



## DESENVOLVIMENTO, ANÁLISE DA EFICÁCIA E APLICAÇÃO DE UM SISTEMA PARA PURIFICAÇÃO DE ÁGUA NA ESCOLA DE UMA COMUNIDADE RURAL

*(Development, Analysis of the Effectiveness and Application of a System for Water Purification in the School of a Rural Community)*

**Nivaldo Rodrigues Silva<sup>1</sup>**

**Waldinei Rosa Monteiro**

*Pesquisadores junto ao Programa de Pós-graduação em Ciências e Meio Ambiente. Área de Concentração em Recursos Naturais e Sustentabilidade. Universidade Federal do Pará – UFPA.*

<sup>1</sup> *He is a Master Student of the Postgraduate Program in Sciences and Environment. Area of Concentration in Natural Resources and Sustainability by the Federal University of Pará - UFPA. Belém-Pará-Brazil. He is a Telecommunications Specialist from the Federal University of Pernambuco (2001), graduated in ENGENHARIA ELÉTRICA by the Federal University of Amazonas (1988) and holds a Bachelor's Degree in Mathematics from the Federal University of Amazonas (1986). He is currently a professor at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Amazonas.*

<sup>2</sup> *Waldinei Rosa Monteiro, He holds a Masters in Chemistry from the Federal University of Pará and a PhD in Chemistry from the Military Engineering Institute (IME). Has done postdoctoral training in ceramic biomaterials at the University of Limoges (Unilim) - France. He worked at the National Institute of Space Research, FUNCATE - Foundation of Space Applications and Technologies and University of the Valley in São José dos Campos. He is currently Coordinator of the Laboratory of Catalysis & Chemical Oil and Professor of Chemical Physics at the Federal University of Pará.*



### ABSTRACT

According to the Nations United, water contaminated kills more than war. In addition, the lack of water and sanitation treatment leads to the deaths of thousands of people. It has a direct influence on quality of life, health and human development. Specifically in Brazil, mainly in the Amazon Region, due to the big territory and lack of basic infrastructure, this situation is even worse. Treatment options in these regions are scarce, and social technologies are being developed to provide absence of essential services for the population. The aim of this work is to develop a water treatment system for human consumption in the Rural Settlement of Canoas, 38 kilometers from Presidente Figueiredo - Amazonas. Bacteriological analyzes were performed on water samples from the wells, before and after the implementation of the automatic system proposed in this dissertation. Thus, the analyzed water sources were considered unsuitable for human consumption without previous treatment of the automatic system. With the use of the system, the analyzes carried out by the Sanitary Surveillance of the Municipality of Presidente Figueiredo showed that the results did not present any more indexes of water contamination, that is, the water was eliminated, making it suitable for human consumption.

**KEYWORDS:** Water Treatment. Automatic System. Social Technologies.

### INTRODUÇÃO

A água é fundamental para a manutenção da vida na terra. Dessa forma, é imprescindível reconhecer a sua relevância, pois envolve a sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade. Ou seja, nosso planeta não teria se transformado em um ambiente propício para a vida sem

a existência de água (BACCI; PATACA, 2008; VICTORINO, 2007). Porém, milhões de pessoas no mundo morrem anualmente devido às doenças relacionadas à água (ORGANIZATION, 2011), por conta de contaminações. Campos et al. (CAMPOS; FILHO; FARIA, 2002) acredita que o motivo prioritário da alta taxa de contaminação da água está relacionado ao grande poder solvente que ela apresenta. Consequentemente, isso facilita a dispersão e dissolução de substâncias solúveis e possivelmente nocivas. Um outro ponto a ser destacado é que a água pode ser contaminada no seu ponto de origem, durante a sua distribuição e nos reservatórios empresariais e domésticos e, a contaminação da água pode também estar relacionada à carência de programas de limpeza e desinfecção regular e periódica (GERMANO P. M. LAND GERMANO, 2003). Assim, caso não seja realizado um tratamento adequado, a água também pode se tornar um meio de transmissão de várias doenças (FREITAS L. L.; SILVA, 2013).

Os microrganismos desempenham importantes funções na transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Em contrapartida, a maioria das doenças de veiculação hídrica é provocada justamente pelos microrganismos patogênicos (SPERLING, 2005). O desconhecimento e a desinformação quanto aos diversos microrganismos existentes na água para o consumo humano são fatos comuns vividos pelo homem nativo da região amazônica. O motivo de se fazer ações voltadas para a desinfecção da água tem como finalidade diminuir

o risco de enfermidades por ela transmitidas através da destruição ou inativação dos diversos organismos patogênicos que estão, ou podem estar, presentes nas fontes de água em que as pessoas usam para satisfazer suas necessidades básicas (SCHERER, 2004).

O processo de desinfecção mais aplicado nos sistemas de abastecimento de água no mundo é o que envolve a adição de cloro ou produtos à base de cloro como agentes desinfetantes. No último século, o cloro foi introduzido massivamente no tratamento da água como complemento do processo de filtração, que já era conhecido e utilizado, constituindo, então, uma revolução tecnológica no tratamento da água (BRASIL, 2014). Os principais produtos da família do cloro disponibilizados no mercado para a realização da desinfecção da água são: Cloro gasoso, Cal clorado, Hipoclorito de sódio e Hipoclorito de cálcio. Especificamente no caso do hipoclorito de sódio as principais vantagens que Scherer (SCHERER, 2004) aponta são:

- Capacidade de utilização sem a necessidade de armazenamento de grandes quantidades para posterior aplicação;
- Custo bastante favorável em relação à maioria dos demais desinfetantes similares;
- Não apresenta a elevada produção de subprodutos e elementos indesejáveis para a preservação da saúde humana;
- Apresenta grande facilidade de controle e de manutenção no processo de distribuição e uso;
- Apresenta eficiência compatível à do gás cloro (no caso específico do íon hipoclorito).

Ainda segundo Scherer (SCHERER, 2004), tendo por base as características do hipoclorito de sódio observados acima, os resultados do custo e de qualidade sanitária são compatíveis em termos operacionais. Como exemplo, podemos destacar a ação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) que utiliza o hipoclorito de sódio em várias Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's). Os equipamentos e sistemas utilizados no processo de cloração da água são as bombas dosadoras elétricas de diafragmas e de pistão, hidrojatores a vácuo, dosadores de nível constante, clorador de pastilha, sistemas automatizados, dentre outros. Todos funcionam satisfatoriamente dependendo da complexidade ou simplicidade de cada sistema (BRASIL, 2005).

Tratando-se da região Amazônica, as políticas públicas de assistência técnica, social e de infraestrutura são frequentemente pouco aplicáveis, comprometendo os assentamentos rurais nessas regiões. Somados a esse fator, os assentamentos possuem uma infraestrutura de saneamento muito incipiente. A água para o consumo das famílias é proveniente dos igarapés ou de poços. Assim, em virtude

dos fatos mencionados, este trabalho tem como alvo de pesquisa o Assentamento Canoas, localizado no município de Presidente Figueiredo – Amazonas, onde é comum o uso de água potável ser adquirida a alguns quilômetros de distância, ou então, comprada pelas empresas que comercializam água mineral, quase sempre adquirida na sede do município. Essa preocupação com a água para beber ocorre somente em um grupo pequeno de famílias que possuem condição de assim proceder, pois a maioria da população do local tem condições e ainda não compreende o perigo das doenças que podem surgir a partir do uso das águas das cacimbas que utilizam para beber.

A busca por fontes alternativas pode levar ao consumo de água com qualidade sanitária duvidosa e em volume insuficiente e irregular para o atendimento das necessidades básicas diárias (RAZZOLINI M. T. P.; GÜNTHER, 2008). A dificuldade de acesso à água potável e segura, em regiões distantes e sem acesso à rede de tratamento é ainda mais agravante. Existem muitos métodos para o tratamento da água em regiões rurais, nestes lugares são tomadas providências para diminuir o risco da contaminação. O governo Brasileiro possui programas sociais para o tratamento da água de consumo humano. A Portaria n° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, determina que toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deve passar por processo de desinfecção ou cloração (BRASIL, 2011). Por isso o governo distribui hipoclorito de sódio em regiões rurais onde há ausência de abastecimento de água tratada. Porém, a utilização desse recurso é, muitas vezes, pormenorizada. Neste estudo, o produto empregado para a desinfecção da água é o hipoclorito de sódio. Esse produto combinado com o sistema proposto consiste de uma alternativa para a solução do problema de contaminação de água nesse tipo de organização comunitária, a saber um assentamento. Assim, espera-se que com a instalação do sistema, a água tratada poderá ser utilizada para o consumo humano, limpeza de alimentos e nas refeições.

O sistema é formado por uma plataforma eletrônica microcontrolada, dosadores, bombas, sensores, válvulas e tanques reservatórios. O sistema proposto detecta automaticamente quando o nível da água é atingido nos tanques e faz a dosagem do hipoclorito de sódio a um dos tanques que possui a água a ser tratada pelo sistema. Após o tempo da reação química, conforme especificado pelo Ministério da Saúde, a água é então liberada pelo sistema na condição de própria para o consumo humano.

## 1. REFERENCIAL TEÓRICO

### Importância da Qualidade da Água para a Qualidade de Vida

A relevância da água não envolve apenas as suas funções na natureza, mas também exerce papel na saúde, economia e qualidade de vida humana (SOUZA et al., 2014). Em termos biológicos, o corpo humano é considerado uma máquina hidráulica por conter em média 60% de água em sua composição física. O ser humano consegue até sobreviver sem alimentos durante um mês, mas não consegue resistir sem consumir água por mais de 48 horas. Na produção agrícola, a água representa até 90% da composição física das plantas. Nas indústrias, a maioria das vezes, a quantidade de água utilizada é superior ao volume de material produzido (VICTORINO, 2007).

A qualidade da água é um conceito relativo que depende diretamente do uso a que se destina, uma vez que para cada tipo de uso, existe um padrão de qualidade especificado pela legislação. Os padrões de potabilidade da água para balneabilidade são diferentes, por exemplo, dos padrões para irrigação e para o consumo humano e no Brasil tais critérios são determinados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A análise microbiológica da água é uma importante ferramenta para determinar sua qualidade em termos de consumo.

Os coliformes são grupos de bactérias que se classificam em coliformes totais e coliformes fecais ou termotolerantes. Os coliformes totais possuem características morfológicas na forma de bactérias gram-negativas, não formando esporos e podem ser aeróbicas ou anaeróbicas. Elas são capazes de fermentar lactose com produção de gás de 24 a 48 horas, a temperaturas que variam de 35 a 37°C. Já os coliformes fecais estão associados às fezes de animais de sangue quente. Essas bactérias fermentam a lactose com

produção de gás em até 24 horas, a temperaturas que variam de 44,5 a 45,5°C (SILVA, 2015). Esses coliformes estão associados a um elevado número de patologias, onde os agentes são isolados em laboratórios de microbiologia e diretamente considerados como a causa da maioria das infecções intestinais humanas conhecidas. O indicador patogênico de origem fecal mais comumente encontrado é a *Escherichia coli*. Essa bactéria na presença de água, indica que há contaminação por fezes (HOFSTRA; VELD, 1998; TORTORA; FUNKE; CASE, 2005).

### A importância do Cloro

O cloro ou produtos à base de cloro são utilizados no processo de desinfecção dos sistemas de abastecimento de água. No último século, ele foi introduzido no tratamento da água como complemento do processo de filtração. O uso desse produto foi eficaz devido a sua acessibilidade em quase todos os países do mundo, com custo razoável, alta capacidade oxidante da matéria orgânica e inorgânica, seu efeito residual, sua ação germicida de amplo espectro e boa persistência nos sistemas de distribuição. A característica efeito residual é um requisito que atende à Portaria no 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que estabelece em seu Art. 34: "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".

Os compostos mais utilizados no processo de desinfecção da água são o cloro gasoso, a cal clorada, o hipoclorito de sódio e o hipoclorito de cálcio. A escolha do processo de desinfecção varia de acordo com o sistema de abastecimento, de maneira que o processo seja econômico, eficaz, confiável e permanente.

### Bombas Dosadoras

Nessa pesquisa enfatizamos dois tipos de controle da dosagem dos produtos à base de cloro existentes no mercado que consistem de Bomba Dosadora injetora, também conhecidas por Bomba Dosadora Eletromagnética e Bombas Dosadora Peristáltica. As Bombas Dosadoras são projetadas para a dosagem de qualquer líquido, incluindo produtos químicos agressivos, sendo que praticidade, agilidade de operação e economia são alguns dos seus diferenciais imediatos.

A Bomba Dosadora Eletromagnética, ou simplesmente bomba dosadora eletrônica, trata-se de um equipamento usado em processos industriais onde se demanda grande precisão na vazão a ser transferida, desenvolvida para faixa de 0,4 a 60 litros por hora. O controle da vazão pode ser feito a partir de ajuste manual ou ajuste remoto, ou também via interface por instrumentos, como exemplo: os medidores e controladores de cloro residual, leitura direta do pH e da condutividade, como também a medida da vazão de água no sistema. Vale ressaltar que as bombas dosadoras comerciais são desenvolvidas para operar com grandezas físicas na ordem de litros por hora, visto que são projetadas para grandes volumes de água. Para a necessidade de tratamento da água que é necessária para consumo na escola da comunidade, não se aplica esse tipo de bomba dosadora devido principalmente da cota de unidades de bisnaga de 50ml de hipoclorito de sódio fornecidos mensalmente pelo Ministério da Saúde e também devido a dosagem de trabalho, que normalmente operam na casa das dezenas de ml (mililitros) Para a aplicação proposta foram empregados 20 ml (mililitros) a cada 200L (litros) de água a ser tratada.

As Bombas Dosadoras Eletromagnéticas funcionam por meio de válvulas de aspiração e injeção (um tipo seringa hospitalar), por meio da atuação de um diafragma confeccionado em PTFE (Teflon), montado em um pistão (tecnicamente conhecido na mecânica por êmbolo), que é movimentado por uma bobina eletromagnética (válvula solenóide). Com a alimentação da bobina pelo circuito eletrônico de comando, o pistão é empurrado para frente, expulsando o ar da câmara. A aplicação desse tipo de bomba é destinada para dosagem de líquidos químicos em geral com baixa viscosidade. A vazão é regulável por meio da frequência de injeções (pulsos elétricos por minuto), através de um botão de acionamento que faz parte do equipamento, e também existem modelos fabricados com controle automático microcontrolado por placa eletrônica.

A Bomba Dosadora peristáltica se baseia na alternância de compressões e relaxamentos de uma mangueira, permitindo a movimentação de dosagens precisas de um fluido. Esse tipo de aparelho consiste basicamente de um cabeçote em forma de ferradura, um tipo de rotor com roletes e uma mangueira, que é posicionada entre o rotor e o cabeçote. Os roletes do rotor movem-se pela mangueira, comprimindo-a e movimentando a parte comprimida. Na porção logo atrás do rolete, forma-se vácuo que puxa o produto químico para a bomba, e empurra o fluido sem que haja deslizamentos. O funcionamento da bomba peristáltica tem como princípio a rotação de roletes que existem no interior da carcaça do cabeçote da bomba que comprime e dilata a mangueira.

O sistema das bombas peristálticas não utilizam diafragmas ou válvulas de aspiração permitindo que o sistema seja completamente autoescorvante (o produto químico não interage com o sistema) realizando a transferências do líquido direto do seu reservatório para o destino, que no nosso caso o tanque de tratamento de água, por exemplo, assim os fluidos são dosados sem contato com o ar e partes mecânicas do equipamento. Sistemas com bombas peristálticas são equipamentos utilizados para a transferência de fluidos com uma determinada vazão em ml/minuto (mililitros por minutos), l/h (litros/hora) ou diversas outras unidades físicas de medida. Consequentemente é uma excelente opção multifuncional para aplicações diversas quando se trata de controle e dosagem de fluidos, tendo como vantagem problemas de manutenção e desgaste.

Um sistema completo de bomba peristáltica é composto por três partes respectivamente, o drive (subsistema de controle eletromecânico do rotor), a cabeça (ou também denominada “cabeçote”) e a mangueira. Para cada aplicação, uma configuração pode ser montada nos casos dos sistemas mecatrônicos existentes no mercado, o que facilita a flexibilidade, economia e utilização. Na prática, essas bombas operam acima de 200 ml/h, sendo uma dificuldade técnica para pequenas dosagens, na escala de dezenas de mililitros.

## 2. Visão Geral

A investigação desta dissertação partiu da observação do alto índice de água contaminada observada pela Vigilância Ambiental no assentamento de Canoas pertencente ao Município de Presidente Figueiredo. Dadas as características naturais da região, observa-se a estrada de acesso, Figura 1 e a falta de infraestrutura de esgoto e água potável, conforme mostrado na Figura 2. Assim, para nortear a pesquisa os quesitos analisados foram:

- Ausência da rede de água e esgoto;
- Fontes de água de qualidade duvidosa;
- A falta de conhecimento com relação ao uso e tratamento da água para o consumo humano;
- O maciço uso de cacimbas para o consumo humano.
- Um número grande de forças negras na Vila de Canoas.
- A quantidade de Hipoclorito de sódio recebido mensalmente pela Escola santa Terezinha.

**Figura 1 – Acesso ao Assentamento de Canoas.**



Fonte: Próprio autor (2017)

O sistema de purificação de água possui três etapas que são: a construção da infraestrutura hidráulica, a construção do sistema mecânico de dosagem e a verificação da qualidade da água.

Figura 2 – Infraestrutura das ruas assentamento de Canoas



Fonte: Próprio autor (2017)

Na próxima Seção será realizada uma caracterização do assentamento de Canoas, Município de Presidente Figueiredo - Amazonas.

### 3. Assentamento de Canoas - Presidente Figueiredo

O assentamento de Canoas está situado município de Presidente Figueiredo - AM. O acesso ao assentamento ocorre pela rodovia BR 174. Partindo da cidade de Manaus em direção a Presidente Figueiredo a distância corresponde a 109 km e de Presidente Figueiredo ao assentamento a distância é de 38 km. O assentamento possui a Escola Municipal Santa Terezinha e uma Unidade Básica de Saúde (UBS), ilustrados nas Figuras 3.a e Figura 3.b, respectivamente. Tanto a escola municipal como a Unidade Básica de Saúde (UBS) são abastecidas por uma (1) caixa d'água de 3.000 litros. Além disso, a escola municipal possui duas (2) fossas biológicas vide Figura 4.a e um poço artesiano vide Figura 4.b. No período sazonal da cheia, na escola e na Unidade Básica de Saúde (UBS) a água oriunda do poço artesiano sofre graves problemas de contaminação devido o encharcamento do solo. O sistema proposto tem como premissa purificar a água contaminada do poço artesiano, eliminando os coliformes totais e termotolerantes. Essa água será utilizada



na escola para o consumo humano, especificamente, no bebedouro, no cozimento de alimentos e na preparação dos sucos dos alunos e professores. Essa água tratada não será utilizada para a limpeza dos pátios e banheiros da escola. Isso se deve ao fato da limitação da quantidade de hipoclorito de sódio que é disponibilizado pelo Ministério da Saúde para cada comunidade. A escola recebe uma (1) caixa com cinquenta (50) bisnagas (frascos) de hipoclorito de sódio, que são utilizadas para misturar com a água usada em atividades essenciais, como as citadas anteriormente na escola municipal. Porém a acessibilidade de inserir o líquido no tanque principal é inviável tecnicamente. A seguir, será descrito a planta hidráulica construída para o sistema.

No Assentamento de Canoas o único método de tratamento para água é através do uso de hipoclorito de sódio cuja concentração é de 2,5 por cento na água para consumo humano. É de responsabilidade da Vigilância Ambiental a distribuição das soluções de hipoclorito de sódio em frascos de 50 ml mensalmente pelo Ministério da Saúde, de forma gratuita através da Secretaria Municipal de Saúde do município de Presidente Figueiredo/AM. As instruções de uso desse produto será mostrado a posteriori através da Figura 12.



(a) Escola Municipal Santa Terezinha.

(b) Unidade Básica de Saúde.

Figura 3 – Escola Municipal e a Unidade Básica de Saúde.



(a) Fossas Biológica.

(b) Poço Artesiano.

Figura 4 – Fossa Biológica e Poço Artesiano.

#### 4. CONSTRUÇÃO DA INFRAESTRUTURA - PLANTA HIDRÁULICA

A infraestrutura hidráulica da Escola Municipal Santa Terezinha no assentamento de Canoas encontrava-se com problemas nas instalações hidráulicas, o que comprometia o uso do sistema de purificação de água. Dessa forma, foi necessário algumas manutenções na planta hidráulica da escola para que se desse início a construção do projeto do sistema de tratamento de água.

Um ponto a ser destacado é a questão de logística na região, que é extremamente complicado. Todos os materiais e equipamentos utilizados na infraestrutura hidráulica foram comprados em Manaus e transportados em carros de Manaus até o assentamento de Canoas, o que onerou a infraestrutura hidráulica construída para validar o sistema de purificação de água como também a demora na sua construção. As principais atividades realizadas na Escola Municipal Santa Terezinha no assentamento de Canoas são:

- Construção da infraestrutura para suportar os tanques 2 (de tratamento de água) e tanque 3 (de armazenamento de água tratada);
- Ampliação e instalação da tubulação do sistema proposto bem como o reparo da tubulação existente do poço artesiano até o tanque 1 (de fornecimento de água);
- Adaptação do layout da cozinha da escola para inserção do Dosador, instalação de torneiras, instalação de motobomba, instalação de uma válvula solenoide, furos nas paredes para passagem de canos e dutos elétricos, instalação da fiação elétrica e fiação de controle do sistema.

#### 5. CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DA ÁGUA

O sistema de purificação de água possui os seguintes requisitos:

- A água contaminada é fornecida como entrada no sistema, sendo gerado como saída a água própria para consumo humano;
- O fornecimento de energia elétrica é essencial para o funcionamento do sistema. A interrupção da energia tornará o sistema inoperante;
- O fornecimento de hipoclorito de sódio pela Vigilância Ambiental é o elemento fundamental para a desinfecção da água;
- Deverá ser realizado o abastecimento de hipoclorito de sódio em um recipiente pré-definido no sistema, pois o sistema não detecta automaticamente a falta desse composto, de forma que compromete o primeiro requisito do sistema;
- A garantia que o tempo de ação do hipoclorito de sódio na água seja igual ou superior a trinta (30) minutos;
- A garantia de que a dosagem do hipoclorito de sódio na água a ser tratada seja conforme a orientação do Ministério da Saúde;
- A garantia da perfeita atuação dos sensores de nível da água no tanque;
- Manter invioláveis todos os componentes do sistema.
- Manter um reservatório para o tratamento da água com hipoclorito de sódio e outro para o armazenamento e distribuição da água tratada para os usuários.

O sistema proposto é composto pelos equipamentos ilustrados na Figura 5:

- (a) três (3) tanques;
  - i. (b) quatro (4) sensores;
  - ii. (c) uma (1) válvula solenóide cromada;
  - iii. (d) um (1) dosador microcontrolado;
  - iv. (e) uma (1) motobomba periférica.



A Tabela 1 resume as principais características e parâmetros dos itens utilizados no sistema.

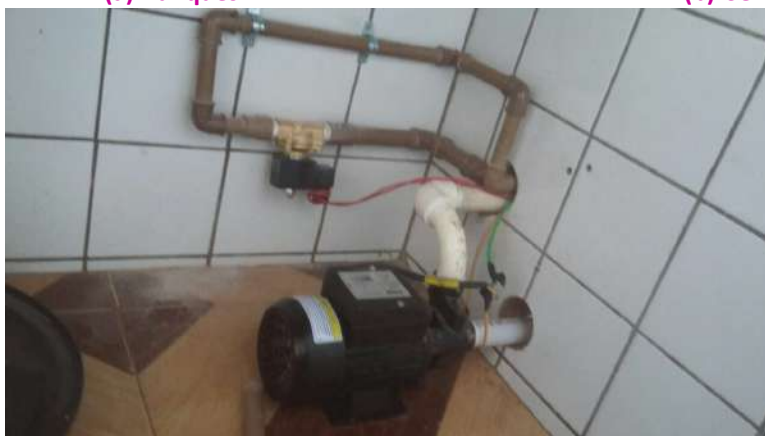
O funcionamento do sistema pode ser explicado a partir da figura 6 onde o tanque 1 que é o reservatório de água extraído do poço artesiano, ou seja, é o tanque armazenador de água a que deve ser tratada. Já o tanque 2 tem a finalidade de fazer a desinfecção da água que será tratada com o hipoclorito de sódio via o dosador. O tanque 3 tem a finalidade de realizar a distribuição de água tratada para as torneiras e bebedouros. Os tanques 1, 2 e 3 estão a uma altura em relação ao solo de 5 metros, 0 metros (nível do solo) e 4,7 metros, respectivamente.



(a) Tanques.



(b) Sensores.



(c) A motobomba e a válvula

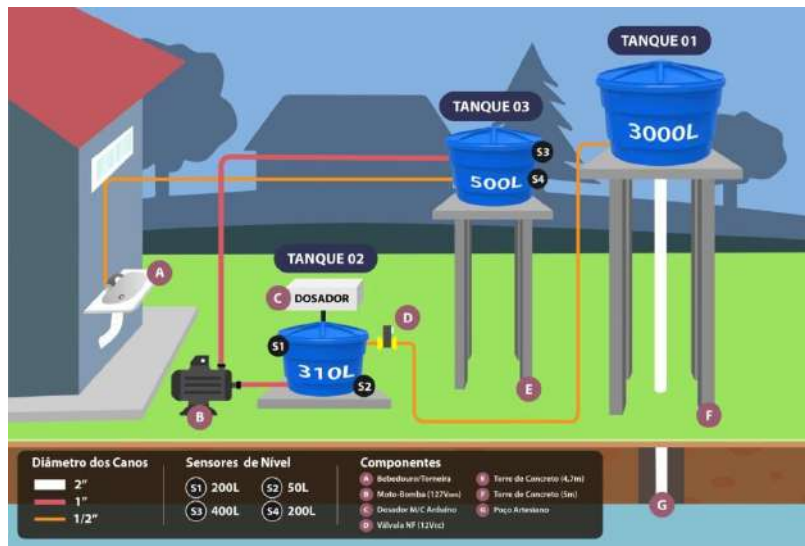
Figura 5 – Equipamentos do Sistema.

Tabela 1 – características e parâmetros dos itens utilizados no sistema.

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO
Tanque 1	3.000 litros
Tanque 2	310
Tanque 3	500 litros
Sensores	Sensor de nível líquido normalmente aberto
Válvula Solenoide	12 volts 2/2 vias - Latão 1/4 Nbr NF(contato normalmente fechado)- IP65
Dosador Microcontrolado	Desenvolvido pelo autor
Moto bomba	Moto bomba periférica shp-35 0,5 CV 110 volts - Somar

O tanque 1 alimenta o tanque 2 através da válvula solenoide (D) que por sua vez é controlada por comandos elétricos vindos do microcontrolador. O enchimento do tanque 2 esta condicionado a operar entre um nível mínimo (Sensor S2) e um nível máximo (Sensor S1) de forma que 200 litros de água é tratado por ciclo de operação. Esse tanque se mantém operando entre os níveis máximos e mínimos enquanto houver necessidade de água para consumo. Quando o tanque 2 atingir o nível de 200 litros, o circuito eletrônico do microcontrolador através de comandos automaticamente fecha a passagem de água do solenoide (D) e envia também um comando para o dosador de hipoclorito (C) para que ele injete 20 ml da solução química para a água armazenada. Após essa ação, o microcontrolador cronometra 30 minutos e acionar a motobomba (B) que fornece água ao tanque 3 por meio de uma tubulação de uma (1) polegada. A motobomba esta instalada no mesmo nível do limite mínimo do tanque 2. Esse ciclos ocorrem até o tanque 3 atingir seu nível máximo (S3) que corresponde a 400 litros de água tratada. O sistema é sensível aos sensores de níveis de líquido, que operam nos tanques 2 e 3, acionando o microcontrolador para executar cada tarefa necessária. Em resumo, o tanque 2 trata 200 litros de água, aguarda 30 minutos para que ocorra a desinfecção da água devido os 20 ml de hipoclorito dosado, e libera essa água para o tanque 3. São dois ciclos para encher 400 litros, nesse estágio o sistema se desliga automaticamente, e só volta a operar quando o nível do tanque 3 diminuir 200 litros da sua reserva.

Figura 6 – Sistema Proposto.



Fonte: Próprio autor (2017)

Para melhor detalhamento podemos explicar que cada conjunto de sensores de níveis possui um valor mínimo e o máximo de água. O tempo para encher a caixa d'água do tanque 2 varia de seis (6) a oito (8) minutos em média, dependendo da vazão da água escoada gravitacionalmente oriunda do tanque 1. O tempo para esvaziar o tanque 2 é em média quatro (4) minutos e quarenta de dois (42) segundos visto que essa vazão depende unicamente da pressão da moto bomba e da altura do tanque 3. Como a altura do tanque 3 é constante, logo o tempo de esvaziar o tanque depende exclusivamente da vazão. Durante o período que o tanque 2 se encontra cheio, ou seja, limite máximo de duzentos (200) litros, o dosador injeta vinte (20) ml de hipoclorito de sódio, de acordo com a especificação da dosagem relatada em portaria pelo Ministério da Saúde. Após a injeção de hipoclorito de sódio no tanque 2, o sistema fica no seu estado estacionário durante o intervalo de tempo pré-programado de trinta (30) minutos ou mais dependendo da necessidade, para que ocorra a reação química do hipoclorito e sódio com a água. Finalizado esse intervalo de

tempo a moto bomba é acionada pelo micro controlador e a água é elevada do tanque 2 para o tanque 3. O tanque 2 repete essa operação até que o tanque 3 possua quatrocentos (400) litros armazenados. A Figura 7 mostra a descrição funcional do Sistema Proposto.

O dosador utilizado no sistema foi projetado pelo autor para atender o tratamento de água para consumo humano na escola municipal Santa Teresinha, podendo ser programado para atender outras necessidades em escolas, Unidades de Saúde, Unidades de Segurança, Postos de fiscalização, e outras unidades que necessitem de médio volume de água para consumo bem como pouco recurso da substância líquida a base de cloro para o tratamento necessário. O dosador proposto é constituído por um micro controlador digital que combina um subsistema eletromecânico, garantindo a dosagem programada. O Sistema dosador utiliza uma bomba peristáltica desenvolvida pelo autor, que é acionada por dois (2) motores de passo modelo 28BYJ-48 cujo fabricante é a Kiatronics, dois (2) circuitos eletrônicos de controle de velocidade dos passos, um para cada motor denominado Módulo DRIVER ULN2003. Foi necessário a construção de um RACK (armário metálico com porta) para acomodação dos subsistemas, ou seja, o subsistema eletrônico do dosador, um depósito para armazenamento do Hipoclorito de sódio, a bomba peristáltica e seus componentes, Fonte de energia DC (corrente contínua) e um contactor para acionamento do moto bomba. Vide os detalhes na Figura 8, e Figura 9.

A moto bomba (marca Somar, modelo HP 35) periférica foi dimensionada para o volume de água do sistema. Essa moto bomba é utilizada para abastecimento de água nas casas e pequenos edifícios. A moto bomba é constituída de uma carcaça de ferro fundido, alumínio fechado, capacitor permanente, protetor térmico e com dispositivo antitravamento. O motor da moto bomba é monofásico com dois polos permanente.

As válvulas solenóides são utilizadas em um grande número de aplicações, seja na indústria ou no campo. Essa válvula possui uma tensão de 12 volts, 2 vias, com 1/4 de polegada, categoria IP65 e fabricada em latão.

## 6. Verificação da eficiência do Dosador

Para aferição e garantia da precisão do Dosador de Hipoclorito de sódio desenvolvido para a solução proposta foram realizados 100 ciclos da operação de dosagem, medidas as amostras da quantidade do volume de hipoclorito através de uma BURETA (tubo graduado e dotado de torneira, que permite a adição de determinado volume de líquido em dosagens química). Os resultados destas medidas estão demonstrados no gráfico da Figura 10. Em termos práticos a precisão do dosador é aceitável, visto que como já comentado, a aplicação desse sistema propõe dosar 20 mililitros (ml) de hipoclorito de sódio em 200 litros (l) de água, onde mostraremos na Figura 12 através da tabela de dosagem de hipoclorito de sódio para tratamento de água baseada na Nota técnica número 02/2016-FVS/AM.

## 7. Verificação do nível de qualidade da Água

A Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Conforme descrito no artigo 5º da referida norma, o abastecimento de água à população pode ocorrer de três formas distintas:

- Fornecimento coletivo de água por meio de sistema de abastecimento de água (SAA);
  - Abastecimento coletivo de água por meio de solução alternativa coletiva (SAC);
- Abastecimento individual por meio de solução alternativa individual (SAI)

A vigilância ambiental de Presidente Figueiredo trabalha com o SAC e SAA (SAUDE, 2012). São exemplos de SAC, a Escola Municipal e a UBS. O SAC da comunidade de Canoas é C1303353000020. Com relação ao SAA, nós temos como exemplos Balbina, Pitinga e a própria sede de Presidente Figueiredo.

O processo de verificação do nível de qualidade da água consiste no processo de coleta da água e análise microbiológica. Na escola municipal foram definidos três pontos de coleta de água. O primeiro ponto

definido foi o poço artesiano Figura 11.a, o segundo as torneiras da cozinha Figura 11.b e as torneiras do bebedouro Figura 11.c.

As medições são feitas através de coletas pelos agentes da vigilância sanitária que levam as amostras para o laboratório de análise da água em Presidente Figueiredo. A coleta número 1 (um) é feita isolando o poço da tubulação que vai até o tanque 1. A coleta número 2 (dois) é feita na torneira de água tratada oriunda do tanque 3 (três), denominado tanque de armazenamento. A coleta número 3 (três) é feita retirando água do bebedouro da escola. A cada mês a vigilância sanitária faz essas coletas, onde as amostras são levadas para o laboratório na sede do município e, por conseguinte avaliada a qualidade da água.

Água de poço artesiano, ou qualquer outra tipo de fonte de água não tratada possuem altas probabilidades de estar contaminada com coliformes fecais, e-coli, bactérias e vírus nocivos à saúde. Para solucionar ou minimizar utilizando-se um sistema de desinfecção simplificado para garantir um fornecimento de água de forma contínua e duradouro de água com segurança alimentar e em locais isolados ou carentes. Todos os sistemas comercialmente existentes são eficazes, porém a garantia da eficácia depende muito do conhecimento da localidade, a forma de captação da água e das instalações dos componentes do sistema escolhido. Entre tantos sistemas comercializados pesquisados neste trabalho que poderiam atender a necessidade da escola Santa Terezinha em Canoas, a definição do dispositivo dosador de produto baseado em cloro é primordial para a eficiência do tratamento da água visto que necessariamente o produto a ser usado é o hipoclorito de sódio com uma quantidade racionalizada por conta do programa de distribuição desse produto. Em todos os tipos de sistemas é fundamental atender por completo os padrões bacteriológicos e a dosagem de cloro da portaria 2.914 do Ministério da Saúde, tendo um severo controle de dosagem que proporciona total segurança aos usuários durante o consumo da água tratada.

As amostras são coletadas e analisadas pelos mesmos agentes vigilância sanitária, e a metodologia de coleta e análise são baseadas na nota técnica número 02/2016-FVS/AM que trata da alerta sobre enchente dos rios reparação e resposta onde diz:

4. Quanto aos cuidados com a água utilizada para consumo humano: 4.1 – adequar os estoques e a distribuição de hipoclorito bem como planejar e intensificar as atividades de educação em saúde, visando diminuir os riscos de contaminação da água de consumo humano.

4.2 - tratar a água para consumo humano do com hipoclorito de sódio a 2,5 por cento, observando o seguinte critério:

A Figura 12 mostra a tabela de dosagem do hipoclorito de sódio recomendado pela Fundação de Vigilância Sanitária (FVS).

## 8. AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS

O teste é realizado com o pó reagente Colilert do Idexx Laboratories, disponibilizado pelo Ministério da Saúde. Este reagente após misturado com a amostra, detecta e quantifica simultaneamente coliformes totais e *Escherichia coli*, com resultados em 24 horas. Segundo os agentes da Vigilância Sanitária o método é simples e prático pois com menos de um minuto de manipulação, se prepara a amostra para a estufa, e também foi comentado que não é necessária limpeza de vidraria nem contagem de colônias. O teste Colilert detecta coliformes totais e *E. coli* a 1 organismo/100 ml. O teste Colilert está aprovado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) como método para detecção de coliformes totais e *E. coli* em água potável e para detecção de *E. coli* nos seguintes tipos de águas: águas do meio ambiente, águas superficiais, águas subterrâneas e águas residuais. Esse teste foi aprovado e aceito seu procedimento pelo Ministério da Saúde no Brasil. A coleta das amostras devem seguir um procedimento padrão de manipulação asséptica as amostras usam padrão de 100ml, onde já estão disponíveis embalagens para essa medida. No laboratório adiciona-se o reagente Colilert para 100ml. As amostras trazidas da Escola Santa Terezinha em Canoas deve vir em embalagem com gelo, até o laboratório de Unidade de Saúde em Presidente Figueiredo para que seja incubada a 35°C 0,5C durante 24 horas em uma estufa controlada. Depois desse tempo, se utiliza uma lâmpada ultravioleta (UV) de 16Watts e

comprimento de onda de 365nm a uma distância de 60cm das amostras. Se a coloração for Incolor o resultado é negativo, sendo amarelo, temos presença de coliformes totais, ou se amarelo/fluorescente existe a presença de E. Coli.

A Figura 13 ilustra o Procedimento de teste das amostras de água.

A Figura 14 ilustra o Procedimento de teste das amostras de água da Escola Santa Terezinha, no Laboratório da Vigilância Sanitária.

**Figura 7 – Descrição Funcional do Sistema Proposto.**



Fonte: do autor (2018)

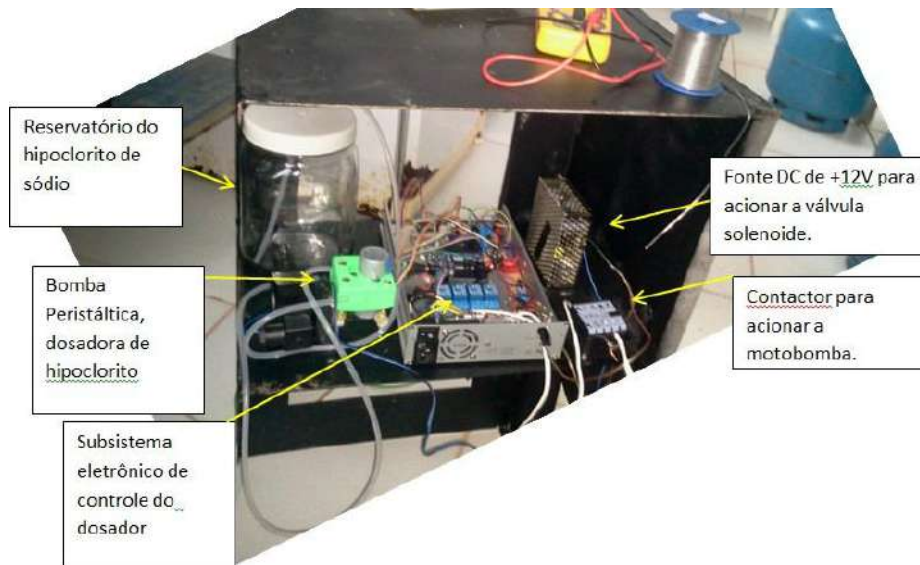


Figura 8 – Rack com o Sistema Eletrônico de Controle do Dosador de Hipoclorito.



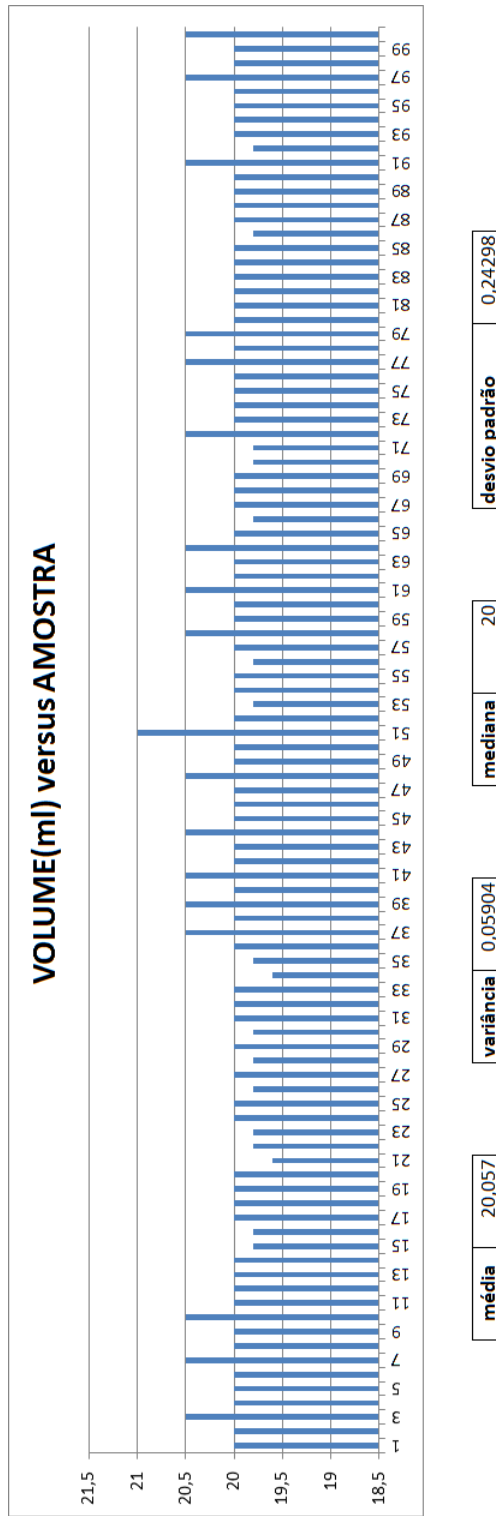
Fonte: do autor (2018)

Figura 9 – Rack com o Sistema Eletrônico de Controle do Dosador de Hipoclorito com descritivo - vista traseira.



Fonte: do autor (2018)

Figura 10 – AMOSTRAS DO VOLUME DE HIPOCLORITO DE SÓDIO COLETADOS DO DO-SADOR PARA CADA CICLO DE OPERAÇÃO.



Fonte: do autor (2018)



(a) Coleta número 1, local da Canalização reparada com inserção de torneira e registro para coleta de amostra de água do poço.



(b) Coleta número 2, amostra na torneira da cozinha da escola.



(c) Coleta número 3, amostra no bebedouro da escola.

Figura 11 – Pontos de Coletas das Amostras de água.

Figura 12 – Tabela de dosagem de hipoclorito de sódio para tratamento de água.

Volume de água	Hipoclorito de sódio a 2,5 %		Tempo de contato
	Dosagem	Medida Prática	
1 litro	0,045 ml	2 gotas	30 minutos
10 litros	1 ml	20 gotas	
20 litros	2 ml	40 gotas	
200 litros	20 ml	2 colheres de sopa	
500 litros	50 ml	1 copinho de café descartável	
1000 litros	100 ml	2 copinho de café descartável	

Fonte: adaptado da nota técnica número 02/2016-FVS/AM

Figura 13 – Procedimento de distribuição do Hipoclorito de sódio.



(a) Caixas de hipoclorito de sódio na Vigilân- (b) Caixas de hipoclorito de sódio sendo levado cia Ambiental destinadas para a distribuição nas ao assentamentos de Canoas através de veículo. comunidades e assentamentos em Presidente Fi-gueiredo.

Figura 14 – Procedimento de teste das amostras de água.



b) Abrindo a amostra de 100 ml no laboratório.



b) Inserindo o reagente Colliert na amostra.



c) lacrando novamente para misturar o reagente com a amostra.



d) inserindo na estufa a amostra já com reagente.



d) caixa de pó reagente Colliert de para amostras de água de 100ml



f) Cartela de pó reagente Colliert de para amostras de 100ml.

Fonte: do autor (2018)



**Figura 15 – Procedimento de teste das amostras de água da Escola Santa Terezinha, no Laboratório da Vigilância Sanitária.**



a) Manipulando as amostras retiradas na escola Santa Terezinha em Canoas.



b) Inserindo o reagente nas amostras.



c) inserindo as amostras na estufa.



d) Análise dos resultados.

Fonte: do autor (2018)

## 9. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste estudo foi desenvolvido um sistema totalmente automático de tratamento de água voltado para consumo humano. A água com suspeita de contaminação entra no sistema proposto que realiza o processo de purificação, e entrega ao bebedouro e torneira da cozinha. Três pontos merecem destaque no trabalho, a construção da infra-estrutura física e o projeto de Hardware e o projeto de Software do sistema. Com relação a estrutura física vale a pena destacar que foram comprado equipamentos, tubulações e realizado manutenções na planta hidráulica. Por se tratar de uma comunidade afastada dos grandes centros, todo o material necessário foram levados de Manaus via automóvel até o assentamento de Canoas, tornando a logística muito complexa. Com relação ao projeto de Hardware em que o cerne do mesmo é um equipamento de fácil calibração para uso de medidas de baixo volume de soluções químicas líquidas, na faixa das dezenas de mililitros(ml) constituído por uma bomba peristáltica e controlada eletronicamente. No equipamento proposto, a bomba é calibrada via software. A calibração e a precisão são pontos fortes, visto que se comprovou nos cem (100) ensaios realizados há uma variância estatística de 0,059, sendo este um valor confortável com boa margem de segurança na operação de dosagem. Outra vantagem foi que a característica da bomba peristáltica o líquido a ser controlado não interage com o meio externo, visto seu princípio de funcionamento se basear em um estrangulamento de uma mangueira que faz a condução do hipoclorito de sódio do reservatório ao tanque de água a ser tratada. O eficácia da dosagem foi comprovada através de avaliações tradicionais com os métodos utilizados pela Vigilância Ambiental usando o procedimento padrão de coleta e manuseio das amostras realizadas, com o KIT pó reagente Collert, lâmpada ultravioleta, estufa para amostras de 100ml de água coletada no campo. A incerteza avaliada satisfaz as especificações alvo desta dissertação. Foi revelado que as principais fontes de incerteza eram elementos relacionados à a precisão da dosagem. O sistema esta pleno funcionamento e atende 295 alunos da escola Santa Terezinha, 14 professores, 5 cozinheiras, 8 serviços gerais, 2 inspetoras, 2 guardas municipais, 2 agentes administrativos, 6 motoristas, 1 barqueiro, 1 Pedagogo e a Diretora da escola. A expansão para atender a UBS está em vias de aprovação. Em todo desenvolvimento e construção da infraestrutura tanto a população local quanto as Secretárias de Educação e de Saúde Municipal de Presidente Figueiredo, bem como os funcionários da escola, apoiaram formalmente para o êxito desse projeto.

Quanto a trabalhos futuros é necessário estabelecer um equipamento de calibração que possa ser usado em condições de operação usando energia alternativa, preferencialmente geração de energia fotovoltaica para alimentação do sistema, pois a solução proposta nesse trabalho é satisfatório para localidades com infraestrutura precária de saneamento e energia elétrica. Esta solução pode ser usada para outros tipos de líquidos, que se pretenda simplesmente dosar. Além disso, o sistema proposto usando a bomba peristáltica pode ser projetados para serem mais compactos e portáteis, com um custo relativamente muito baixo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, N. C.; ODORIZZI, A. C.; GOULART, F. C. Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento. **Saúde Pública**, v. 36, n. 6, p. 749–751, 2002.
- AMARAL, L. A. et al. Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento. **Saúde Pública**, v. 37, n. 4, p. 510–514, 2003.
- BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. estudos avançados. v. 22, n. 63, p. 211–226, 2008.
- BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. Água: um bem econômico de valor para o brasil e o mundo. **Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 1, p. 75–108, 2008.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOLICA, R. Cianobactéria invasora: aspectos moleculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis raciborskii* no brasil. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 30, n. 1, p. 82–90, 2003.
- BRASIL. Regulamento técnico de características microbiológicas para a água mineral natural e água natural. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, v. 1, 2005.

- BRASIL. Água: Manual de uso. vamos cuidar de nossas águas. **Secretaria de Recursos Hídricos**, v. 1, 2006.
- BRASIL. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Ministério da Saúde**, v. 1, 2011.
- BRASIL. Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela funasa. **Fundação Nacional de Saúde**, v. 1, 2014.
- CAMPOS, J. A. D. B.; FILHO, A. F.; FARIA, J. B. Qualidade sanitária da água distribuída para consumo humano pelo sistema de abastecimento público da cidade de araraquara – sp. **Alimentos e nutrição**, v. 13, n. 1, p. 117–129, 2002.
- COSTA, A. M.; SILVAS, B. P. C.; CASTRO, R. R. O. **Análise da concentração de cloro livre, cloro total, pH e temperatura em alguns pontos de consumo abastecidos pela rede pública de distribuição na cidade de Curitiba/PR**. [S.l.]: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- D’AGUILA, P. S. et al. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do município de nova iguaçu. **Saúde Pública**, v. 16, n. 3, p. 791–798, 2000.
- FREITAS L. L.; SILVA, K. C. S. T. M. D. I. L. D. A. L. F. F. Quantificação microbiológica de bebedouros de escolas públicas em muriaé (mg). **FAMINAS**, v. 9, n. 1, p. 81–93, 2013.
- GERMANO P. M. LAND GERMANO, M. I. S. Higiene e vigilância sanitária de alimentos. 2003.
- HOFSTRA, H.; VELD, J. H. J. H. Methods for the detection and isolation of escherichia coli including pathogenic strains. **Applied Microbiology**, v. 1, n. 1, p. 197–212, 1998.
- JUNIOR, A. C. G.; PAGANINI, W. S. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 79–88, 2009.
- LIBANIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. **Atomo - Funasa**, v. 1, n. 1, p. 1–40, 2010.
- LUCCA, L. Controle de qualidade do hipoclorito de sódio no processo de produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Saúde Pública**, v. 10, n. 1, p. 99–110, 1994.
- ORGANIZATION, W. H. Guidelines for drinking-water quality. 2011.
- PENIDO E. C. C.; TRINDADE, R. S. Microcontroladores. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, 2013.
- RAZZOLINI M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a Água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21–32, 2008.
- REIS, R. R. S. et al. Sistema automatizado de irrigação: uma solução de baixo custo para agricultura. **Jornada de Iniciação Científica e extensão**, v. 6, n. 1, 2015.
- ROCHA L. C. R.; HORBE, A. M. C. Contaminação provocada por um depósito de lixo no aquífero alter do chão em manaus. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, p. 307–312, 2006.
- SAUDE, M. da. **Avaliação da Vigilância da Qualidade da Água no Estado do Amazonas – Ano base 2011**. 2012. Disponível em:<[www.portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2014/maio/07/Amazonas.pdf](http://www.portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2014/maio/07/Amazonas.pdf)>.
- SCHERER, L. H. A eficiência desinfetante do hipoclorito de sódio em efluentes de pequenas comunidades. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, v. 41, n. 1, p. 147–157, 2004.
- SERAFIM, A. L.; VIEIRA, E. L.; LINDEMANN, I. L. Importância da água no organismo humano. **VIDYA**, v. 41, n. 1, p. 147–157, 2004.
- SILVA, G. A. **O Assentamento como forma de ocupação em Presidente Figueiredo: Projeto de Assentamento Canoas**. [S.l.]: Universidade Tecnológica Federal do Amazonas, Manaus, 2015.
- SOUZA, J. R. et al. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso rio almada, sul da bahia. **Eletrônica do Prodema**, v. 8, n. 1, p. 26–45, 2014.
- SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. [S.l.]: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- SÁ, L. L. C. et al. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em duas áreas contempladas com intervenções de saneamento. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 14, n. 3, p. 171–180, 2005.

- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 2005.
- TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7–16, 2008.
- VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. [S.l.]: Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- ZAN R. A.; COSTA, A. L. C. J. B. M. D. U. O. Análise microbiológica de amostras de água de poços rasos localizados no município de buritis, região do vale do jamari, rondônia, amazônia ocidental. **Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1867–1875, 2012.