da água direto da torneira do consumidor e três campanhas da água direto do Rio Jari para melhor testar a eficiência do filtro caseiro. As análises e avaliações dos padrões de potabilidade foram feitas antes e depois do processo de filtração e irradiação solar para comprara-las. Os resultados permitiram concluir que os filtros proporcionaram uma melhora significativa nos padrões de potabilidade. O filtro caseiro se mostrou um eficiente instrumento de melhoria da qualidade da água trazendo resultado semelhante ao tradicional filtro de barro, em razão do valor e da facilidade de transportar o filtro de plástico, uma valida solução para amenizar os problemas com água potável em locais de vulnerabilidade doméstica e para os trabalhadores da floresta que podem transportar o mesmo.

Palavras-chave: Potabilidade; ODS 6; Custo-benefício; Laranjal do Jari; Amazônia.

Monitoring the quality of residential and fresh water for analysis of alternative treatment, Amapá, Brazil

This article is the result of the integrative project Voices of Jari River, developed at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Amapá, which is in line with the 2030 agenda. The Jari River watershed is in a geographic area where the climate dynamics is very intense. The municipality of Laranjal do Jari has a unique history of extreme events characterized by long-lasting floods that, added to the lack of infrastructure, leave the inhabitants in a vulnerable situation every year. The objective of the research was to analyze the physical-chemical and microbiological quality of the water received by residents of Old Power Plant Street, located on the banks of the Jari River, and to propose low-cost treatment alternatives, fitting them to the standards determined by the Consolidation Ordinance 888 from the Ministry of Health in May 4, 2021. The experiment was carried out using three treatment methodologies: making a low-cost homemade filter, using an industrialized clay filter and disinfection technique by solar irradiation. A collection point was chosen at the end of the study area, with five campaigns carried out on a time scale of 7 days, alternating direct water from the consumer's tap and three campaigns of water direct from the Jari River to better test the efficiency of the homemade filter. Analyzes and assessments of potability standards were carried out before and after the filtration and solar irradiation process to purchase them. The results allowed us to conclude that the filters provided a significant improvement in potability standards. The homemade filter proved to be an efficient instrument for improving water quality, bringing a similar result to the traditional clay filter, due to the value and ease of transporting the plastic filter, a valid solution to lessen the problems with drinking water in places of domestic vulnerability and for forest workers who may transport the same filter as well.

Keywords: Potability; SDG 6; Cost benefit; Laranjal do Jari; Amazon.

Topic: **Planejamento, Gestão e Políticas Públicas Ambientais**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **30/06/2022**

Approved: **11/10/2022**

Nubia Caramello 

Instituto Federal do Amapá, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/8155132371455051>

<http://orcid.org/0000-0002-2167-9759>

nubia.caramello@ifap.edu.br

Marta dos Santos Furtado 

Instituto Federal do Amapá, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/883778508876152>

<http://orcid.org/0000-0002-7137-7580>

edimarta1604@hotmail.com

André Bacelar Rodrigues 

Instituto Federal do Amapá, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/1906470875847437>

<http://orcid.org/0000-0002-8242-4629>

andre.rodrigues@ifap.edu.br



DOI: 10.6008/CBPC2237-9290.2022.002.0011

Referencing this:

CARAMELLO, N.; FURTADO, M. S.; RODRIGUES, A. B.. Monitoramento da qualidade de água residencial e in natura para análise de tratamento alternativo, Amapá, Brasil. *Natural Resources*, v.12, n.2, p.107-122, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2022.002.0011>

INTRODUÇÃO

O acesso precário à água potável é uma situação comum presente na realidade das famílias brasileiras e uma preocupação em escala global para a Organização Mundial das Nações Unidas - ONU. O abastecimento tem trazido preocupações aos gestores públicos, pois a falta de acesso a água tem sido considerada um dos grandes fatores de risco à saúde, além de limitar o desenvolvimento local, como salienta Rodrigues (2022): “A disponibilidade de água potável influencia diretamente sobre a melhoria da qualidade de vida e saúde da população, pois se reduz a incidência de agravos e doenças relacionadas ao consumo de água contaminada (...)”.

Fatores que se agravam na região amazônica que engloba o norte do Brasil, sobre o qual os dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS (2020), mostram que 41,10% da população do Norte não recebe água tratada, recorrendo ao consumo de águas inadequadas para suprirem suas necessidades básicas diárias. Realidade presente no estado do Amapá, um dos mais preservados do Brasil, com aproximadamente 65% de suas matas em pé, que precisa de um olhar atento para o impacto que a ausência da implantação do saneamento básico completo pode ocasionar na biodiversidade e na qualidade de vida dos moradores urbano e rural.

As margens da bacia do Rio Jari no estado do Amapá, está o município de Laranjal do Jari, cidade caracterizada erroneamente como uma das maiores favelas fluviais construídas sobre águas pluviais do mundo (CARAMELLO et al., 2022), sofre com as variações climáticas ano após ano, onde a população é afetada diretamente com a subida e descida das águas do rio acarretando problemas com a reduzida oferta de água potável disponibilizada pela rede pública, onde atinge severamente a qualidade de vida da população, que muitas vezes não dispõe de recursos suficientes para suprir a demandas mínimas de água para o consumo.

No período das cheias a população passa por dificuldades em relação aos serviços básicos essenciais, uma delas é a distribuição de água potável que por muitas vezes, eles precisam usar a água diretamente do rio acarretando a graves problemas de saúde. Essa situação ocorre devido a canalização ficar totalmente submersa fazendo com que a distribuição seja por meio da defesa civil que utiliza de transporte aquático como canoas e catraias (pequenas embarcações a motor) para acessar essas moradias e assim, fazer a distribuição da água. A água disponibilizada pela defesa civil é armazenada em baldes, bacias e caixas d'água coletiva onde cada morador por meio de um balde leva água para suas residências, sem um controle do procedimento da retirada correto acabam sendo contaminadas.

Sendo assim, a grande maioria da população que mora nas áreas de palafita (conhecidas também com passarelas) as margens do rio vivem em condições supostamente precárias de abastecimento de água. Com isso, faz-se necessários estudos a respeito da qualidade da água ofertada e da utilização de soluções que visam amenizar ou sanar essa situação. Nessa perspectiva, a aplicação de tecnologias simples, sustentáveis e de baixo custo como a construção de um filtro doméstico, utilização de filtros de barro e processo de desinfecção por irradiação solar são alternativas válida para a melhoria na qualidade dessa água?

No intuito de responder esta pergunta, a presente pesquisa, visou analisar a água entregue a população fornecida pela concessionária, onde a mesma foi coletada direto da torneira do consumidor, e passou por análises laboratoriais e assim, foi feita a utilização de técnicas como: irradiação solar, filtragem com filtro convencional de barro e construção um filtro de materiais recicláveis utilizando baldes de manteiga e velas de cerâmica similares aos filtros de barro tradicionais, afim de avaliar a eficiência equiparando os parâmetros entre eles.

Diante do exposto o presente artigo realizou um monitoramento da qualidade da água de uma residência amostral no bairro Malvinas e “in natura” coletada no Rio Jari, considerando parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, visando correlacionar propostas alternativa de tratamento de qualidade da água, identificando qual terá melhor eficiência de baixo custo de acordo com os padrões determinados pela Portaria de Consolidação nº 5 – Anexo XX, alterada pela Portaria nº 888 de 4 de maio de 2021.

O estado da arte

A água é o bem mais precioso e indispensável para a sobrevivência de todo ser. Sem água não haveria possibilidade de vida. A Lei 9.433/1.997 (BRASIL, 1997) rege o direito de uso e acesso, todos devem ter acesso a mesma como fonte fundamental a vida. Conforme Milaré (2000):

[...] ela participa com elevado potencial na composição dos organismos e dos seres vivos em geral, e suas funções biológicas e bioquímicas são essenciais, pelo que se diz simbolicamente que a água é elemento constitutivo da vida. Dentro do ecossistema planetário, seu papel junto aos biomas é múltiplo, seja como integrante da cadeia alimentar e de processos biológicos, seja como condicionantes dos diferentes habitats. (MILARÉ, 2000)

Porém, sua presença precisa estar vinculada não somente com a quantidade disponível, mais também, com a qualidade que ela chega a todos que a necessita. Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2015), o Brasil possui em seu território uma grande oferta de água que chega em média cerca de 260.000 m³/s, sendo que 205.000 m³/s fica na Região Hidrográfica Amazônica. Mesmo com essa quantidade de água doce distribuída na Região Amazônica ainda se enfrentam sérios problemas com relação ao acesso a água potável, pois, grande parte da população não desfruta desse bem essencial de qualidade.

Essa qualidade é representada por diversos parâmetros onde o Ministério da Saúde em sua Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece procedimentos e responsabilidades ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano definindo os padrões de potabilidade nos parâmetros (Tabela 1) físicos que englobam cor, turbidez, gosto, odor e temperatura; parâmetros químicos: pH, cloraminas, dióxido de cloro, cloro residual livre, fluoreto, e produtos secundários da desinfecção; microbiológicos: coliformes totais, *Escherichia coli*, cianobactérias e cianotoxinas.

A PEC número 04, de 07 de fevereiro de 2018, autoria de Jorge Viana, inclui na Constituição Federal, os direitos e garantias fundamentais ao acesso à água potável: “é garantido a todos o acesso à água potável em quantidade adequada para possibilitar meios de vida, bem-estar e desenvolvimento socioeconômico” (BRASIL, 2018, p.2). Com isso, é papel do Estado a promoção e garantia desses direitos sem que haja violação.

Tabela 1: Parâmetros para Sistema de distribuição e pontos de consumo.

Descrição	Parâmetro de Referência
pH para temperatura 25C°	6,0 a 9,0
Cloro residual livre	Mínimo, 0,2 mg/L
Turbidez	5,0 NTU
Cor aparente	15,00 mgPt-Co/L
	*Método de comparação Visual 2120B
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL

Fonte: Elaborada a partir da Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021.

De acordo com Grassi (2004):

Por todos esses motivos, o acesso universal à água potabilizada e distribuída em todos os domicílios deve fazer parte, prioritariamente, da pauta de todas as políticas públicas, seja de saúde, ambiental, de bem-estar social e de desenvolvimento urbano e regional. O uso da água para o abastecimento humano, sob a forma de sistemas de distribuição urbanos é o mais importante e o mais nobre entre os usos da água e de suas fontes naturais (...). (GRASSI, 2004)

A questão de água apropriada ao consumo humano vem sendo bastante debatida em toda sociedade, pois a disponibilidade de água potável influencia diretamente a qualidade de vida da população reduzindo a incidência de doenças relacionados ao consumo de água contaminada. Segundo informações do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, em torno de metade das pessoas nos países em desenvolvimento são afetadas por problemas de saúde decorrentes de água e saneamento, estabelecendo a segunda maior causa de mortalidade infantil no mundo (ONU, 2015).

Em 2010 as Nações Unidas no Brasil (ONUBR) em sua resolução, expressou grande preocupação com a situação de pessoas no mundo que não possuem o acesso à água potável e acesso a saneamento básico (RODRIGUES, 2022). Em 18 de março de 2021, o UNICEF - Fundo Internacional de Emergência das Nações Unidas para a Infância - divulgou que globalmente mais de 1,42 bilhões de pessoas abrangendo 450 milhões de crianças não possuem água suficiente para atender suas necessidades diárias.

No Brasil, o valor universal ao acesso à água está explícito na Lei 11.445/2007 que trata do (Saneamento Básico), onde estabelece um conjunto de ações, desde a preservação dos mananciais, prioridade de acesso para o consumo humano e a produção de água potável e sua distribuição. Nesse aspecto, a ONU, no sentido de melhorar essa universalização criou um Objetivo de Desenvolvimento Sustentável destinado a essa temática, o ODS 6, em sua Agenda 2030 (ONU, 2015), onde vem assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Colocando como metas:

- 6.1 Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos.
- 6.2 Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade.
- 6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.
- 6.4 Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.

6.5 Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado.

6.6 Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.

6.a. Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso.

6.b. Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento. (ONU, 2015)

A Agenda 2030 é tentativa de uma resposta ao descaso com políticas públicas voltadas a qualidade hídrica, considerando que no final do século XIX e início do século XX, o Brasil com o crescimento das cidades e população apresentava frequentes problemas com epidemias de doenças infecciosas relacionadas a insuficiência de serviços de água tratada e encanada. Não existia um equipamento que ficasse nas residências para filtrar a água e deixando-a boa para o consumo. Com a chegada dos imigrantes italianos e portugueses os filtros antigos foram aperfeiçoados com as velas e filtros para tratamento da água que já existiam na Europa.

Eram peças de metal ou de pedras rudimentares e velas de pedra porosas com formato de disco coladas com breu e cera. Após décadas foram desenvolvidas as velas atuais que apresentam uma camada de cerâmica e dentro carvão ativado e prata coloidal para otimizar a purificação da água.

Os filtros atuais de cerâmica são um conjunto com dois recipientes acoplados com velas filtrantes onde a filtração ocorre por gravidade. No recipiente superior coloca a água onde se encontra a vela que fará a filtração e gotejará no recipiente inferior armazenando-a para o consumo. A velas filtrantes possuem uma cerâmica com poros pequenos (micrometros) medindo de 0,8 e 4,0 μm denominadas velas microporosas. Onde, elas conseguem reter parcelas significativas de bactérias, cistos, ovos de helmintos, oocistos e trofozoítos de protozoários (GUSMÃO, 2008).

Nesse sentido, existem vários estudos com a proposta de criar técnicas para minimizar os riscos de agentes biológicos presentes na água. Em escala nacional existe um trabalho desenvolvido por Alberani Pinheiro Maciel sob orientação do Prof. Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes durante o curso de especialização em Extensão, Inovação Socioambiental e Desenvolvimento de Sistemas Agroalimentares (AGIS), onde foi desenvolvido na comunidade de Maracapucu, Abaetetuba- PA um filtro com baldes de manteiga e velas de filtração para purificar a água consumida pela comunidade local com resultados atestados e cerca de 653 famílias foram atendidas (MACIEL, 2020).

Em escala internacional na Uganda desenvolveram filtros ecológicos para utilização em escolas e casas onde transformam a água de um lago em água potável conforme reportagem de Mugambwa, Gebhardt em 2022. No Haiti, Lisa Ballantin presidente da Fundação Água Pura, cuja missão é oferecer filtros para purificação da água para pessoas com recursos limitados, desenvolveram um filtro simples, eficaz e sustentável, compostos por um pote de fundo redondo onde existe uma mistura de argila e prata coloidal, que se trata de um antibacteriano natural que melhora a velocidade de remoção de bactérias para o filtro.

Ele possui uma tampa evitando contaminação. Quando usada, a água sai de um pote de cerâmica

filtrada para um balde onde é armazenado e consumido. Nesse sentido, não é difícil obter água potável com técnicas de baixo custo que amenizem os problemas com falta de água tratada.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O estudo integra o Programa Vozes do Rio Jari (CARAMELLO et al., 2022), desenvolvido no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amapá, coordenado pelo Departamento de Biologia e da Pós-Graduação em Agroextrativismo e Desenvolvimento Regional, aprovado pelo Comitê de Ética com registro CAAE 59933922.3.0000.0211. Foi delimitado territorialmente para coleta de dados a Rua Antiga da Usina, conhecida popularmente como Xirizal, localizada às margens do Rio Jari, no município de Laranjal do Jari - AP. A população municipal estimada em 2021, conforme pesquisas do IBGE é de 52.302 pessoas (IBGE, 2021). A cidade inicia-se às margens do Rio Jari, que na década de 70 ficou conhecida como Bairro Beiradão (TOSTES, 2012) ou da Beira, sendo a Rua da Antiga Usina, uma das primeiras a surgir no local (Fig. 1) e implantada em uma área da várzea do rio, com dinâmicas de subidas e descidas de suas águas, conforme a estação climática e as alterações antropogênicas de uso e ocupação ao longo de seu histórico ocupacional.



Figura 1: Delimitação da Rua da Usina localizada no município de Laranjal do Jari – AP. **Fonte:** Rodrigues (2022).

De acordo com Tostes (2012), a cidade ampliou-se na porção da área da várzea ainda na década de 90, momento em que a Rua da Antiga Usina se configura em um trecho terrestre de aproximadamente 800 metros. Atualmente, essa é uma rua asfaltada, que possui em suas margens as porções alagadas, as quais conectam seus moradores através das passarelas (ruas sob as palafitas (Fig. 2) e das casas construídas nesse espaço, que são em grande parte feita de madeira, esse espaço sofre os impactos causados pela dinâmica das subidas e descidas das águas do rio Jari.



Figura 2: Áreas de palafitas que interligam a Rua da Antiga Usina.

Instrumentos e técnicas utilizadas

O presente estudo se configura como uma pesquisa exploratória e experimental realizada nos meses de junho, julho e agosto de 2022, onde foi escolhido um ponto de coleta em uma residência localizada no final da Rua da Antiga Usina (área do estudo), sendo essa uma das residências impactadas de maio a julho de 2022 pela enchente do município de Laranjal do Jari – AP, com a finalidade de avaliar se os parâmetros analisados estão em conformidade com os instrumentos legais referentes aos aspectos qualitativos de potabilidade, após a área ter sido atingida pelo longo período de enchente, considerando que os encanamentos que levam águas tratada as residências podem ser comprometidos pela correnteza do Rio Jari, que atinge toda a área de estudo.

O experimento foi realizado em três metodologias de tratamento, sendo que o primeiro consiste na confecção de um filtro de baixo custo (Fig. 2B) contendo os seguintes materiais: (2 baldes de manteiga de 15L, uma torneira de plástico com válvula de vedação, 4 ‘velas de filtração tendo em sua composição caulim, carvão ativado com prata, minério cerâmicos, resinas termoplásticas compostas por PVC, cola hot melt, aço inox e composto de nanopartículas antimicrobianas’ (EBF- Industria e Distribuidores de Purificadores). O custo médio do filtro alternativo é de R\$ 42,00 reais (Tabela 2), podendo variar conforme fornecedores e opções de adesão do material.

Tabela 2: Relação de preços.

Quantidade	Descrição	Valor Un.	Total
2	Balde de manteiga	R\$ 3,00	R\$ 6,00
1	Torneira	R\$ 2,70	R\$ 2,70
4	Vela de filtração	R\$ 8,00	R\$ 32,00
2 m	Adesivo plástico (opcional)	R\$ 2,25	R\$ 4,50
Total			R\$ 45,20

As outras duas alternativas consistiram na utilização de um filtro de barro industrializado contendo 4 velas (Fig. 2C) com as mesmas referências que o filtro caseiro (Fig. 4B) e a utilização da técnica de desinfecção por irradiação solar com a utilização de uma garrafa pet e um recipiente de alumínio (Fig. 4A).



Figura 3: Filtro de barro e recipiente para técnica de desinfecção por irradiação solar.

Cada recipiente de tratamento alternativo, as amostras da água residencial, passaram por análise de qualidade hídrica no próprio laboratório onde foi realizado as análises. Foram realizadas 4 coletas para análises químicas e microbiológicas. As amostras foram coletadas em 5 garrafas pets “de água mineral” de

1,5 L, onde a água foi descartada e lavada com a própria água da torneira em estudo para eliminar qualquer resíduo da água mineral.

Elas foram encaminhadas para o laboratório da empresa parceira Estação de Tratamento de Água – ETA, de Monte Dourado, distrito de Almeirim – PA, onde foram transportadas e acondicionadas em uma bolsa térmica preservando-as de influências externas para que fossem realizadas as análises dos parâmetros de pH, turbidez, cor aparente, cloro residual livre, coliformes totais e *Escherichia coli*. O tempo entre a coleta e as análises das amostras não ultrapassou 24 h, conforme estabelece o Manual Prático de Análises de Água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2013).

A análise de pH foi determinada por leitura no pHmetro, devidamente calibrado, onde a água foi colocada num recipiente de aproximadamente 100 ml onde foi introduzido o eletrodo para a mensuração do valor do pH da amostra. Para determinação da Turbidez foi utilizado o aparelho Turbidímetro Hach 2100p. A amostra de água foi colocada na cubeta de vidro e introduzida no aparelho onde a leitura foi fornecida em unidade nefelométrica de turbidez (NTU).

A cor aparente foi determinada por um Colorímetro. Para a determinação do Cloro Residual Livre foi utilizado o método DPD, a amostra foi colocada na cubeta e adicionado o reagente para cloro livre, em seguida foi feita a comparação visual no comparador Visodisc, método OTA com os padrões de Cloro Residual Livre. Já para a análise de coliformes totais e *escherichia coli*, foram utilizados os testes microbiológicos aprovados pelo INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Isso foi utilizado nas amostras coletadas nas residências onde a água foi adicionada em um recipiente medindo 100 ml e adicionado uma porção de tio sulfato de sódio (medida já separado pelo kit) para neutralização do cloro. Em seguida com a utilização de uma seringa, foi adicionado 1,0 ml da amostra distribuído em toda parte da cartela onde foi lacrada e levada a estufa com temperatura de 36°C a 37°C por 15 horas.

A análise do parâmetro coliforme, coletada amostra de água na residência amostral e “in natura” diretamente do Rio Jari, utilizou-se a técnica com kit de análise microbiológica. Onde a amostra coletada foi adicionada no recipiente próprio do kit, na quantidade de 100 ml e adicionado, e em seguida levado a estufa por 18 horas a temperatura de 35 °C onde o resultado demonstrará: purpura = negativo (Fig. 4B), amarelo = positivo para coliformes totais e fluorescência ou formação (Fig. 4C), e aréola avermelhada = positivo para *Escherichia coli* (Fig. 4D).

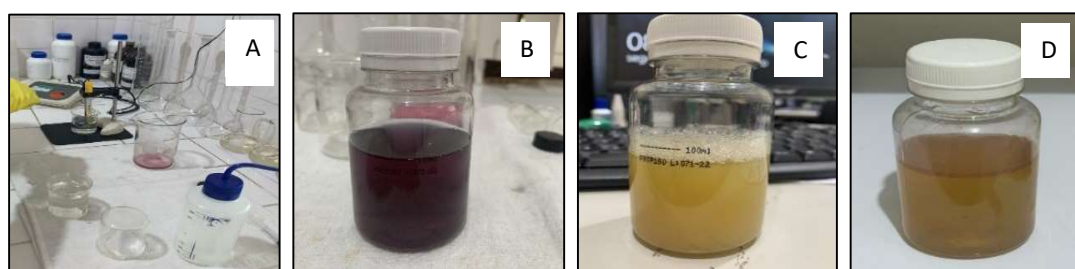


Figura 3: Técnica para análise do teste Colitest, KLP Produtos, 2022.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cor da água é decorrente de sua capacidade de absorção de certas radiações com aparência visível,

isso se dá geralmente devido a substâncias de origem mineral e orgânicas dissolvidas no estado coloidal ou em suspensão. Sua cor pode ser indicativa de poluição, no entanto, a cor geralmente não tem significado sanitário, porém, afeta expressivamente a confiabilidade da qualidade (RICHTER, 2009). De acordo com o quadro 1, observa-se que a cor real em todos os testes das amostras: torneira residencial, filtro de barro, filtro caseiro e irradiação solar foram zero, o que leva a considerar que estes parâmetros se encontram dentro dos padrões que regem a legislação. Com isso, podemos considerar que a água nas amostras não demonstra inconfiabilidade de qualidade em sua cor.

Quadro 1: Análise do Parâmetro Cor Aparente da amostra de água residencial.

Data	Torneira Residencial	Filtro Barro	Filtro Caseiro	Irradiação Solar
22/06/2022	0,00	0,00	0,00	0,00
29/06/2022	0,00	0,00	0,00	0,00
06/07/2022	0,00	0,00	0,00	0,00
13/07/2022	0,00	0,00	0,00	0,00
20/07/2022	0,00	0,00	0,00	0,00

Conforme Richter (2009), a turbidez é a medida da resistência da água à passagem de luz e decorre da presença de partículas em suspensão com variedade de tamanho e são de natureza: matéria orgânica, argila, silte, materiais provenientes de descargas de esgotos domésticos, industriais, galerias pluviais, bactérias, algas, pequenas bolhas de ar e micro-organismos. Essa disparidade de tamanho e natureza das partículas reveste a turbidez de uma importância fundamental no tratamento da água e torna fácil de detectar o processo adequado para sua remoção.

Quadro 2: Análise do Parâmetro Turbidez da amostra de água residencial.

Data	Torneira Residencial	Filtro Barro	Filtro Caseiro	Irradiação Solar
22/06/2022	0,43	0,36	0,40	0,44
29/06/2022	0,66	0,35	0,35	0,49
06/07/2022	0,36	0,28	0,26	0,33
13/07/2022	0,43	0,30	0,24	0,25
20/07/2022	0,34	0,25	0,25	0,35

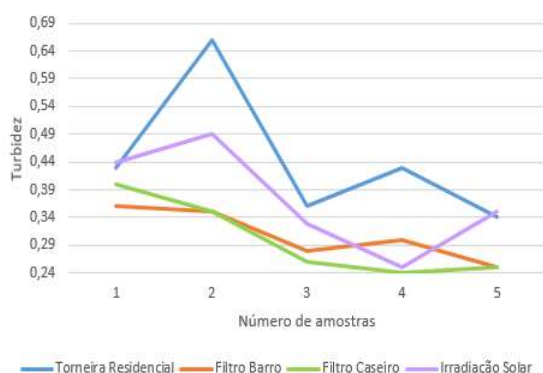


Figura 4: Variação da turbidez.

Seu parâmetro para potabilidade no parágrafo 2º, “Em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) ou pontos de consumo deverá atender ao VMP de 5,0 uT para turbidez” (PORTARIA 888, 2021). Os valores de turbidez não foram excedidos em nenhuma das coletas, comprovando que não interferiram na qualidade da água (Quadro 2). Ainda que se mantendo dentro dos padrões de potabilidade, esse parâmetro se mostrou sensível (Fig. 4), mantendo em todo as campanhas alterações, sem manter um

valor fixo, comportamento que se repetiu também em todas as propostas de tratamento alternativo utilizado.

Observou-se ainda que, ao passar pela filtração, foi identificado que houve uma melhora nos filtros de barro e filtro caseiro em relação à água da torneira residual. Essa melhora pode ter ocorrido devido às velas filtrantes que possuem em sua composição: caulim, carvão ativado com prata e minério cerâmicos onde agiram eliminando partículas suspensas nos dando resultados satisfatórios.

O pH é o potencial hidrogeniônico, foi o segundo parâmetro a ser analisado, esse consiste na concentração dos íons hidrogênio (H⁺) nas águas onde representa as condições ácidas ou alcalinas. É um dos parâmetros de maior frequência em diversos processos de monitoramento inerentes à potabilização (LIBÂNIO, 2016). Nas amostras coletadas, observou-se uma variação de 4,2 a 8,6 pH (Quadro 3). O pH, também apresentou um comportamento sensível, não mantendo um valor padrão (Fig. 5).

Quadro 3: Análise do Parâmetro pH e Temperatura da amostra de água residencial.

Data	Torneira Residencial	Filtro Barro	Filtro Caseiro	Irradiação Solar
22/06/2022	4,65	7,2	6,0	4,62
29/06/2022	6,0	7,8	8,0	6,4
06/07/2022	4,5	8,5	8,6	4,2
13/07/2022	5,0	7,4	7,8	4,7
20/07/2022	4,8	8,6	8,5	4,8

Dados essenciais			
Data	Temperatura	Horário	Horário análise
22/06/2022	24,75 C°	14:00	14:26
29/06/2022	24,36 C°	14:40	15:12
06/07/2022	25,01 C°	14:45	15:15
13/07/2022	24,40 C°	15:03	15:30
20/07/2022	24,40 C°	14:39	15:03



Figura 5: Variação do pH.

Pode-se observar no (Quadro 3), que os valores do potencial hidrogeniônico (pH), em relação a análise da água recebida direto da torneira do consumido, apresentou pH menor que 6,0 em 90% das análises, colocando-os em não conformidade com os valores limites estabelecidos pelos padrões determinados pela portaria 888/2021 (Tabela 1), que apresentam valores limites entre 6,0 a 9,0 para 25°C. Possivelmente, esses valores baixos caracterizando-os a um pH ácido decorre de possíveis erros no processo de bombeamento do agente corretor de pH da concessionária. Conforme Richter (2009) “A acidez pode ser corrigida com adição de cal ou de carbonato de sódio (barrilha), em quantidade suficiente para neutralizar o ácido e fornecer um leve excesso de alcalinidade [...]”.

Em uma comparação com o filtro de barro e filtro caseiro em relação a água da torneira do

consumidor amostrada, houve uma melhora no pH das análises após processo de filtragem, enquadrando-os aos limites estabelecidos pela portaria vigente e tirando-os da condição ácida. É provável que esse aumento se deu devido ao tipo do material filtrante usado nos filtros, fato possivelmente associado à composição das velas que possuem parede microporosa que junto com o carvão ativado trabalham filtrando e reduzindo o cloro, cor e turbidez da água. Já no sistema de irradiação solar, o pH se manteve semelhante ao da torneira residual sem grandes alterações e fora dos padrões estabelecidos.

As bactérias do grupo coliforme predominam normalmente no trato intestinal dos animais homeotermos, servindo como indicadores da contaminação da água por fezes, elas existem naturalmente no solo e na vegetação e estão associadas à maioria das doenças provenientes de águas contaminadas onde os organismos patogênicos são eliminados pelas fezes atingindo o ambiente aquático (LIBÂNIO, 2016). Foi detectada ausência desses indicadores em 100 ml de água nas cinco campanhas (Quadro 4). Isso demonstra que essa água recebeu tratamento adequado na desinfecção tornando-as de acordo com a portaria vigente.

Quadro 4: Análise do Parâmetro Coliformes da amostra de água residencial.

Data	Torneira Residencial	Filtro Barro	Filtro Caseiro	Irradiação Solar
22/06/2022	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
29/06/2022	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
06/07/2022	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
13/07/2022	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
21/07/2022	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

De acordo com os parâmetros citados na portaria descritos na tabela (1), estabelece que: “É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo” (BRASIL, 2021). Neste sentido, a utilização do cloro nos sistemas de abastecimento e distribuição de água é de suma importância na desinfecção e potabilidade para o consumo humano.

Conforme (Quadro 5) e (Figura 6), fica notório que a água da torneira residual apresentou divergência em relação aos parâmetros estabelecidos e inconformidade já que na primeira amostra não foi detectado residual de cloro. Sendo que na terceira amostra detectou um potencial de 1,5 onde mostra uma falta de parâmetro e controle dele. A falta do cloro é bem provável que ao ser coletada a água e armazenada em caixa d'água, esse cloro pode ter perdido seu potencial ou houve uma falha na adição do mesmo junto a concessionária. Essa falta pode acarretar uma vulnerabilidade a contaminação já que o cloro forma compostos que permanecem na água proporcionando residual desinfetante ativo inativando os microrganismos após o ponto de sua aplicação (LIBÂNIO, 2016).

Quadro 5: Análise do Parâmetro Residual de Cloro da amostra de água residencial.

Data	Torneira Residencial	Filtro Barro	Filtro Caseiro	Irradiação Solar
22/06/2022	0,0	0,0	0,0	0,0
29/06/2022	0,2	0,0	0,0	0,2
06/07/2022	1,5	0,2	0,2	0,2
13/07/2022	0,5	0,2	0,2	0,4
20/07/2022	0,5	0,2	0,2	0,0
Dados essenciais				

Data coleta	Temperatura	Horário	Horário análise
22/06/2022	24,75 C°	14:00	14:26
29/06/2022	24,36 C°	14:40	15:12
06/07/2022	25,01 C°	14:45	15:15
13/07/2022	24,40 C°	15:03	15:30
20/07/2022	24,40 C°	14:39	15:03

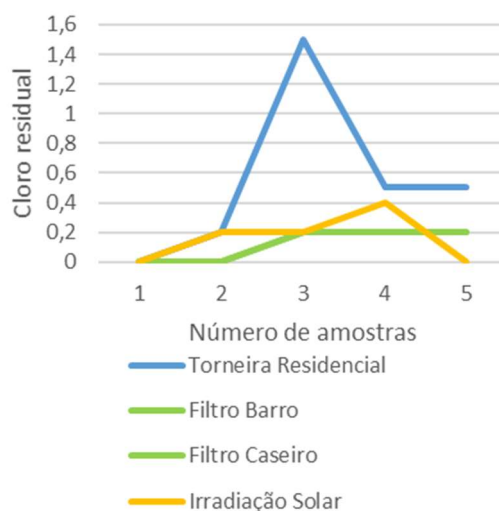


Figura 6: Variação de residual de cloro.

Quanto ao filtro de barro e caseiro, houve uma melhora nos índices após filtração e estabilidade de 0,2 e retirada total dele mostrando um bom resultado e dando maior qualidade a essa água. Já o sistema de irradiação solar também se mostrou eficiente sem muitas alterações.

No intuito de abranger o estudo e a eficácia do sistema alternativo de tratamento utilizado, foi decidido testar os filtros em comparação aos demais processos com água bruta diretamente do Rio Jari para melhor análise de sua eficácia, considerando que, com a água tratada, ele se comportou como um excelente instrumento de melhoria da água tratada. Os parâmetros analisados nessas amostras, serão os mesmos para água potável conforme tabela (1), já que o estudo visa melhoria em água para consumo humano.

Pode se constatar no (Quadro 06), que o parâmetro Cor da água bruta encontra-se fora dos padrões de potabilidade que rege a Portaria 888/2021. Ao ser passado pelo processo de filtração nos filtros de barro e caseiro, tivemos uma resposta satisfatória, onde a cor foi completamente limpa comprovando a eficiência dos filtros. Já no processo de irradiação solar, não houve muita alteração quando a coloração da água, ainda que para as campanhas de 11 e 18 de agosto tenha apresentado resultados melhores do que a água *in natura*. Quando ao comportamento das variáveis, somente a água bruta e a irradiação solar apresentados valores a, sendo o primeiro de 50 a 60, e o segundo de 30 a 60 (Fig. 8).

Quadro 6: Análise do Parâmetro Cor Aparente da amostra de água in natura (Rio Jari).

Data	Água Bruta	Filtro Barro	Filtro Caseiro	Irradiação Solar
04/08/2022	60,00	0,00	0,00	60,00
11/08/2022	50,00	0,00	0,00	40,00
18/08/2022	50,00	0,00	0,00	30,00

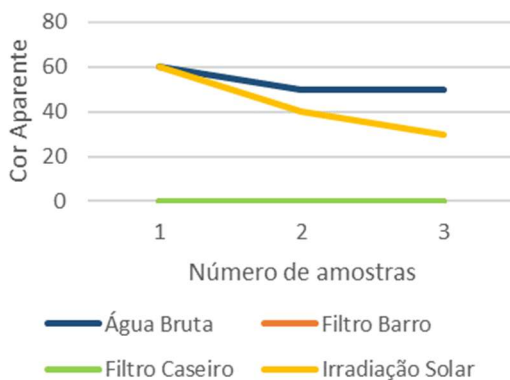


Figura 8: Variação da cor aparente em amostra de água *in natura*.

Quanto a turbidez, as coletas das três campanhas foram feitas em um período não chuvoso e ensolarado, não havendo assim interferências naturais, mantendo diferente da água tratada uma menor diferença entre as variações dos valores (Fig. 9) mantendo uma simetria, tendo maior variação o filtro caseiro que na primeira campanha obteve valor 0,23 e na última de 0,40. De toda forma o filtro caseiro se mostrou mais eficaz no tratamento desse parâmetro.

Quadro 7: Análise do Parâmetro Turbidez da amostra de água *in natura* (Rio Jari).

Data	Água Bruta	Filtro Barro	Filtro Caseiro	Irradiação Solar
04/08/2022	1,80	1,20	0,23	1,63
11/08/2022	1,62	1,12	0,38	1,62
18/08/2022	1,63	0,80	0,40	1,50

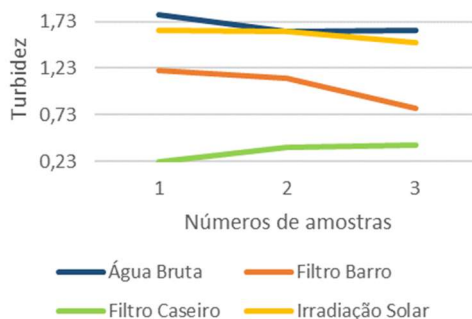


Figura 9: Variação da Turbidez em amostra de água *in natura*.

As amostras foram coletadas, no ponto de acesso para o monitoramento de qualidade de água na margem esquerda do Rio Jari (Fig. 10), ainda que não visível na amostra no rio a água passa a sensação de turbidez alta.

Conforme (Quadro 7), o processo de filtração com o filtro caseiro se mostrou mais eficiente que os demais processos baixando a turbidez a um nível aceitável. Provavelmente essa baixa do filtro caseiro em relação ao de barro está relacionada ao material que compõe os mesmos, já que o filtro de barro pode reter algumas impurezas por ser formado por paredes porosas e o caseiro de material plástico onde não retém partículas em suspensão em suas paredes.



Figura 10: Margem esquerda do Rio Jari.

Em relação ao pH, (Quadro 8, Fig. 11) os filtros alteraram sua condição de acidez para alcalinidade em todas as amostras, já o processo de irradiação solar, não houve muita diferença em relação a água bruta. Duas amostras se mantiveram estáveis e em uma decaiu para um nível mais ácido colocando-a fora dos padrões aceitáveis.

Quadro 8: Análise do Parâmetro pH amostra de água in natura (Rio Jari).

Data	Água bruta	Filtro Barro	Filtro Caseiro	Irradiação Solar
04/08/2022	6,7	8,1	7,5	6,7
11/08/2022	6,7	7,8	7,9	5,7
18/08/2022	7,1	8,1	7,8	7,0

Dados essenciais			
Data a	Temperatura	Horário	Horária análise
04/08/2022	23,20 C°	08:00	08:20
11/08/2022	23,12 C°	08:35	09:00
18/08/2022	23,40 C°	09:00	09:15

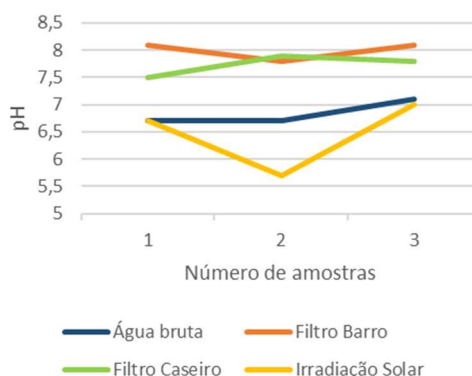


Figura 11: Variação do pH em amostra de água in natura.

Observa-se no quadro (9), que em todas as amostras analisadas da água bruta apresentam coliformes totais, e 90% apresentam bactéria termotolerante *Escherichia coli*, qualificando essa água imprópria ao consumo humano.

Quadro 9: Análise do Parâmetro Coliformes da amostra de água in natura (Rio Jari).

Parâmetro analisado: Coliformes						
Data	Amostra	Água Bruta	Filtro Barro	Filtro Caseiro	Irradiação Solar	
04/08/2022	1 Campanha	<i>Escherichia coli</i>	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
		Coliformes totais	Presente	Presente	Presente	Ausente
11/08/2022	2 Campanha	<i>Escherichia coli</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
		Coliformes totais	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
18/08/2022	3 Campanha	<i>Escherichia coli</i>	Presente	Ausente	Ausente	Ausente

	Coliformes totais	Presente	Presente	Presente	Presente
--	-------------------	----------	----------	----------	----------

A bactéria de *Escherichia coli*, são gram-negativas que produz a enzima β glucoronidase, fermenta a lactose e algumas formas são capazes de causar sérios problemas intestinais (LIBÂNIO, 2016). Quanto aos coliformes totais nas etapas de pós-filtragem, nenhuma atingiu a ausência como exigida pela norma. Porém, em casos em que há a falta de água tratada, os filtros em conjunto com o processo de desinfecção com hipoclorito de sódio doado pelos órgãos de saúde, torna-se viáveis, resultado de futuros estudos. Já o processo de irradiação solar, foi mais eficaz em 90% das amostras. Porém, para que seja totalmente dentro da norma, os parâmetros precisariam estar todos em conformidades para que seja considerada uma água tratada.

CONCLUSÕES

Conclui-se que embora as casas sejam servidas por água proveniente da rede de abastecimento da cidade, conforme análise e dados obtidos, verificou-se que alguns padrões de potabilidade das amostras de água entregue pela concessionária não se enquadraram no que tange a lei vigente 888/2021, principalmente em relação ao pH e residual de cloro que precisam ser corrigidos evitando problemas futuros aos consumidores, já que os mesmos utilizam do processo de armazenamento da mesma para o uso diário. Portanto, é necessária a atenção sobre a qualidade da água consumida por essa população que sofre no período de subida e descida das águas do Rio Jari, visto que estão sujeitas a contaminação caso não haja um processo de potabilização adequado.

No entanto, após a água ser submetida aos processos de filtração nos filtros de barro e caseiro, resultando na melhoria dela. Salientando que o filtro caseiro obteve melhores resultado nos padrões que o filtro industrializado e o processo de irradiação solar. Através da análise do pH, fica evidente que os filtros caseiro e de barro, possuem um melhor desempenho para processar uma água já tratada tornando-as com mais qualidade, uma vez que seus sistemas de filtração permitem que uma água, antes ácida, torne-se uma água com potencial elevado conforme a Lei 888, de 4 de maio de 2021.

Em relação à água bruta, os filtros não foram capazes de eliminar os coliformes totais, porém fica evidente a melhoria dessa água nos outros parâmetros. Este procedimento pode ser utilizado como uma etapa final. A recomendação para as áreas onde o sistema de tratamento da rede de saneamento não alcance, é que seja feito primeiramente a desinfecção da água com hipoclorito doado pelas Unidades Básicas de Saúde, após desinfecção, levá-las ao filtro para potencializar o tratamento da cor, turbidez e correção de pH. Porém, importante destacar que não foi identificado coliformes totais em nenhuma análise de água tratada pela concessionária já que ela realizou os processos de desinfecção com cloro em sua estação de tratamento. Houve presença apenas nas águas in natura.

O filtro caseiro por ter uma confecção acessível em relação ao de barro que pode chegar a mais de 250 reais (adquirido para o experimento em junho de 2022, por 290,00 reais), torna-se uma proposta a ser levada a comunidades ribeirinhas onde não há um sistema de tratamento de água.

Já no processo de irradiação solar, 90% de suas amostras apresentaram ausência de coliformes.

Porém, não obteve êxito nos demais padrões. Por fim, houve uma resposta satisfatória quanto a proposta de utilizar um filtro caseiro, uma tecnologia simples e de baixo custo, no entanto, com um excelente potencial de uso doméstico para melhorar o consumo de água potável. Assim, conclui-se que com técnicas simplificadas é possível obter água com boa qualidade e consequentemente minimizar os problemas da comunidade local que sofre com os problemas relacionados à água potável de qualidade.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2015.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4 ed. Brasília: FNS, 2013.

BRASIL. Plenário do Senado Federal. **Comissão de constituição, Justiça e Cidadania, Alteração, Constituição Federal, Direitos e Garantias Fundamentais, acesso à água potável entre os direitos e garantias fundamentais**. Brasília: DSF, 2018.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Parâmetros de controle de vigilância da água. Brasília: DOU, 2021.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Abastecimento de Águas**. Brasília: SNIS, 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Brasília: DOU, 1997.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007**. Saneamento Básico. Brasília: DOU, 2007.

CARAMELLO, N.; KRUGER, J.. Programa vozes do Rio Jari: uma contribuição científica à gestão pública socioambiental de Laranjal do Jari-AP/Brasil. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v.13, n.3, 2022.

GRASSI, L. A. T.. **Direito à água**. Porto Alegre, 2004.

GUSMÃO, P. T. R.. **Manual de Orientações: Filtro Doméstico**. Recife: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados Cidades**. Brasília: IBGE, 2021.

LIBÂNIO, M.. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4 ed. Campinas: Átomo, 2016.

MACIEL, A. P.. **Filtro de Água de Baixo Custo**. Um Produto Da Tecnologia Social De Formação de Agentes de Inovação Socioambiental (TS - AGIS). 2020.

MILARÉ, E.. **Direito do Ambiente**: doutrina: prática: jurisprudência: glossário. 2 ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000.

ONU. Organização das Nações Unidas Brasil. **Agenda 2030. Água potável e Saneamento**. ONU, 2015.

RICHTER, C. A.. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

RODRIGUES, H. A.. **Princípio do Mínimo Existencial e Sustentabilidade das Políticas Públicas do Meio Ambiente com ênfase no saneamento básico**. São Paulo: Dialética, 2022.

TOSTES, J. A.. **Transformações Urbanas das Pequenas Cidades Amazônicas (AP) na Faixa de Fronteira Setentrional**. Rio de Janeiro: Publit, 2012.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.