



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

CARLIENE COSTA DINIZ OLIVEIRA

**PROJETO ESCOLAR DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: COMPARAÇÃO DE
SEUS PADRÕES DE QUALIDADE COM AMOSTRAS DE ÁGUAS CONSUMIDAS
NO MUNICÍPIO DE CURUÇÁ-PA.**

BELÉM – PA

2025

CARLIENE COSTA DINIZ OLIVEIRA

PROJETO ESCOLAR DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: COMPARAÇÃO DE SEUS PADRÕES DE QUALIDADE COM AMOSTRAS DE ÁGUAS CONSUMIDAS NO MUNICÍPIO DE CURUÇÁ-PA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Recursos Hídricos.

Área de concentração em: Recursos Hídricos,

Linha de pesquisa em: Hidrogeologia Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Dorsan dos Santos Moraes.

Belém – PA.

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48p Oliveira, Carliene Costa Diniz.
Projeto escolar de captação de águas pluviais: comparação de seus padrões de qualidade com amostras de águas consumidas no município de Curuçá-Pa. / Carliene Costa Diniz Oliveira, . — 2019.
101 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Dorsan dos Santos Moraes Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Belém, 2019.

1. Educação ambiental;. 2. Análises de águas pluviais e aquífero;. 3. Análise físico-química e de potabilidade. I. Título.

CDD 372.357098115

CARLIENE COSTA DINIZ OLIVEIRA

PROJETO ESCOLAR DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: COMPARAÇÃO DE SEUS PADRÕES DE QUALIDADE COM AMOSTRAS DE ÁGUAS CONSUMIDAS NO MUNICÍPIO DE CURUÇÁ-PA.


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Recursos Hídricos.

Área de concentração: em Recursos Hídricos,
Linha de pesquisa em: Hidrogeologia Recursos Hídricos


Data da apresentação: 29 de novembro de 2024.

Conceito: aprovada


Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **DORSAN DOS SANTOS MORAES**
Data: 21/05/2025 19:25:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dorsan dos Santos Moraes - Orientador
Doutor em Química
Universidade Federal do Pará

Documento assinado digitalmente
 **JOAO CARLOS RIBEIRO CRUZ**
Data: 23/05/2025 10:12:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. João Carlos Ribeiro Cruz - Membro Interno
Doutor em Geofísica
Universidade Federal do Pará

Documento assinado digitalmente
 **KARYME DO SOCORRO DE SOUZA VILHENA**
Data: 22/05/2025 13:20:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Karyme do Socorro de Souza Vilhena – Membro Interno
Doutora em Química de Produtos Naturais
Universidade Federal do Pará

Documento assinado digitalmente
 **BRUNO SANTANA CARNEIRO**
Data: 23/05/2025 10:00:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Bruno Santana Carneiro - Membro Interno
Doutor em Saúde Coletiva
Universidade Federal do Pará

Ao Deus Trino (Deus pai, Deus filho e Deus Espírito Santo) o meu eterno agradecimento, pela minha capacidade, pelo amor incondicional, pela força, pela graça, pela saúde, que me proporciona, e por me preencher de boas qualidades.

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho Gustavo Oliveira Pinheiro pelas atitudes diárias ao meu lado, hoje tem apenas dez anos de idade e vejo nossa semelhança.

A minha filha Gisele Oliveira Pinheiro pela sua ternura e parceria no dia a dia, demonstrando que posso ser mãe e profissional ao mesmo tempo.

Ao Oziel Cordovil Pinheiro pela grande força para a finalização de meus títulos acadêmicos.

Ao José Carlos Diniz Oliveira, meu pai, pelo grande cuidado ao decorrer da minha vida, que nos momentos mais difíceis esteve zelando pela minha saúde e bem-estar.

À Adriany Priscila Dantas Andrade pela parceria na caminhada para obter o título de mestre e pelo grande apoio na pesquisa realizada neste trabalho, uma pessoa valorosa e idônea perante a luz da verdade.

Ao dono da empresa Samus Ambiental, Wictor Hugo Pinheiro de Almeida que mesmo em momentos difíceis entregou o melhor para que a presente fosse concluída meu agradecimento por suas virtudes primorosas.

Ao Livaldo de Oliveira Santos pelas ideias na escrita da dissertação e em trabalhos acadêmicos publicados enquanto mestrandia, mesmo estando em lugares distantes.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em acolher novos discentes e direcioná-los ao desenvolvimento de pesquisas e aperfeiçoamento profissional.

Ao orientador desta pesquisa, o Professor Dr. Dorsan dos Santos Moraes pela grande contribuição para o avanço da pesquisa e sua escrita, pelo seu tempo dedicado em aperfeiçoar a minha escrita acadêmica.

À professora Dra Karyme do Socorro de Souza Vilhena, pela dedicação ao desenvolvimento da pesquisa, e que através de seu direcionamento realizei meu pré-projeto de mestrado ainda na graduação.

Ao Dr. João Carlos Ribeiro da Cruz, coordenador do PPGRH, pelo empenho no desenvolvimento do curso e na aceitação em participar da banca de defesa de dissertação.

Ao professor Dr. Bruno Santana Carneiro que aceitou participar de minha banca de defesa de dissertação, o meu agradecimento.

Não está na natureza das coisas qualquer homem fazer uma descoberta súbita e violenta, a ciência vai passo a passo, e cada homem depende do trabalho de seus antecessores.

(Ernest Rutherford, 1959).

RESUMO

Esta pesquisa promoveu a sustentabilidade em ambiente escolar através da atuação em sala de aula com a ministração de assuntos das disciplinas componentes de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias contextualizadas pela temática ambiental, nesse sentido implantou o projeto escolar para captação de águas pluviais para atender parte da demanda por águas da comunidade escolar no município de Curuçá. Apresentou a importância da preservação de recursos hídricos para turmas do 1º e 2º ano do ensino médio, totalizando 71 alunos que foram avaliados pela aplicação de dois questionários, e através desses, demonstraram melhor entendimento após as palestras, experimentos e aulas ministradas no decorrer do trabalho. Analisou os padrões físico-químicos e microbiológicos em dois períodos sazonais diferentes de amostras de águas pluviais captadas pelo projeto e de um poço tubular instalado nas dependências da escola, no laboratório analítico, onde respectivamente verificou que na primeira análise os níveis de alcalinidade total foram de 17,2 e 14,9 (mg/L), condutividade de 104,5 e 95,6 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), para ambas; nitrato menor que 1,00 (mg/L) e nitrito menor que 0,1 (mg/L), além desses, os padrões da demanda química de oxigênio, dureza total, ferro total, fluoreto, magnésio, manganês, bicarbonatos, carbonato, cálcio, cádmio, chumbo, cloreto, cloro residual livre, potássio, sódio, sólidos dissolvidos totais, e sulfato, e coliformes totais estão em níveis aceitáveis. Diferentemente, encontrou alterações em desacordo com as exigências do Ministério da Saúde em sua portaria nº 888/2021 para os padrões de; turbidez de 15,2 e 11,8 (ut); pH de 5,27 e 5,14; e bactérias termotolerantes de 180 e 100 (NMP). A pesquisa continuou na finalidade de eliminar as bactérias termotolerantes do sistema de águas pluviais, para tal adicionou o clorador contendo elementos químicos específicos para eliminação desses microrganismos, o que verificou na segunda análise esse extermínio, evidenciou assim, que o tratamento químico simples é capaz de adequar a água pluvial às exigências previstas em lei.

Palavras-chave: educação ambiental; análise de águas pluviais e aquífero; análise físico-química e de potabilidade.

ABSTRACT

This research promoted sustainability in the school environment through classroom teaching of subjects related to Natural Sciences and Technologies contextualized by environmental themes. In this sense, a school project was implemented to collect rainwater to meet part of the demand for water in the school community in the municipality of Curuçá. The importance of preserving water resources was presented to 1st and 2nd year high school classes, totaling 71 students who were evaluated by applying two questionnaires, and through these, they demonstrated better understanding after the lectures, experiments and classes taught during the work. The physical-chemical and microbiological patterns were analyzed in two different seasonal periods of rainwater samples collected by the project and from a tubular well installed on the school premises, in the analytical laboratory, where, respectively, it was found that in the first analysis, the total alkalinity levels were 17.2 and 14.9 (mg/L), conductivity of 104.5 and 95.6 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), for both; nitrate less than 1.00 (mg/L) and nitrite less than 0.1 (mg/L), in addition to these, the standards for chemical oxygen demand, total hardness, total iron, fluoride, magnesium, manganese, bicarbonates, carbonate, calcium, cadmium, lead, chloride, free residual chlorine, potassium, sodium, total dissolved solids, and sulfate, and total coliforms are at acceptable levels. Unlike these, the analyses found changes that were not in accordance with the requirements of the Ministry of Health in its ordinance no. 888/2021 for the standards of; turbidity of 15.2 and 11.8 (ut); pH of 5.27 and 5.14; and thermotolerant bacteria of 180 and 100 (NMP). The research continued with the aim of eliminating thermotolerant bacteria from the rainwater system, where the chlorinator containing specific chemical elements for the elimination of these microorganisms was added, and the second analysis verified the extermination of the thermotolerant bacteria, thus evidencing that the simple chemical treatment is capable of adapting rainwater to the requirements provided for by law.

Keywords: environmental education; rainwater and aquifer analysis; physical-chemical and potability analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização do município de Curuçá no estado do Pará.....	22
Figura 2 - Escola municipal Prof. Maria Madalena Ribeiro da Luz em Curuçá - PA.....	25
Figura 3 - Cronograma do trabalho realizado em sala de aula.....	26
Figura 4 - finalização do trabalho em sala de aula.....	27
Figura 5 – Experimento para verificar os teores de amônia e nitrito na água.....	31
Figura 6 - Local de coleta das amostras e de possíveis contaminações ao poço tubular.....	32
Figura 7 - Recipientes no qual armazenaram-se as amostras de águas.....	33
Figura 8 - Coleta e aferição da temperatura da amostra in loco.....	33
Figura 9 – Imagem das amostras armazenadas em caixa térmica para transporte.....	34
Figura 10 - Preparação dos utensílios para instalação do clorador.....	36
Figura 11 - Recipientes para armazenar as amostras de águas para a segunda análise.....	37
Figura 12 - Aferição in loco da temperatura das amostras.....	37
Figura 13 - Armazenamento e resfriamento das amostras para envio ao laboratório.....	38
Gráfico 1 - Gêneros dos alunos(as) participantes do estudo.....	39
Gráfico 2 - Perfil da idade dos alunos das turmas envolvidas no projeto educacional.....	40
Gráfico 3 - Relação de alunos com a origem do tipo escolar do EF.....	41
Gráfico 4 - Relação de alunos que já estudaram ou não o ciclo da água.....	41
Gráfico 5 - avaliação de conhecimentos sobre o ciclo do nitrogênio.....	42
Gráfico 6 - Quantos estudantes praticam o reuso de águas no ambiente familiar.....	43
Gráfico 7 - Percepção de valor de recursos hídricos.....	44
Gráfico 8- Resposta ao questionamento da totalidade de água salgada no planeta.....	44
Gráfico 9–Sobre a decomposição orgânica e de compostos nitrogenados.....	45
Gráfico 10 - Etapa que indica o processo de tratamento da água.....	46
Gráfico 11-Processos de tratamento da água bruta para consumo.....	47
Gráfico 12 - Questão sobre a formação da molécula da água em um sistema.....	48
Gráfico 13 - Sobre o conhecimento de poluição de bacias superficiais.....	49
Gráfico 14-Sobre ligações químicas que ocorrem na molécula de água.....	50

Gráfico 15 - Respostas sobre as ligações dos átomos na molécula de nitrogênio.....	50
Gráfico 16 - Produto químico que pode ser utilizado na desinfecção da água.....	51
Figura 14 - Instalação da base e da calha que receberá as águas pluviais.....	52
Figura 15- Participação dos alunos em dia letivo.....	53
Figura 16 – Visualização da leitura do resultado do experimento.....	54
Figura 17 - Instalação do clorador.....	61
Gráfico 17 - Comparação entre as amostras e as séries de análises.....	66
Gráfico 18 - Teores (mg/L) de cloreto nas análises e de cloro residual.....	67
Gráfico 19 - Comparação das águas em diferentes períodos sazonais.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Competência e habilidade segundo a BNCC para o ensino médio.....	19
Tabela 2 - Metodologias das análises laboratoriais.....	34
Tabela 3 - Dados obtidos através do experimento em sala de aula.....	54
Tabela 4 - Resultados das análises físico-química das amostras de água.....	57
Tabela 5 - Análises microbiológicas de duas amostras de água.....	59
Tabela 6 - Resultados obtidos na segunda de análises físico-química.....	64
Tabela 7 - Segunda série de análises microbiológicas das amostras de água.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AP – Águas Pluviais Coletadas

APHA – American Public Health Association

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CO – Óxido de Carbono

CRQ – Conselho Regional de Química

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EF – Ensino Fundamental

EM – Ensino Médio

GM/MS – Gabinete do Ministro / Ministério da Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

L – Litro

mL – Mililitro

mg – Miligramas

N – Nitrogênio

N.A – Estatística da Amostra

n° – Número

Pa – Pascal

pH – Potencial Hidrogeniônico

ppm – Parte por milhão

PT – Águas do Poço Tubular

SAEE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Curuçá

SGB – Serviço Geológico do Brasil

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

Unid. – Unidade

°C – Grau Celsius

μS/cm – Microsiemens por centímetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 O novo ensino médio com engajamento em questões ambientais	18
3.2 Consumo de águas pluviais é uma alternativa viável ao meio ambiente	20
3.3 Análises morfométricas: recursos hídricos e mineralogia	22
4 METODOLOGIA	24
4.1 Parte 1 - Método da Pesquisa	24
4.2 Parte 2 - Desdobramentos da pesquisa	24
4.3 Caracterização da escola onde desenvolveu-se às atividades	25
4.4 Desenvolvimento das atividades em sala de aula	25
4.5 Elaboração do projeto educacional	27
4.6 Implantação do projeto de captação de águas pluviais	28
4.6.1 Materiais utilizados	29
4.7 Escolha do tema e justificativa do projeto	29
4.8 Instrumento de avaliação	30
4.9 Coleta de amostras de água para análise em sala de aula	31
4.10 Coleta de amostras de água pluviais e de poço para análise em laboratório	31
4.11 Métodos utilizados nas análises das amostras	34
4.11 Adição de clorador ao sistema	36
4.12 Coleta de amostras de água pluviais e do poço após cloração	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1 Análise do perfil dos estudantes	39
5.2 Avaliação final sobre os conhecimentos adquiridos pelos alunos em sala de aula	47
5.3 Implantação e atividades do projeto educacional	52

5.4 Resultado das análises de água consumida na escola obtidas em sala de aula.....	53
5.5 Resultados das análises de amostras de águas pluviais e do poço tubular.....	55
5.6 Aplicação de cloro no sistema de águas pluviais.....	60
5.7 Resultados da segunda análise das amostras de águas pluviais e do poço tubular....	62
6 CONCLUSÃO.....	70
7 FINANCIAMENTO DO PROJETO.....	72
REFERÊNCIAS.....	73
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO I.....	85
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO II.....	86
APÊNDICE C - ROTEIRO DO EXPERIMENTO.....	89
APÊNDICE D- SLIDES APRESENTADOS NA PALESTRA.....	91
APÊNDICE E - MATERIAIS DIDÁTICOS UTILIZADOS.....	95
APÊNDICE F- PANFLETO EXPLICATIVO.....	101

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, é cada vez mais crescente as discussões relacionadas ao meio ambiente, gerando um aumento na investigação de práticas que garantam a sustentabilidade, de forma a proteger a natureza de danos através do uso vertiginoso dos recursos naturais, nesse contexto a educação ambiental é importante e precisa ser ministrada em várias disciplinas do currículo da educação básica. Essa temática é transversal, capaz de ser apropriada em vários contextos educativos, no qual cada atitude didática sobre o tema seja coerente, assim os avanços são observados em direção ao desenvolvimento sustentável através das práticas construtivas, em que as escolas têm o papel de demonstrar como modificar positivamente o local onde o aluno está inserido (Sharma; Paço; Upadhyay, 2023).

A sustentabilidade é um termo recente, reflete atitudes que relacionam a retirada de recursos naturais tal como os recursos hídricos, considerando sua qualidade e quantidade para atender a demanda, não impedindo o desenvolvimento econômico da localidade, mas sendo capaz de conter a degradação ambiental pela retirada indiscriminada. O termo é inovador, no contexto atual da sociedade, precisa-se considerar a preservação de recursos naturais para não comprometer as futuras gerações, a fauna e a flora, agindo localmente e pensando globalmente (Silva, 2020).

Existem várias formas de praticar a sustentabilidade, uma delas é justificada pela procura e disponibilidade por águas, sendo uma preocupação imediata devido às mudanças climáticas que alteram o fluxo hidrológico de forma contrária aos interesses coletivos em todas as regiões do Brasil. Tendo em vista que a captura de águas pluviais é uma forma eficaz para o abastecimento urbano, irrigação de plantações, paisagismo, entre outras finalidades, o avanço tecnológico dessa prática consiste em adequar três princípios que precisam ser empregados: o baixo custo do projeto; operação simples e fácil manutenção (Zheng; Deng, 2024).

Para garantir a segurança hídrica é necessário realizar uma gestão e planejamento através de ações que garantam a disponibilidade e a qualidade da água utilizada, pois a realidade está direcionada em sentido contrário, onde há principalmente intervenções antropogênicas em seu ciclo. A retirada de recursos hídricos em excesso não possibilita o retorno ao ciclo hidrológico em curto prazo, modificando assim as condições climáticas em todo o planeta, ainda mais intensificado pelo aumento populacional e a falta de gestão hídrica.

Desta forma, há a necessidade de intervenção mais responsável para possibilitar o uso consciente desse recurso. Diante do exposto, o uso de águas pluviais como recurso adicional para o consumo é notadamente próspero em nossa sociedade (Baptista *et al.*, 2023).

Em regiões de intensa incidências de chuvas, é viável o abastecimento por águas pluviais, pois apresenta baixo dano ao meio ambiente, principalmente em locais onde a disponibilidade de água subterrânea se encontre em aquíferos rasos que por questões geológicas adversas comprometem a qualidade da água extraída, quer seja pela poluição ou contaminação pela proximidade com a superfície, fato que poderá comprometer a qualidade da água ou mesmo adicionar custos a sua retirada, devido à necessidade de tratamento adequado e acompanhamento por análises de potabilidade visando demonstrar as condições de utilização para consumo humano (Santos *et al.*, 2021 ; Bertrand *et al.*, 2016).

Os recursos hídricos são importantes e indispensáveis também para o desenvolvimento econômico de determinada região, o que ocorre pelo aumento do consumo de água para produção de alimentos e atrativos turísticos em regiões em que há maior disponibilidade desse recurso, mas é evidente que a conservação não pode ser negligenciada, sendo comprovado cada vez mais a exploração não criteriosa em atividades agrícolas, indústria e uso doméstico. Diante dessa perspectiva há uma diversidade de trabalhos que buscam contribuir para o pleno desenvolvimento de educandos, através de práticas ambientais introduzidas no ensino médio visando a consciência sobre os recursos hídricos (Ghannem *et al.*, 2023).

Trabalhos associados ao ensino interdisciplinar nas disciplinas de Química, Física e Biologia, permitem a interligação das mesmas com a educação ambiental, considerando ainda a composição do currículo da educação básica. Esta pesquisa apresenta aos alunos a preservação do meio ambiente no âmbito escolar para promover práticas de uso sustentável dos recursos hídricos. Esse aspecto permite o empenho de uma comunidade escolar direcionada a utilização da água, através da captação de águas pluviais, de forma a assegurar uma fonte alternativa a ser utilizada como recursos hídricos para atender parte da demanda diária das atividades escolares, tais como limpeza de carteiras, pátios das escolas, utensílios de trabalho diário, irrigação de plantas frutíferas ou paisagísticas e outras finalidades não potáveis. A continuidade da pesquisa se faz para a verificação da qualidade da água pluvial coletada no projeto escolar, e comparada a água subterrânea extraída nas dependências da escola e consumida pela população local, para adequá-la aos padrões de uso humano.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Implantar um projeto escolar para captação de águas pluviais, utilizando como base práticas educacionais relacionadas às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, comparar a qualidade dessas águas, através de análises físico-químicas e de potabilidade, com a água oriunda de um poço tubular consumida na escola Maria Madalena Ribeiro da Luz no município de Curuçá, estado do Pará, e que também abastece a comunidade situada ao redor da escola, instalado pela companhia de Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município.

2.2 Objetivos específicos

- Implantar um projeto educacional de captação de águas pluviais com o intuito de abastecer parte da demanda por águas na comunidade escolar no município de Curuçá/PA.;
- Utilizar práticas educativas componentes de Ciências da Natureza e suas Tecnologias como base para promover educação ambiental dos alunos do ensino médio da escola Maria Madalena Ribeiro da Luz;
- Promover o pensamento crítico dos alunos sobre danos ao meio ambiente, pela retirada em excesso de recursos hídricos, de forma a não comprometer sua qualidade e quantidade, garantindo o uso sustentável desse recurso;
- Analisar os padrões físico-químicos e microbiológicos das amostras das águas pluviais coletadas no projeto e da água extraída de um poço tubular instalado na escola;
- Comparar os resultados das análises (físico-químicas e microbiológicas) entre as amostras coletadas no projeto educacional de águas pluviais com as amostras de água oriunda do poço tubular a qual é consumida na escola.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O novo ensino médio com engajamento em questões ambientais

A lei Nº 13.415/2017 é relevante e altera leis anteriores no que se refere a educação básica, entre as modificações passa a abranger a possibilidade de integralização ao currículo escolar a realização de projetos de pesquisas que envolvem temas transversais em conjunto com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), pretende através dos currículos a formação integral do aluno para a construção de seu projeto de vida e para sua formação nos aspectos físicos, cognitivos e socioemocionais (Brasil, 2017).

O ensino médio é composto pela BNCC e por itinerários formativos, dependendo da relevância para a localidade e para o sistema de ensino e está organizado da seguinte maneira:

- I - Linguagens e suas tecnologias;
- II - Matemática e suas tecnologias;
- III - Ciências da natureza e suas tecnologias;
- IV - Ciências humanas e sociais aplicadas;
- V - Formação técnica e profissional (Brasil, 2017 p. 42).

A BNCC é um documento plural e contemporâneo, voltado para a educação básica em que instituições escolares públicas e particulares têm como referência nacional comum e obrigatória para elaborar seus currículos e propostas pedagógicas, de forma a alcançar alta qualidade no ensino e preservar a autonomia dos entes federados e as particularidades regionais e locais (Branco; Zanatta, 2023).

A interdisciplinaridade em Ciências da Natureza e suas Tecnologias é utilizada para resolver problemas do cotidiano no qual o trabalho científico é capaz de preparar o aluno para lidar com o mundo que o rodeia, visto que as disciplinas química, física e biologia são ministradas em conjunto para maior rendimento escolar (Gebara *et al.*, 2013)

Acrescentando a isso, entre os temas contemporâneos transversais discutidos, a temática sobre o meio ambiente precisa ser incorporada à educação, tanto para um melhor entendimento sobre a gestão da água quanto para identificar possíveis danos ambientais que possam inferir na saúde humana (Verones *et al.*, 2017).

A BNCC possui competência específica e habilidades relacionadas às Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Tabela 1) para o ensino médio, e podem ser somadas a assuntos que compõem as disciplinas específicas da área.

Tabela 1 - Competência e habilidade segundo a BNCC para o ensino médio.

Competência específica 1	Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.
Habilidade	(EM13CNT105). Analisar a ciclagem de elementos químicos no solo, na água, na atmosfera e nos seres vivos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

Fonte: Brasil (2018, p. 541).

O acordo realizado na conferência das Nações Unidas propõem metas para uma educação de qualidade, e como parte da agenda 2030 insere como um dos objetivos propostos que todos os alunos devem estar engajados em questões ambientais promovendo o desenvolvimento sustentável como estilo de vida, utilizando a cultura da população regional na promoção da sustentabilidade no local em que estão inseridos, integrando a química verde por meio de práticas diárias no ambiente escolar, sendo esse um método moderno na educação (Eilks; Linkwitz, 2022).

A educação ambiental é necessária na composição do currículo da educação básica, pois estudos comprovam que a baixa escolaridade e aprendizagem estão profundamente ligadas ao desmatamento no Brasil, o que ocorre devido à falta de conhecimento científico fundamentais à preservação ambiental no qual o indivíduo está inserido. Nesse contexto, a transformação do educando pode ser direcionada, seja na forma de viver, no qual os recursos hídricos podem ser utilizados de forma consciente, e assim consumir e interagir com a natureza de forma sustentável (Vieira *et al.*, 2022).

3.2 Consumo de águas pluviais é uma alternativa viável ao meio ambiente

A sustentabilidade trata de ações que permitam reduzir custos e insumos utilizados, e que reaproveitem e promovam uso inteligente de recursos naturais em obras de engenharia e que também promovam o desenvolvimento econômico regional e social desde a concepção do projeto. Existem vários fatores que influenciam e moldam a implementação de práticas e tecnológicas que utilizam os recursos naturais de modo sustentável, dentre elas destacam-se: eficiência hídrica e redução de impactos ambientais. Onde tais modelos garantem e exercem menor pressão sobre os aquíferos em períodos críticos e ainda traz benefícios econômicos com a possível redução na tarifa de água (Roque; Pierri, 2019).

É notório que todas as formas de vida na terra dependem da água e cada ser humano necessita consumir vários litros de água doce diariamente para sobreviver além do que muito mais água é usada para outras atividades domésticas como: uso diário no chuveiro/banheira, lavagem e vaso sanitário; lavar a louça e para cozinhar; irrigação de jardins e gramados. Essas atividades podem facilmente dobrar o consumo médio doméstico, no entanto, a água doce é um prêmio, pois cerca de 97% da água do mundo estão nos oceanos e mares e, por isso, indisponível para beber ou ser utilizada na agricultura. Além disso, três quartos da água doce estão presas nas geleiras e calotas polares. Lagos e rios constituem dessa forma, uma das principais fontes de água potável, mesmo constituindo apenas 0,1% do total de suprimento de água doce (Baird; Cann, 2011).

Considerando que na atualidade, a procura por recursos hídricos é cada vez mais progressiva, requer infraestrutura hídrica que seja capaz de minimizar a deterioração da qualidade das águas, ocasionadas por diversas atividades humanas e a importância em se arrecadar águas pluviais como tecnologia, é eficaz para preservação ambiental. A utilização da água da chuva vem crescendo gradualmente em todo o mundo, pois os recursos hídricos ficam sobrecarregados por climas extremos (Senevirathna; Ramzan; Morgan, 2019).

A lei número 13.501/2017, chamada de “lei das águas”, busca incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais, sendo uma opção inteligente para abastecimento urbano para as demandas menos nobres. Nos locais em que há instalação de engenharias para o aproveitamento é possível observar outros ganhos sociais e ambientais que procura também entender o contexto do uso de águas pluviais e sua gestão atenua o escoamento superficial e contribui prevenindo inundações e a poluição difusa das águas superficiais (Silva; Freitas, 2020).

A coleta de águas pluviais a partir da captação de telhados vem sendo uma forma eficaz de apoiar o uso consciente desse recurso para limpeza, irrigação paisagística e agricultura, tornando viável também para consumo humano. Embora não seja a solução completa para as necessidades cotidianas, torna-se uma técnica econômica, visto que não utiliza energia no bombeamento do recurso subterrâneo, pois há a preocupação com a gestão integrada da água de modo sustentável (Amos, 2018).

Outras vantagens que essa prática proporciona é a diminuição da demanda sobre a água potável da rede de abastecimento da população, pois com a captação das águas pluviais há a redução também da quantidade de águas nos esgotos, minimizando enchentes e contaminações. As condições e tipo de telhado por onde é captada essa água, causa grande interferência nas condições em que a água será armazenada. Dentre muitas formas sugeridas para o tratamento de águas pluviais recolhidas, na desinfecção faz-se necessária a aplicação de produtos químicos e a cloração é o meio mais comum e acessível para tratamento e eliminação da maioria dos microrganismos presentes (Mazurkiewicz *et al.*, 2022).

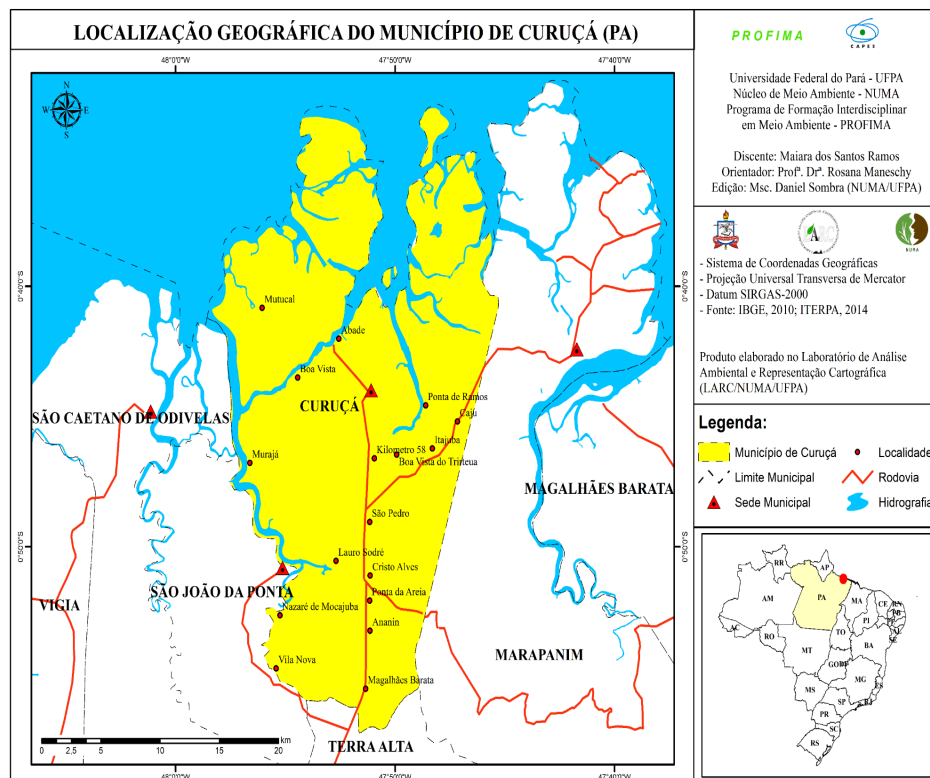
A captação das águas pluviais é uma alternativa viável para consumo em lugares em que há a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, seu uso pode ser também viável nas indústrias, a água pluvial tratada por esterilizador ultravioleta ou adição de cloro pode ser utilizada até para o uso da população após tratamento adequado (Lee *et al.*, 2017).

As águas pluviais possuem menores fatores contaminantes e o agente mais relevante é a qualidade do ar no ecossistema, uma vez que partículas suspensas poderão se depositar no sistema de captação. O método de coleta interfere diretamente na sua qualidade, como tipo de telhado (argila, cobre ou fibrocimento), tipo de calha (pvc ou metálica) e a própria rede de tubulações. A qualidade da água também está ligada a fatores antropológicos, em que as atividades humanas alteram os padrões exigidos para uso potável como por exemplo o potencial hidrogeniônico (pH) em que locais onde se encontram atividades industriais podem baixar esse parâmetro, deixando a água mais ácida, simplesmente pela exaustão de gás carbônico e dióxido de enxofre. No que tange à turbidez, é em geral, elevada em locais onde há indústrias, esses valores elevados podem aumentar a capacidade de multiplicação de microrganismos, aumentando desta forma os níveis de compostos nitrogenados por exemplo (Hassan, 2023).

3.3 Análises morfométricas: recursos hídricos e mineralogia

O município de Curuçá encontra-se a nordeste do estado do Pará delimitado ao norte com o oceano Atlântico, a leste e a sul com os municípios de Marapanim e Terra Alta respectivamente, e a oeste com os municípios de São Caetano de Odivelas e São João da Ponta (Mourão, 2020).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Curuçá no estado do Pará.



Fonte: Ramos *et al.* (2016).

O relevo da região no qual o município de Curuçá está situado caracteriza-se por duas unidades modoestruturais bem definidas, cujas características gerais são descritas como planícies flúvio-marinhas com rias (formações de plataformas de afloramento) e mangues. Não há interflúvios (área elevada) nítidas entre as rias, sendo por isso considerado manguezal, em direção ao Oceano Atlântico. São encontradas topografias com relevo plano de várzeas, nesses são dominantes os solos hidromórficos sob vegetação de mangue, assim como as áreas de planícies fluviomarinhas com solos arenosos em relevo plano e suave ondulação, sob vegetação arbustiva (Oliveira Junior, 1997).

Portando o município é localizado em área costeira e possui influência da salinidade

do oceano Atlântico que adentra os rios superficiais sendo possível a definição dessa área de manguezais, o que poderá interferir na reprodução de animais aquáticos dessa região, como ostras cultivadas nos rios do município (Lima, 2015).

A região apresenta clima equatorial de floresta Amazônica, com temperaturas elevadas de média anual de 27° C e precipitação total superior a 2.000 mm/ano, no qual o período com maior precipitação está nos meses de janeiro a junho, e nos meses de julho a dezembro o período com menores índice de precipitação (período seco). Não apresenta déficit de águas e é favorável para que haja vegetação durante todo o ano, e é diferenciada pela quantidade de precipitação pluviométrica média mensal no mês mais seco (Mourão, 2020; Rodrigues *et al.*, 2003).

A formação geológica de Curuçá é constituída por terrenos terciários e sedimentos siliciclásticos formados por argilito, siltito, arenito e conglomerado recentes do quartenário, nesta unidade geológica o solo dominante é o latossolo amarelo distrófico típicos com textura descritas anteriormente. A seção geológica dos depósitos flúvio-marinhos é originalmente a partir da atividade estabelecida por processos fluviais e marinhos, de formação sedimentar holocênicos por constituição de areia muito fina, silte, argila, e matéria orgânica. Nesta unidade geológica o solo dominante é o gleissolo que é característico de ambientes lamosos com textura argilosa (Quinteiros; Mendes; Santana, 2021).

O Serviço Geológico do Brasil (2024) afirma que o município não tem seca e possui grande capacidade em recursos hídricos, no qual existe o aquífero de Pirabas Tucunaré Grajau, que é monitorado pelo SBG e no qual esse aquífero que é encontrado na região não há registro de extração dessa água. A região também possui monitoramento dos domínios hidrogeológicos de aluviões, de depósitos tipo barreiras e de depósitos litorâneos. Segundo Matta *et al.* (2010), o aquífero é uma importante fonte de abastecimento de água para a população, possuem características hidrogeológicas muito semelhantes às da região de Belém e Ananindeua, porém nem todos os poços perfurados são cadastrados na Agência Nacional de Águas (ANA) demonstrando que não há controle da água consumida oriundas dos poços instalados.

4 METODOLOGIA

4.1 Parte 1 - Método da Pesquisa

A pesquisa desenvolvida foi do tipo exploratória, que proporciona segundo Ludwig (2009), maiores informações sobre os assuntos abordados e possui como objetivo principal explorar as ações sobre os recursos hídricos e aprimorar ideias e processos tecnológicos que visam minimizar danos antropológicos para o ciclo hidrológico e para o consumo de águas pela população.

A investigação desenvolve-se segundo Veloso e Mendes (2014), para o aproveitamento de águas pluviais e segundo Oliveira (2022), onde utilizou-se uma abordagem educacional realizada em conjunto para desenvolvimento do presente trabalho em ambiente escolar. Foi utilizado o ensino interdisciplinar das ciências da natureza, Química, Física e Biologia, em sala de aula, englobando principalmente o ensino de química ambiental.

4.2 Parte 2 - Desdobramentos da pesquisa

O trabalho foi realizado com duas turmas do ensino médio totalizando 71 alunos do 1º e 2º ano, visando principalmente o desenvolvimento da consciência ambiental e aplicações de reaproveitamento de águas pluviais nas dependências da escola Maria Madalena Ribeiro da Luz para finalidades não potáveis, como limpeza de salas, pátios, carteiras e irrigação paisagística entre outras atividades de manutenção.

A instalação educacional situa-se no município de Curuçá, especificamente na vila São Pedro, no local ocorre também o abastecimento de água, a partir de um poço tubular, para a população das proximidades, pela empresa de abastecimento de águas e saneamento do município, onde buscou-se ainda analisar a qualidade dessa água que é distribuída à comunidade e comparar com a qualidade de água da chuva captada no projeto educacional.

As amostras de águas investigadas foram coletadas pela autora do projeto no dia 11 de dezembro de 2023 e foram recebidas e analisadas no dia seguinte em laboratório no Município de Barcarena a quem foi encaminhada as amostras para análise, o órgão possui CNPJ: 33.037.796/0001-06 e é localizado na Rua João Pedro Gonçalves de Campos, Quadra 365, Vila dos Cabanos, denominado de NucleoLab. É um laboratório analítico, e de responsabilidade técnica do laboratorista Carlos Eduardo da Silva, Químico Industrial, que

possui registro no Conselho Regional de Química (CRQ) número 06200305 - IV Região, a data de emissão do laudo é do dia 21 de dezembro de 2023.

Para o laboratório foram enviadas as amostras provenientes tanto do poço tubular como da água pluvial coletada no projeto em dois momentos de coleta, para uma segunda análise as coletadas foram realizadas no dia 06 de maio de 2024 às 15h19min e recebidas pela equipe do laboratório dia 07 de maio de 2024 às 8h21, no qual foram analisadas em menos de 24 horas, sendo a emissão do laudo datado do dia 23 de maio de 2024, sob responsabilidade do mesmo técnico que realizou as primeiras análises.

4.3 Caracterização da escola onde desenvolveu-se às atividades

As atividades da presente investigação foram desenvolvidas na escola municipal apresentada na figura 2 no município de Curuçá, que segundo o site da prefeitura local, a mesma está localizada nas coordenadas: Latitude 0° 44' 24" Sul, longitude: 47° 51' 7". A escola é de ensino fundamental denominada "Prof. Maria Madalena Ribeiro da Luz" localizada na rodovia TransNauar ramal Nazaré do Tijoca, 07 - Cep: 68750-000 em zona rural na vila de São Pedro.

Figura 2 - Escola municipal Prof. Maria Madalena Ribeiro da Luz em Curuçá - PA.



Fonte: Prefeitura de Curuçá (2023).

4.4 Desenvolvimento das atividades em sala de aula

A atividade teórica do projeto foi realizada em sala de aula utilizando os conteúdos das disciplinas Química, Biologia e Física num período de dez horas de aulas, conforme

mostrado no cronograma da figura 3. As aulas foram ministradas durante o ano de 2023, especificamente nos dias 28 de agosto; 05, 12, 19, 26 de setembro; 03, 10, 17, 24 de outubro e 22 de novembro.

Figura 3 - Cronograma do trabalho realizado em sala de aula



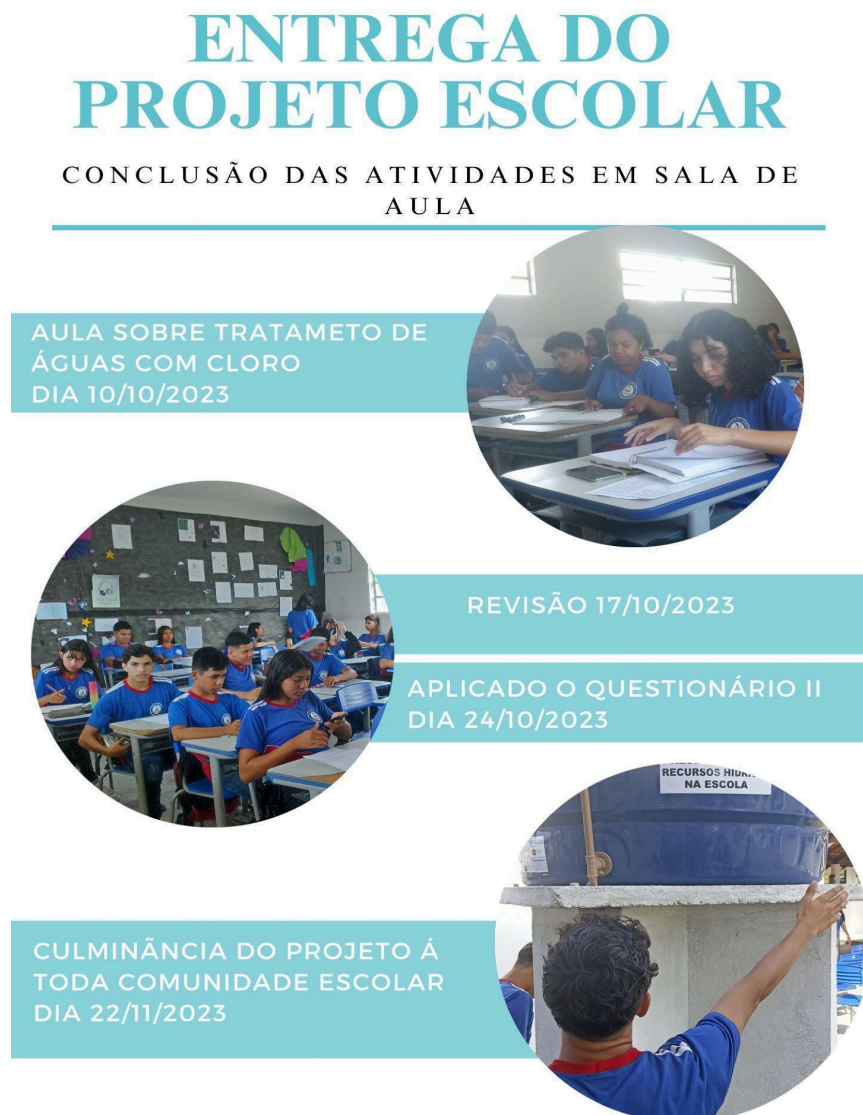
Fonte: autora.

A finalização das atividades em sala de aula está demonstrada na figura 4, representa um esquema informativo sobre as atividades, demonstrando as etapas realizadas para a conclusão do projeto no âmbito escolar, nessa aula também ocorreu uma revisão que aborda todos os assuntos explanados.

Para a conclusão das práticas educacionais trabalhadas, foi aplicado um questionário

(Apêndice A) a fim de avaliar o conhecimento adquirido no decorrer da aprendizagem e posteriormente a entrega do projeto de captação de águas pluviais à comunidade escolar local, com participação de todos os alunos da escola que participaram do projeto, momento em que transmitiram em falas próprias a importância da preservação dos Recursos Hídricos.

Figura 4 - finalização do trabalho em sala de aula.



Fonte: autora.

4.5 Elaboração do projeto educacional

No dia 05 de setembro foram ministradas palestras durante duas horas de aulas para duas turmas contempladas na investigação, utilizando apresentação de slides, onde trata de assuntos referentes aos recursos hídricos e os padrões de qualidade de águas potáveis exigidos

para consumo (Apêndice D), no qual é mostrado a importância de seu uso consciente pela comunidade e assim evitar a degradação dos Recursos Hídricos no local em que o aluno está inserido.

No dia 12 de setembro foi coletada na própria escola, uma amostra de água a qual foi analisada em um experimento em sala de aula a fim de verificar os teores de amônia e nitrito seguindo roteiro presente no apêndice C, demonstrando aos alunos através de simulação laboratorial a importância do conhecimento sobre a interferência desses teores, o que foi realizado com materiais de baixo custo, fácil manuseio pelos alunos e também de fácil leitura dos resultados obtidos no experimento.

No dia 19 de setembro foram realizadas duas horas de aulas do conteúdo da disciplina Química, os assuntos abordados foram: ligações químicas, número de oxidação (NOX) e reações químicas, assuntos nos quais ambas as turmas não tinham conhecimento e de fundamental importância para as práticas escolares.

No dia 26 de setembro realizou-se uma atividade sobre o ciclo da água e o ciclo do nitrogênio, e também sobre os assuntos de biologia envolvendo ecologia de ambientes aquáticos. No dia 03 de outubro realizou-se uma aula sobre termodinâmica e resolução de exercícios sobre o assunto. No dia 10 de outubro realizou-se a instrução sobre tratamento das águas pluviais que seriam captadas e armazenadas, para isso foi preparado um panfleto explicativo (Apêndice F). No dia 17 de outubro foi realizada uma revisão dos assuntos abordados em sala de aula e no dia 24 de outubro aplicou-se o questionário II como avaliação de aprendizagem dos discentes (Apêndice B).

4.6 Implantação do projeto de captação de águas pluviais

O trabalho de captação de águas pluviais foi realizado e previsto para o Projeto Integrado de Ensino (PIE) de Ciências da Natureza e suas Tecnologias vigente na escola, que foi desenvolvido no segundo semestre do ano letivo de 2023, o desenvolvimento desta pesquisa compreendeu o tempo relacionado a vigência do PIE e tratou de assuntos que deram a base de conhecimentos para a compreensão de práticas diárias que envolvem a implantação do Projeto Educacional de captação de águas pluviais na escola (Apêndice E).

4.6.1 Materiais utilizados

Para o desenvolvimento do projeto de captação de águas pluviais foram utilizados os seguintes materiais: Tubos de encanação para telhados, calhas de 3 metros de comprimento, 3 unidades de suporte para calha, caixa d'água em PVC com capacidade para 500 L e tubos de PVC para a descida para calha, emenda para calha, 2 tampas de cabeceira para calha, tubo de esgoto de tamanho 75 mm, TE de tamanho 75 mm, filtro, furadeira, serra copo, trena, serra com arco, duas chaves de grifo, lixa, flange de somm, bucha de redução 50 x 25 mm, bucha de redução 25 x 20 mm, luva 25 x 20 mm, fita veda rosca, uma torneira, conexão curva de 50 mm, cola para canos em PVC, óculos de proteção, luvas, suporte para caixa d'água e uma mangueira. Com a instalação da encanação para telhados previamente realizada, deve-se colocar a caixa d'água em um suporte elevado, instalar os tubos PVC na caixa d'água para que assim a água seja levada dos telhados à mesma e também instalar um filtro, usando furadeira, para instalar a torneira na caixa d'água, faz-se uso da flange de somm, buchas de redução, conexão, usa-se uma mangueira para levar a água captada até seu destino. Usando o cloro como uma substância para a desinfecção da água, os níveis de cloro permitidos (segundo a Portaria da consolidação nº 5, de 28 de setembro 2017 do Ministério da Saúde) é que a água contenha um teor de no mínimo de 0,5 e no máximo 2 miligramas por litro (mg/L) de cloro residual livre. No dia 22 de novembro foi realizada a finalização do Projeto Educacional e entregue para toda a comunidade da educação básica da rede estadual de ensino, no qual houve um evento realizado que é previsto para cada final de semestre, neste evento a autora do projeto e os alunos apresentaram o trabalho desenvolvido para captação de águas pluviais como sendo o PIE e entregue pela equipe escolar que compõem as disciplinas de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias.

4.7 Escolha do tema e justificativa do projeto

O município no qual se realizou as atividades possui recursos hídricos em abundância, como águas superficiais (advindas dos rios Marapanim e Curuçá) e também águas subterrâneas que são encontradas com facilidade. O presente Projeto Educacional visou buscar alternativas para minimizar o desperdício de água potável extraída dos aquíferos através do bombeamento ao qual gera despesas com equipamentos tais como bombas d'água e energia elétrica. Além disso, as águas subterrâneas precisam ser tratadas para ofertar a população com o padrão de qualidade exigido pela legislação vigente.

Desta forma, buscou-se demonstrar que a prática diária como a coleta de água pluvial pode ser uma alternativa ao aproveitamento a ser utilizado na escola, para a preservação de recursos hídricos, tendo em vista que o projeto de captação de águas pluviais é capaz de abastecer locais distantes em que não há disponibilidade para extração de águas subterrâneas por empresas existentes na região, e o abastecimento por águas pluviais poderá ser utilizada sem custos adicionais, pois, não é necessário gastos de energia elétricas e bombas de extração e assim, fomentando com uma prática simples o senso de responsabilidade da comunidade escolar.

A pesquisa aborda os aspectos comparativos de qualidade das águas buscando analisar os recursos hídricos subterrâneos que são extraídos na unidade de ensino, em que os padrões devem se adequar aos exigidos em leis, mesmo que a água seja oriunda de fontes diferentes (água subterrânea e água pluvial), e assim trazer a realidade da necessidade da população pelo consumo de águas em locais afastados, onde não há o abastecimento comunitário, e a busca pela qualidade no consumo diário para o ambiente escolar.

A busca do conhecimento promove resultados em que há práticas diárias que buscam um meio sustentável em um ambiente escolar, a abordagem do tema é de tal importância, que o uso consciente da água gera um senso de responsabilidade fomentada pelo professor no qual as atividades executadas pelos alunos serão de suma importância para que a execução do projeto seja um sucesso, cada um contribui de forma que um todo seja beneficiado pelas atividades desenvolvidas na escola.

4.8 Instrumento de avaliação

Aplicou-se o questionário I (Apêndice A) para verificar o nível de conhecimento da turma em relação às atividades que seriam realizadas, no qual procurou-se observar o perfil dos estudantes e se trataram em anos anteriores o ciclo da água e do nitrogênio entre outras questões relativas aos conhecimentos para o EM, e ao final do desenvolvimento dessas atividades em sala de aula foi aplicado o questionário II (Apêndice B) para determinar o nível de conhecimento adquirido pelos alunos após as atividades realizadas em sala de aula.

4.9 Coleta de amostras de água para análise em sala de aula

Coletou-se uma amostra da água proveniente de uma torneira dentro da escola onde desenvolveu-se o projeto. A coleta se deu após 10 minutos de jorra tomando-se 250 mL em um frasco de vidro escuro, material reciclado e previamente esterilizado.

4.9.1 Experimento em sala de aula

Um experimento de análise de água em sala de aula foi realizado para descobrir os teores de amônia e nitrito inerente a água utilizada nas dependências da escola, utilizando o roteiro presente no apêndice C. No experimento foi coletada uma amostra de água conforme descrito no item anterior no momento da atividade, em período de seca regional, momento em que um aluno voluntário de cada turma realizou o procedimento experimental como mostrado na figura 5, no decorrer da aula foi explicitado a importância de verificar os níveis de amônia e nitrito em razão de adequação aos padrões exigidos pela portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021 atualmente em vigor, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Figura 5 – Experimento para verificar os teores de amônia e nitrito na água.



Fonte: autora.

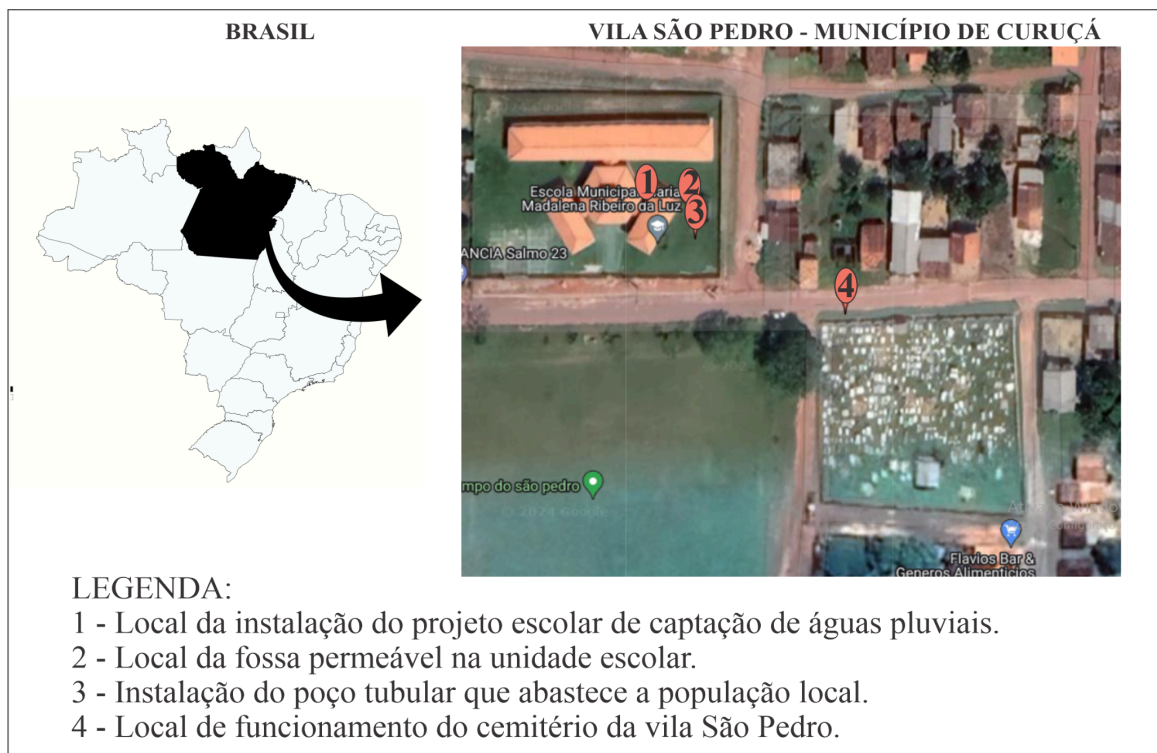
4.10 Coleta de amostras de água pluviais e de poço para análise em laboratório

As coletas de água foram realizadas em dois pontos específicos nas dependências da escola onde desenvolveu-se o projeto. No primeiro ponto, como mostrado na figura 6, está instalada a caixa de água para captação de águas pluviais, e no segundo ponto está instalado o poço tubular que abastece a população local. As coletas foram realizadas no período do ano em que atipicamente, esteve quase sem chuvas, esse período de maior estiagem é atípico e devido a anomalias climáticas (evento denominado de El Niño) que é capaz de alterar o clima em todo o planeta, que somado ao aumento da temperatura no Oceano Atlântico, como

informado pelo boletim oficial do INMET (2023), provocou mudanças no clima na região da Amazônia legal, ao qual Curuçá faz parte, período no qual realizou-se o presente trabalho.

Foram realizadas análises das amostras de águas pluviais coletadas pelo Projeto Educacional e da amostra captada do poço tubular que está nas dependências da escola e que vem sendo utilizado para abastecimento da população pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município. As amostras foram levadas para análise em laboratório analítico NucleoLab em Barcarena, com a finalidade de comprovar se os padrões físico-químicos e de potabilidade se encontram dentro dos padrões estabelecidos pela portaria, haja vista que o local em que está localizado o poço tubular está próximo a fossa construída para utilização na unidade escolar, além da proximidade do cemitério municipal, fatos levados em consideração para realização das análises de potabilidade.

Figura 6 - Local de coleta das amostras e de possíveis contaminações ao poço tubular



Fonte: Google Earth.(2023).

Para a coleta das amostras desta pesquisa usamos a ABNT 9898 (1987) de preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

No dia 10 de dezembro foram coletadas quatro amostras, as quais foram armazenadas em recipientes plásticos e esterilizados com capacidade de 1,5 L cada, denominados de P01

(amostras do poço utilizado na escola) e P02 (amostras de água da caixa d'água contendo águas pluviais) como mostrado na figura 7 (A) e (B) respectivamente.

Figura 7 - Recipientes no qual armazenaram-se as amostras de águas.



Fonte: autora

Ambas as amostras foram coletadas a partir de decorridos 15 minutos após a abertura das torneiras como mostrado na figura 8, no qual logo em seguida as temperaturas foram aferidas utilizando um termômetro digital.

Figura 8 - Coleta e aferição da temperatura da amostra *in loco*.

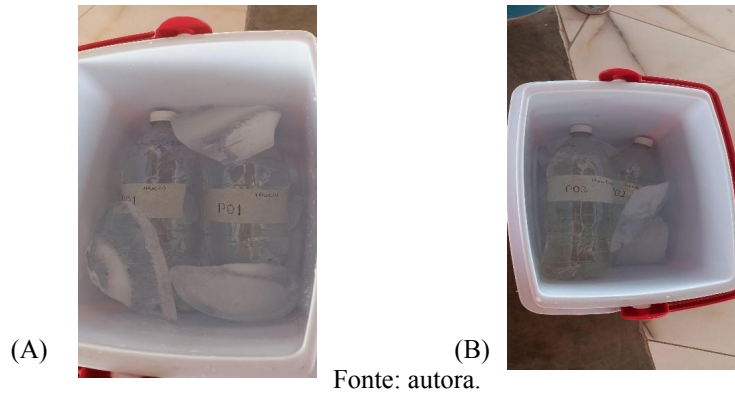


Fonte: autora

Para realização das análises das amostras de águas pluviais e da água do poço em funcionamento na escola, os frascos contendo as amostras foram armazenadas em caixa térmica refrigeradas (Figura 9), os quais após coleta foram transportados para laboratório particular no município de Barcarena, de forma que as análises fossem realizadas num

período de até 24 horas pós coleta, período em que as amostras estão totalmente preservadas para um resultado analítico confiável.

Figura 9 – Imagem das amostras armazenadas em caixa térmica para transporte.



4.11 Métodos utilizados nas análises das amostras

As análises realizadas em laboratório nas amostras de água estão descritas na tabela 2.

Tabela 2 - Metodologias das análises laboratoriais

(continua)

Descrição dos teores analisados	Procedimentos
Alcalinidade Total, Bicarbonatos, Carbonato	SM23a ed., 2017, 2320 B
Cálcio	SM23a ed., 2017 Método 2330C
Cádmio	SM23a ed., 2017, 3120 B
Chumbo	SM23a ed., 2017, 3120 B
Cloreto	SM23a ed., 2017, Método 4500 Cl -B
Cloro residual livre	SM23a ed., 2017, Método 4500 Cl -G
Condutividade	SM23a ed., 2017, Método 2510B

Tabela 2 - Metodologias das análises laboratoriais

(conclusão)

Descrição dos teores analisados	Procedimentos
Dureza Total	SM23a ed., 2027, Método 2340 B
Ferro Total	Método HACH 8008
Fluoreto	SM23a ed., 2017, Mét. 4500 F-B/C
Magnésio	SM23a ed., 2017, Método 2330C
Manganês	Método HACH 8034
Nitrato como Nitrogênio	Método HACH 8171
Nitrito como Nitrogênio	SM23a ed., 2017, Método, 4500-B
pH	SM23a ed., 2017, Método 4500H+B
Potássio	SM23a ed. , 2017, Método 3500KB
Sódio	SM23a ed., 2017, Método 3500 B
Sólidos Dissolvidos Totais	SM23a ed., 2017, Método 2540C
Sulfato	SM23a ed. , 2017, Método 4500-E
Temperatura da Amostra	SM23a ed., 2017, Método 2550 B
Turbidez	SM23a ed., 2017, Método 2130 B
Coliforme Fecais	SM23a ed., 2017, Método 9221 B,C e E
Coliformes Totais	SM23a ed., 2017, Método 9221 B,C e E

Fonte: ABNT (2017).

As análises foram realizadas em laboratório particular, o qual não disponibilizou detalhes minuciosos sobre as metodologias e protocolos utilizados, somente o encaminhamento para a documentação geral que rege os processos de determinação (ABNT, 2017).

4.11 Adição de clorador ao sistema

A instalação de um clorador no sistema de captação de águas pluviais ocorreu para adequação de seus padrões de qualidade, os materiais utilizados são mostrados na figura 10. Para adaptação do utensílio utilizou-se 2 (duas) chaves tamanho 20 mm, 1 (um) metro de cano de 20 mm, 4 (quatro) curvas de 20mm, 2 (duas) canexões T de 20 mm, 2 (duas) reduções de 25/20 mm, veda rosca e cola para tubo PVC, uma faca de serra, o clorador e pastilhas de cloro.

Figura 10 - Preparação dos utensílios para instalação do clorador.



Fonte: autora.

4.12 Coleta de amostras de água pluviais e do poço após cloração

As águas pluviais recolhidas foram armazenadas em caixa d'água de onde foram coletados amostras e enviadas ao mesmo laboratório em que foi realizado a primeira série de análises no projeto (Analítico – NúcleoLab), sendo o responsável técnico o mesmo da análise anterior, Químico Industrial Carlos Eduardo da Silva, também foram coletadas amostras de água do poço tubular instalado no referido local escolar.

A figura 11 se refere aos recipientes com tampa nos quais as amostras foram armazenadas, sendo a quantidade de 2,5 L o volume de cada amostra, para realização de todas as análises. A coleta ocorreu após 15 minutos de jorrar das águas.

Figura 11 - Recipientes para armazenar as amostras de águas para a segunda análise.

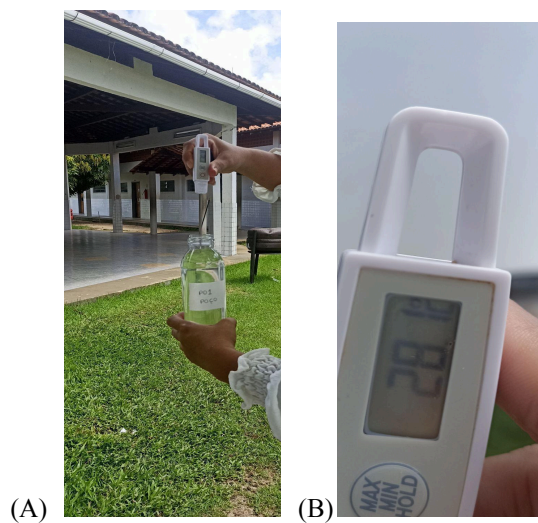


Fonte: autora.

As amostras foram coletadas no dia 06 de maio de 2024 às 15h19min, ambas foram armazenadas em recipientes plásticos com tampas, limpos e esterilizados com capacidade para 0,5 L cada, identificados como P01 - poço e P02 - água pluvial.

As temperaturas das amostras foram aferidas no momento da retirada da amostra da caixa d'água contendo águas pluviais e da água do poço tubular, utilizando um termômetro eletrônico como mostrado na figura 12.

Figura 12 - Aferição *in loco* da temperatura das amostras.



Fonte: dados da pesquisa.

Após a coleta as amostras foram armazenadas em caixa térmica, sendo resfriada com gelo e analisadas no dia 07 de maio de 2024 a partir de 08h21, o período entre a coleta e a análise não ultrapassou 18h com o intuito da preservação das amostras e assim garantir eficiência nos resultados.

Figura 13 - Armazenamento e resfriamento das amostras para envio ao laboratório



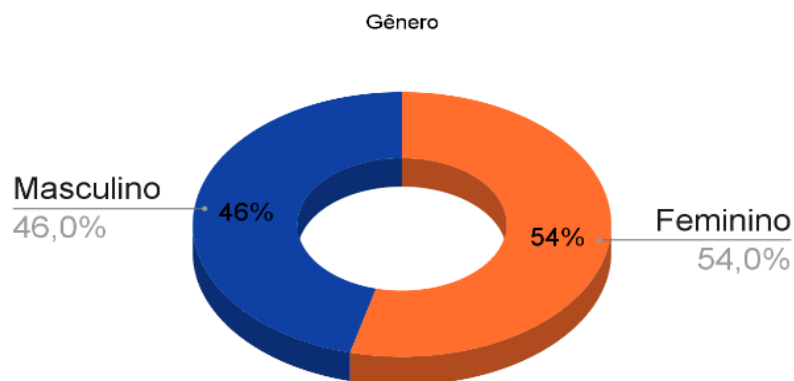
Fonte: autora.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise do perfil dos estudantes

A investigação abordou aspectos qualitativos e quantitativos que avaliam o nível de conhecimento adquirido ao longo da formação dos estudantes conjuntamente com a metodologia de ensino empregada, também procurou-se avaliar o grau de satisfação dos alunos(as) em suas próprias percepções. As turmas contempladas totalizam 71 alunos, nos quais os gêneros são detalhados no gráfico 1. Os alunos(as) também informaram que residem em diversas localidades próximas ao município de Curuçá, como: Taperinha, Km 50, Marauá, São Pedro, Km 42, Acaputeua, Ananin, Água Boa, Ponta da Rua, Acaputeuazinho e em outros municípios próximos, como Marapanim e Castanhal.

Gráfico 1 - Gêneros dos alunos(as) participantes do estudo.

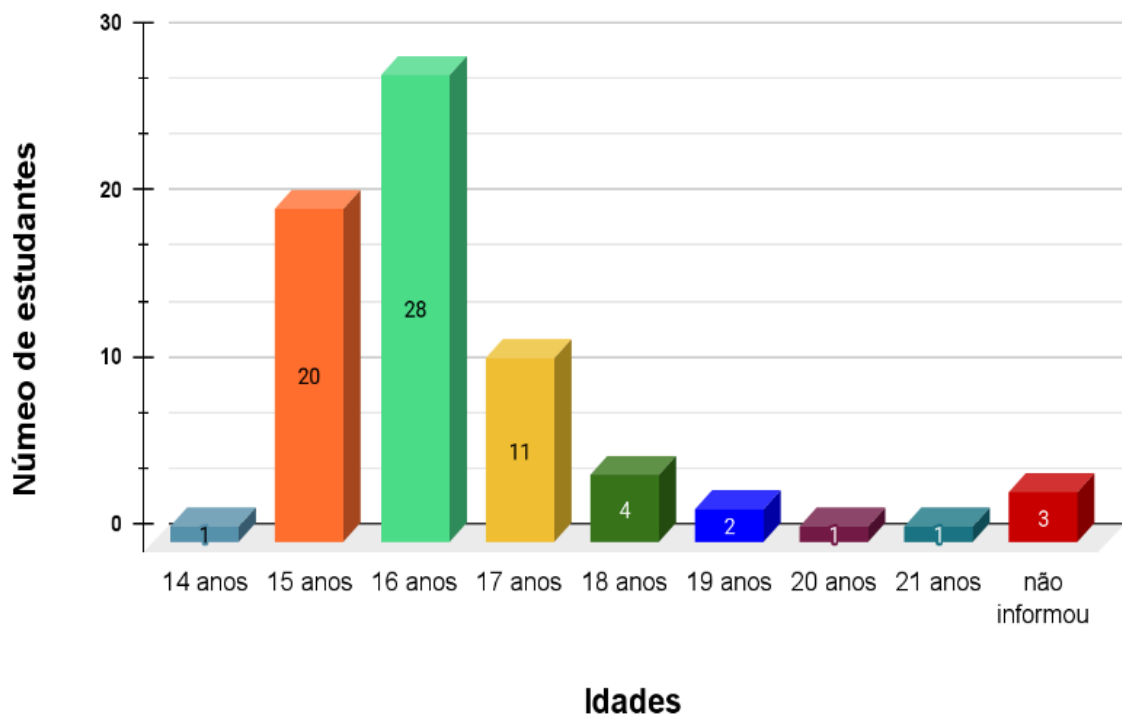


Fonte: Dados da pesquisa.

A educação é um dos direitos humanos fundamentais em uma sociedade que busca democracia e igualdade. Esse direito está previsto na Declaração Universal dos Direitos Humanos de 1948, no artigo XXVI, que determina que todos têm direito à instrução, sendo gratuita na educação básica. A Constituição de 1988 e a Lei Nº 9.394 de 1996 reforçam a importância do acesso à escola para garantir esse direito, mas nem sempre a educação é promovida pelo poder público de forma eficiente e acessível a todos. No qual há distribuição desigual de escolas públicas, especialmente nas periferias e regiões mais pobres, forçando estudantes a longos deslocamentos, percebe-se que as turmas contempladas neste projeto são de várias localidades e municípios diferentes, este fato se deve pela falta de empreendimentos escolares mais próximos de suas residências (Xavier, 2019).

Segundo Costa (2013) a faixa etária de alunos do ensino médio é compreendida entre 15 a 17 anos de idade, o que está explícito nas idades das turmas, sendo maioria. Entretanto, há alunos com outras idades revelando heterogeneidade nas turmas com relação à idade própria para cursar as séries inseridas neste trabalho. As turmas têm idades entre 14 a 21 anos, porém três do total não informaram suas idades, o que está melhor visualizado no gráfico 2.

Gráfico 2 - Perfil da idade dos alunos das turmas envolvidas no projeto educacional.



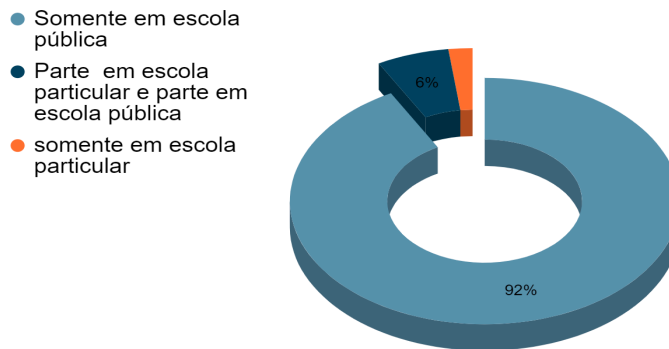
Fonte: Dados da pesquisa.

O ensino para turmas em diferentes faixas etárias requer práticas pedagógicas adaptadas aos interesses e nivelamento do aprendizado para contemplar a todos, notadamente que as dificuldades individuais em acompanhar as disciplinas são diferentes para cada faixa etária por se tratar de turmas heterogêneas, tanto em relação a localidade que estão inseridas quanto às idades dos alunos (as) que fazem parte das turmas (Santos; Furtado, 2019).

A referida escola onde se desenvolveu as atividades presente neste trabalho é localizada na zona rural do município, no qual as práticas educativas voltadas a necessidade da realidade da comunidade escolar, tais como a educação de uso de recursos naturais, tal como os recursos hídricos, segundo Santos (2022) está de acordo com Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

A distribuição dos alunos que estudaram em escola pública e particular durante o ensino fundamental é apresentada no gráfico 3, sendo a maior porcentagem de alunos(as) oriundos somente de escola pública.

Gráfico 3 - Relação de alunos com a origem do tipo escolar do EF.



Fonte: dados da pesquisa

O ensino fundamental no Brasil é público, atende cerca de 90% dos alunos, mas há desafios significativos, como a evasão escolar, que aumenta ao longo das séries. O processo de municipalização do ensino avançou, especialmente nas séries iniciais, e apesar da descentralização, a qualidade educacional não melhorou, no qual a infraestrutura é precária (Arelaro, 2005).

Há um número expressivo de alunos que afirmaram já ter estudado o ciclo da água no ensino fundamental (EF) e/ou ensino médio (EM) e outros relataram que não estudaram o tema anteriormente como mostrado no gráfico 4 (A). Também foi perguntado quais alunos estudaram o tema anteriormente e como consideram o nível de aprendizado gráfico 4 (B).

Gráfico 4 - Relação de alunos que já estudaram ou não o ciclo da água.



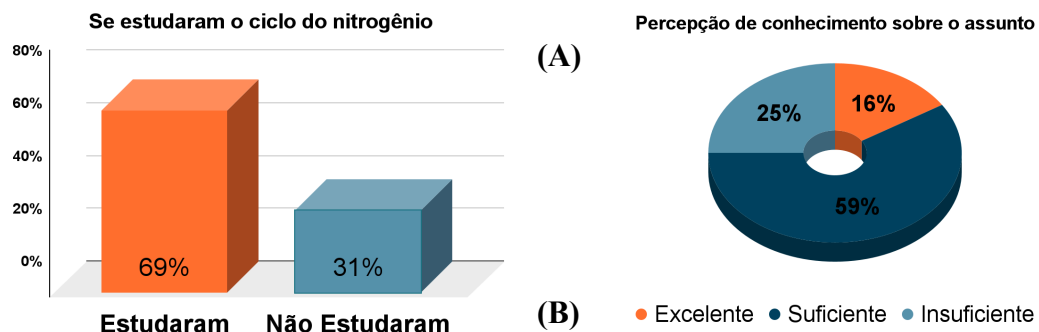
Fonte: dados da pesquisa.

A Base Nacional Comum Curricular determina o currículo de crianças e dos jovens, no qual o ciclo da água é obrigatório desde os anos iniciais do ensino fundamental, refletido pelo número expressivo de alunos que já estudaram o tema em anos anteriores, ainda que haja alunos que não conhecem o tema pelo estudo escolar em anos anteriores é uma porcentagem menor, mas que devem se apropriar de conhecimentos a partir deste trabalho (Brasil, 2018).

O ciclo da água é tema integrante da Política Nacional do Meio Ambiente, como princípio na Lei nº 6.938 de 1981 que a racionalização dos recursos ambientais, e também integra a educação ambiental em todos os níveis de ensino, inclusive para comunidades para promover a capacitação em defesa do meio ambiente (Brasil, 1981).

Também foi perguntado aos discentes se haviam estudado anteriormente o ciclo do nitrogênio, 69% afirmam haver estudado e 31% não haviam estudado em anos anteriores. Dentre os que conhecem o assunto, 25% consideram seu conhecimento excelente, 40% avaliaram seu conhecimento como suficiente e 16% avaliam como insuficiente, como mostrado no gráfico 5 (A) e (B) respectivamente.

Gráfico 5 - avaliação de conhecimentos sobre o ciclo do nitrogênio.



Fonte:

dados da pesquisa.

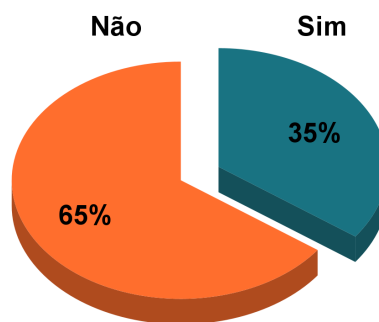
O ciclo do nitrogênio é um processo essencial para a vida, que envolve etapas como fixação (conversão do nitrogênio atmosférico em amônia), nitrificação (transformação de amônia em nitritos e nitratos), assimilação (absorção pelos seres vivos), amonificação (decomposição de matéria orgânica em amônia) e desnitrificação (retorno do nitrogênio para a atmosfera). No entanto, ensinar esse tema enfrenta desafios no qual os professores relatam que a defasagem no conhecimento prévio e a ausência de conceitos fundamentais limitam a abordagem de conteúdos mais complexos, o que evidencia a importância de consolidar fundamentos químicos para facilitar o aprendizado (Teodoro, 2017).

O Brasil tem grande potencial para o reuso de água, com uma capacidade estimada de

175 m³/s por ano. Em residências, a reutilização de águas cinzas, provenientes de chuveiros e lavatórios, pode ser aplicada em descargas sanitárias, reduzindo o consumo de água potável. Essas águas podem ser classificadas como claras, originadas de chuveiros e máquinas de lavar, e escuras, provenientes de pias e lava-louças, mas apesar das vantagens existem barreiras culturais e custos elevados dificultam a adoção do reuso. Caso sua implementação seja viável, o sistema poderá otimizar o uso da água, minimizar a captação de fontes naturais e reduzir o despejo de efluentes, o que promove a sustentabilidade (Cancian, 2024).

Tendo em vista o exposto acima foi perguntado aos estudantes sobre reuso da água em ambiente familiar, do total de alunos foi verificado que 65% não fazem reuso da água em suas residências e 35% realizam este reuso em outras finalidades nas suas residências.

Gráfico 6 - Quantos estudantes praticam o reuso de águas no ambiente familiar.



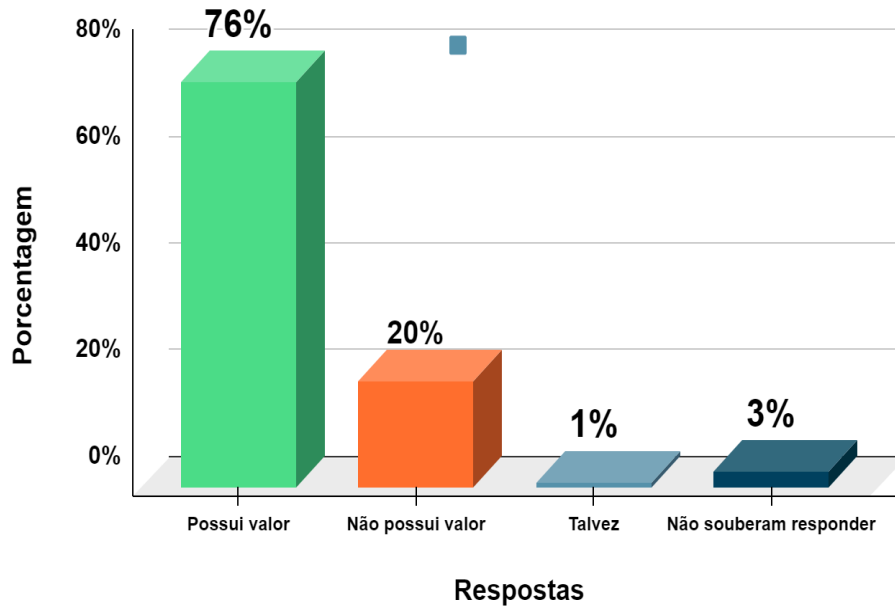
Fonte: dados da pesquisa

A Política Nacional de Recursos Hídricos afirma que a água é um recurso natural limitado e de valor econômico, reforçando a necessidade de uma gestão eficiente e sustentável. Esse reconhecimento evidencia que a água não pode ser tratada apenas como um bem abundante e gratuito, mas como um elemento essencial para o desenvolvimento econômico e social. Além disso, ao incentivar o uso múltiplo das águas e a descentralização da gestão com participação pública, a política fortalece a valorização econômica da água, promovendo investimentos em infraestrutura, tecnologia e práticas de conservação que garantam seu aproveitamento racional e sustentável (Brasil, 1997).

Conforme evidenciado, foi perguntado aos estudantes sobre seu conhecimento a respeito de questões ambientais e recurso hídrico, a resposta desta pergunta está apresentada no gráfico 7, onde cerca de 76% dos alunos têm consciência do que é um recurso hídrico, possui valor econômico e que precisamos utilizar técnicas que visam melhorar o aproveitamento pela comunidade ao qual residem, 20% não concordaram devido pensarem

que esse recurso é abundante em nossa região e no planeta, 1% concorda em parte e 3% não souberam responder.

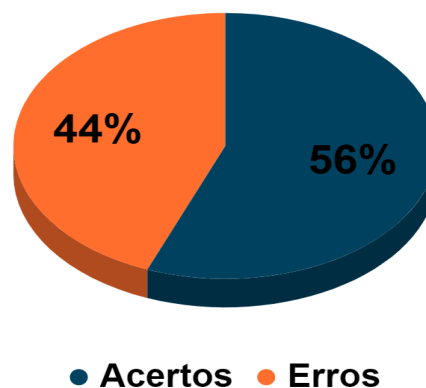
Gráfico 7 - Percepção de valor de recursos hídricos.



Fonte: Dados da pesquisa.

Perguntou-se ainda, sobre qual a porcentagem de água salgada presente em nosso planeta, 44% não acertaram a questão e atribuíram valores abaixo da realidade, 56% afirmaram corretamente que o total desta água é de aproximadamente noventa e quatro por cento do total da água do planeta, o que por sua vez também está apresentado graficamente (Gráfico 8).

Gráfico 8- Resposta ao questionamento da totalidade de água salgada no planeta.



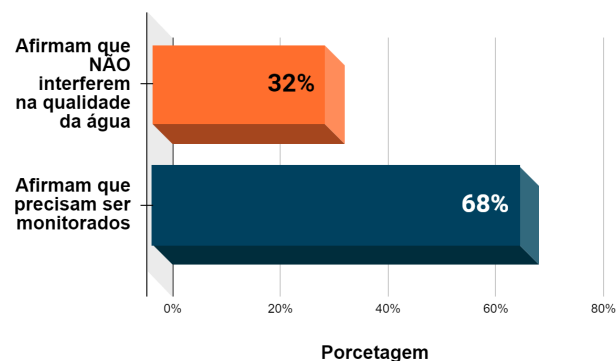
Fonte: dados da pesquisa.

Na literatura existem outras porcentagens que afirmam que a terra possui 97,5% de águas salgadas e assim próximo a média encontrada por outros autores estudados nesta presente pesquisa, enquanto apenas 2,5% correspondem à água doce. Deste total de água doce, cerca de 70% está congelado em geleiras e calotas polares, 29,9% encontra-se no subsolo, e apenas 0,3% está disponível na superfície para consumo direto (Ferreira, 2025).

O lançamento de efluentes em cursos d'água provoca um grave desequilíbrio ambiental, impactando diretamente a biota local e reduzindo os níveis de oxigênio dissolvido. Esse déficit compromete a capacidade de suporte do ecossistema, dificultando a sobrevivência de diversas espécies aquáticas. A sobrecarga imposta pela poluição intensifica o consumo de oxigênio, gerando condições adversas para a fauna aquática. A capacidade de autodepuração dos rios, fundamental para a regeneração do ambiente, é pressionada ao limite, tornando-se insuficiente para neutralizar os efeitos da degradação no qual o excesso de matéria orgânica acelera a proliferação de organismos anaeróbicos. Sem medidas eficazes de controle e recuperação, esse impacto pode levar a perdas irreversíveis na qualidade da água e na biodiversidade local (Novais *et al.*, 2019).

Sabendo do apresentado acima, foi questionado aos estudantes a respeito da decomposição de matéria orgânica e sua interferência na qualidade da água a partir da geração de compostos de nitrogênio (Gráfico 9), 32% dos alunos responderam que não interfere na qualidade da água, 68% dos alunos afirmaram que o monitoramento de compostos nitrogenados é originado da decomposição de matéria orgânica e precisam ser monitorados e que quanto maior o teor, mais oxidado está o nitrogênio.

Gráfico 9–Sobre a decomposição orgânica e de compostos nitrogenados



Fonte: dados da pesquisa.

A educação ambiental desempenha um papel essencial no entendimento dos processos de tratamento da água e na conscientização sobre sua preservação, especialmente diante da

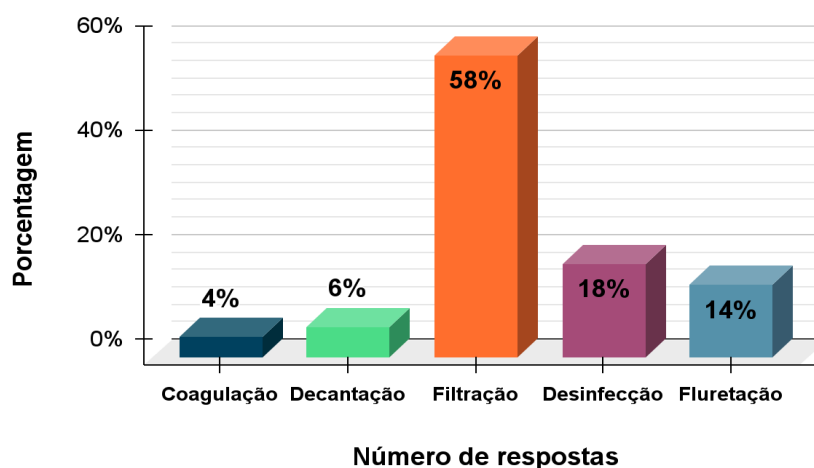
crise ambiental. Nessa perspectiva, o tratamento da água envolve diversas etapas fundamentais para garantir sua potabilidade e qualidade (Dias, 2001).

O processo de decantação utiliza a ação da gravidade para separar partículas de maior densidade, depositando-as em uma zona de armazenamento. Em seguida, a filtração remove os resquícios de impurezas retidos no leito filtrante, que geralmente é composto por areia de diferentes granulometrias e antracito. A desinfecção, etapa crucial para a eliminação de organismos patogênicos, ocorre por meio da aplicação de agentes como o cloro, que reduz a matéria orgânica e assegura um residual de cloro livre (Cascino, 2000).

Além disso, a fluoretação, regulamentada para sistemas públicos de abastecimento, combate a incidência de cáries na população. A correção do pH da água também é necessária para atender aos parâmetros estabelecidos, evitando danos às tubulações e garantindo a eficiência do abastecimento (Silveira e Nijishima, 2017).

Dito isto, a última pergunta é referida sobre o assunto, no qual foi questionado aos alunos sobre seus conhecimentos a respeito do tratamento da água residual, como aspecto turvo e suspensão de sólidos em água translúcida e potável, quais as etapas indicam cada processo, e a etapa em que se utiliza produto químico para tratamento. Nas respostas 4% afirmaram ser a coagulação, 6% a decantação, 58% filtração, 18% disseram desinfecção e 14% fluoretação como mostrado no gráfico 10.

Gráfico 10 - Etapa que indica o processo de tratamento da água.



Fonte: dados da pesquisa.

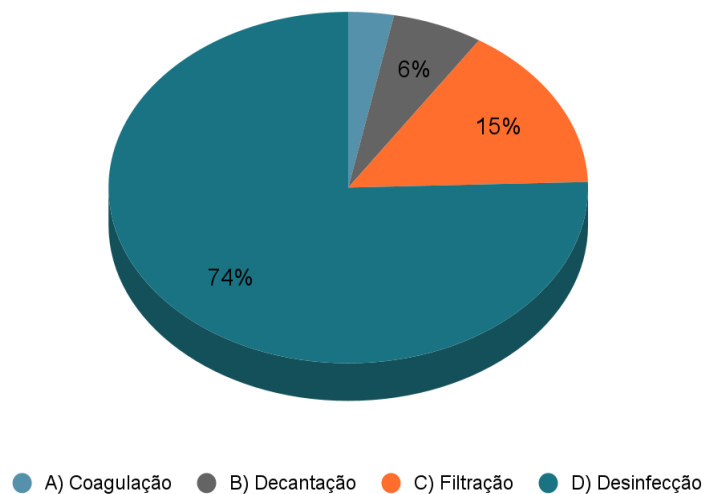
Foi solicitado aos estudantes a redação de um texto explicativo sobre a importância do recurso hídrico para o planeta, para o Brasil, para a comunidade e para ele(a) próprio(a) no

qual realizaram a tarefa de forma sucinta e não aprofundada, várias formas de uso foram abordadas, principalmente para a limpeza em suas residências, ninguém fez correlação da água com a produção de alimentos, porém, todos sabem que a vida depende diretamente da água.

5.2 Avaliação final sobre os conhecimentos adquiridos pelos alunos em sala de aula

O questionário II (Apêndice B) procurou avaliar o conhecimento de 71 alunos das turmas após as atividades desenvolvidas em sala de aula, foram perguntados novamente sobre o processo de tratamento que a água bruta deve passar para ser consumida pela população, em uma etapa específica de adição de produtos químicos, 74% dos estudantes marcaram corretamente a letra D correspondente a desinfecção dessas água, 15% marcaram letra C correspondente a filtração, 6% marcaram letra B correspondendo a decantação e 3% marcaram letra A, coagulação (Gráfico 11).

Gráfico 11-Processos de tratamento da água bruta para consumo



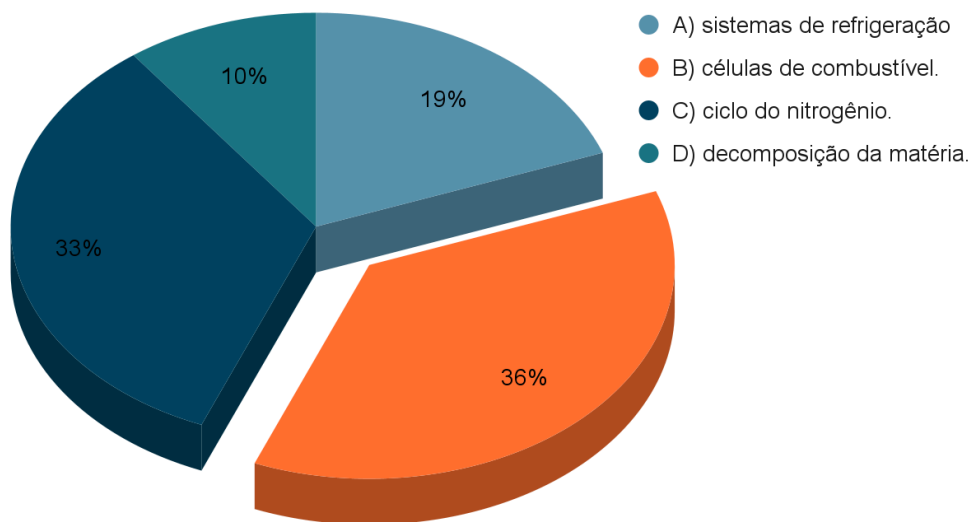
Fonte: Dados da pesquisa.

O processo de decantação utiliza a ação da gravidade para separar partículas de maior densidade, depositando-as em uma zona de armazenamento. Posteriormente, a filtragem remove os resquícios de impurezas retidos no leito filtrante, geralmente composto por areia de diferentes granulometrias e antracito. A desinfecção, etapa crucial para a eliminação de organismos patogênicos, ocorre por meio da aplicação de agentes químicos como o cloro, que reduz a matéria orgânica e assegura um residual de cloro livre (Pinto *et al.*, 2013).

Os alunos foram perguntados sobre em qual processo haveria geração de energia em

um sistema e como produto final ocorreria a síntese da molécula de água, 36% responderam células de combustível (letra B) opção correta, 33%, 19% e 10% marcaram as letras A, C e D respectivamente, como mostrado no Gráfico 12 os alunos consideraram essa pergunta como de maior nível de dificuldade pela especificidade da disciplina (Física).

Gráfico 12 - Questão sobre a formação da molécula da água em um sistema.



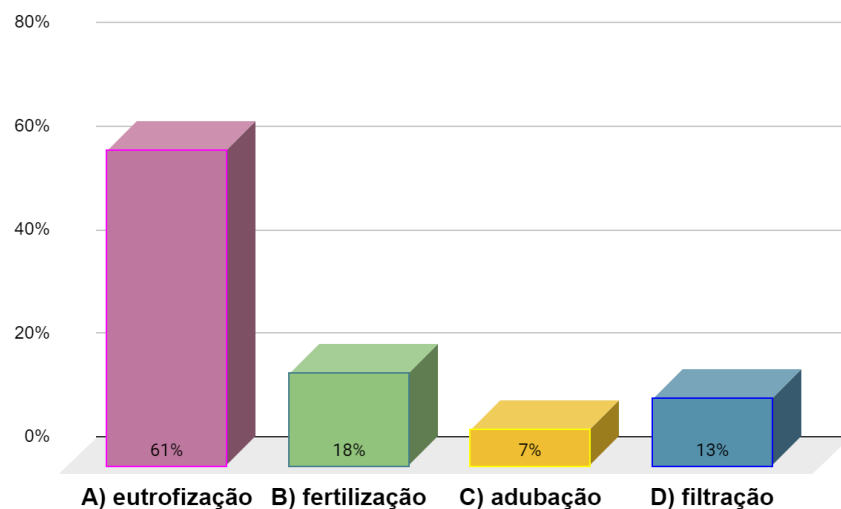
Fonte: Dados da pesquisa.

As células de combustível são dispositivos eletroquímicos que convertem energia química diretamente em energia elétrica por meio de reações de oxirredução. Elas utilizam hidrogênio como combustível e oxigênio como agente oxidante, resultando na formação de água como produto final. Esse processo é altamente eficiente e sustentável, pois não gera emissões de poluentes, sendo uma alternativa promissora para a geração de energia limpa. No entanto, desafios como o alto custo de produção e a necessidade de hidrogênio puro ainda limitam sua ampla implementação (Dalcin, 2020).

A poluição das bacias hidrográficas superficiais pelo excesso de compostos nitrogenados é um problema ambiental significativo. O excesso de nitrogênio, proveniente de atividades agrícolas, industriais e domésticas, pode causar eutrofização, levando à proliferação excessiva de algas e à redução do oxigênio dissolvido na água. Isso afeta negativamente a biodiversidade aquática e pode comprometer o abastecimento de água potável. Além disso, a presença elevada de compostos nitrogenados, como nitratos e nitritos, pode representar riscos à saúde humana, especialmente quando ingeridos em altas concentrações (Gardiman Junior, 2015).

Sobre essas informações foi perguntado aos alunos sobre o processo de poluição de bacias hidrográficas superficiais pelo excesso de compostos nitrogenados, e como mostrado no gráfico 13, a maior parte dos estudantes responderam corretamente a letra A, correspondendo a eutrofização, as demais opções correspondem às opções erradas ao gabarito.

Gráfico 13 - Sobre o conhecimento de poluição de bacias superficiais.

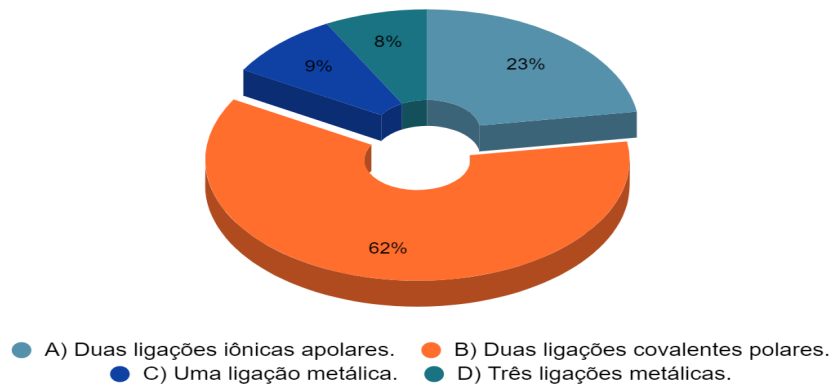


Fonte: Dados da pesquisa.

A molécula da água é composta por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio, unidos por ligações covalentes polares. Essa polaridade ocorre porque o oxigênio é mais eletronegativo que o hidrogênio, atraindo os elétrons compartilhados de forma desigual. Como resultado, a molécula apresenta uma distribuição de carga assimétrica, com uma região parcialmente negativa próxima ao oxigênio e regiões parcialmente positivas próximas aos hidrogênios. Além das ligações covalentes, as moléculas de água interagem entre si por meio de pontes de hidrogênio, que são forças intermoleculares responsáveis por diversas propriedades únicas da água, como seu alto calor específico, tensão superficial elevada e capacidade de dissolver substâncias polares (Atkins; Paula, 2018).

Sobre o assunto descrito, os alunos foram avaliados sobre quais ligações químicas ocorrem na molécula da água, 62% responderam corretamente a letra B correspondendo a duas ligações covalentes polares, 23%, 9% e 8% marcaram as opções A, C e D como mostrado no gráfico 14.

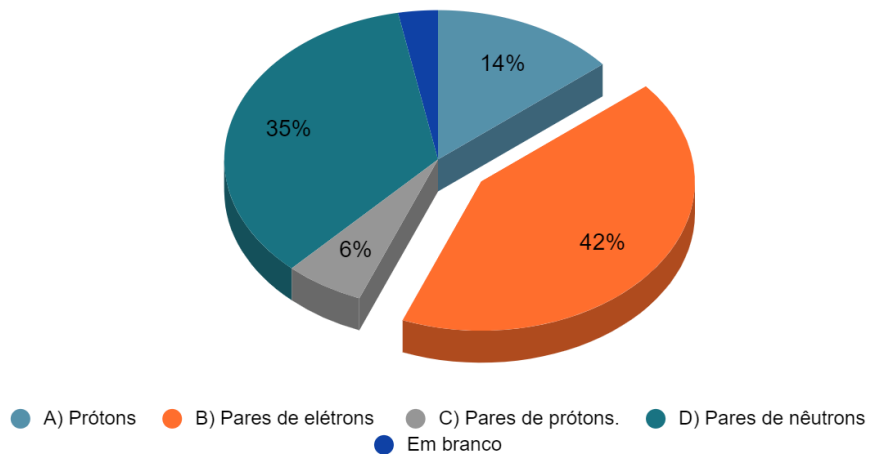
Gráfico 14-Sobre ligações químicas que ocorrem na molécula de água.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os estudantes foram avaliados sobre a indicação de compartilhamento entre átomos em uma molécula de nitrogênio, 42% responderam que a fórmula apresentada no texto representa compartilhamento de pares de elétrons, 35%, 6% e 14% responderam respectivamente a letra A (prótons), C (pares de prótons), D (pares de nêutrons), 3% deixaram em branco como mostrado no gráfico 15.

Gráfico 15 - Respostas sobre as ligações dos átomos na molécula de nitrogênio.



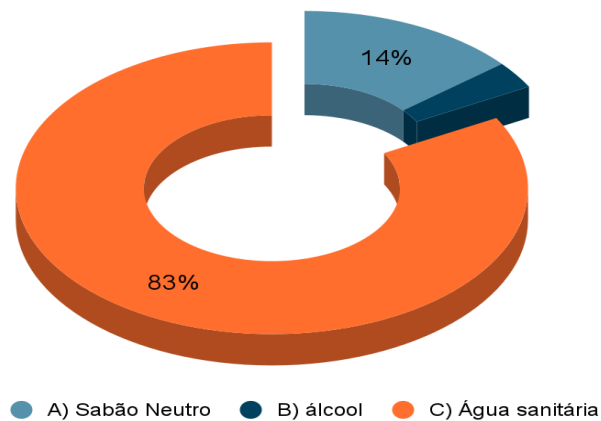
Fonte: Dados da pesquisa.

Na molécula de nitrogênio (N_2), os dois átomos compartilham três pares de elétrons, formando uma ligação covalente tripla. Esse tipo de ligação ocorre porque cada átomo de nitrogênio possui cinco elétrons de valência e precisa de três elétrons adicionais para completar seu octeto, tornando a molécula altamente estável. A ligação tripla confere ao gás nitrogênio propriedades únicas, como sua baixa reatividade química e sua presença abundante

na atmosfera terrestre. Além disso, por ser uma ligação covalente não polar, os elétrons compartilhados são distribuídos de maneira equilibrada entre os dois átomos, sem a formação de pólos de carga (Brown *et al.*, 2018).

Foi perguntado ainda sobre qual produto químico poderia ser utilizado para desinfecção da água segundo exigência do Ministério da Saúde para combater microrganismos. A resposta correta escolhida por 83% dos estudantes correspondeu ao uso de água sanitária, composto que possui o cloro ativo e é necessário utilizar em teores adequados para consumo humano, 14% marcaram letra A (sabão neutro), e 3% marcaram letra B (álcool) como mostrado no gráfico 16.

Gráfico 16 - Produto químico que pode ser utilizado na desinfecção da água.



Fonte: Dados da pesquisa.

A água sanitária, composta principalmente por hipoclorito de sódio, é amplamente utilizada na desinfecção da água devido à sua capacidade de eliminar microrganismos patogênicos, como bactérias e vírus. Seu uso é essencial para garantir a potabilidade da água em sistemas de abastecimento público, além de ser empregada na higienização de superfícies e alimentos. No entanto, é fundamental seguir as recomendações de dosagem para evitar efeitos adversos, como irritação na pele e mucosas (Anvisa, 2009).

O critério utilizado para avaliar o conhecimento na última pergunta objetiva em que os alunos precisaram demonstrar quais atitudes diárias poderiam realizar em suas atividades que preservariam os Recursos Hídricos, foi percebido o domínio dos alunos sobre o tema e foi avaliado que a maioria estão cientes dos variados processos e ações que podem utilizar no dia a dia.

Cerca de 96% dos alunos consideraram o trabalho desenvolvido em sala de aula relevante para seu aprendizado, 46% disseram que o trabalho realizado foi excelente, 37% avaliaram como um bom trabalho e 15% um trabalho regular. Ressalta-se que a avaliação é subjetiva e que foi realizada para verificar o nível de satisfação dos estudantes diante do tema proposto em sala de aula.

5.3 Implantação e atividades do projeto educacional

Conciliando o trabalho juntamente à agenda da escola, no dia 18 de novembro de 2023 foi iniciada a implantação do projeto educacional de captação de águas pluviais, onde foi realizada a construção da base que receberia a caixa d'água e no dia 19 de novembro instalou-se a calha no telhado da escola como mostrado na figura 14.

Figura 14 - Instalação da base e da calha que receberá as águas pluviais.



Fonte: autora

Os próprios alunos da escola denominaram o projeto no decorrer das aulas o qual foi intitulado de “*CISTERN PROJECT: Preservação de Recursos Hídricos na Escola*”, como mostrado na Figura 12, onde os alunos participantes colocam a respectiva denominação na caixa de água.

Figura 15- Participação dos alunos em dia letivo



Fonte: autora.

5.4 Resultado das análises de água consumida na escola obtidas em sala de aula

Ocorreu ainda no trabalho a realização de experimento didático relacionado às disciplinas do Ensino de Ciências na Natureza e suas Tecnologias, o qual foi realizado em sala

de aula. Os alunos foram orientados de como deveriam ser realizadas análises para determinação dos teores de amônia e nitrito em amostras de água coletada, os resultados a serem obtidos visam demonstrar aos alunos como a ocorrência desses parâmetros podem estar em concordância ou não na lei que regula esses teores na água consumida para fins potáveis em ambiente escolar. Os teores obtidos foram de 0,25 ppm de amônia e 0,25 ppm de nitrito, os passos analíticos são visualizados na figura 13, e cada experimento foi realizado em duplicata, os experimentos para a turma do 1º ano e do 2º ano foram realizados em horários distintos.

Figura 16 – Visualização da leitura do resultado do experimento.



Fonte: autora.

Independente da origem da água, a utilização para consumo humano, como ingestão, preparação de alimentos e para higiene pessoal só pode conter até 1,2 mg/L ou 1,2 ppm de amônia e 1 mg/L de nitrito, as amostras trabalhadas mostraram estarem em conformidade com os padrões estabelecidos no Brasil pela portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021.

Tabela 3 - Dados obtidos através do experimento em sala de aula.

Amostras	Nitrito (NO_2^-)	Amônia (NH_4^+) _{aq}
Água consumida na escola	Consta 0,25 ppm	Consta 0,25 ppm

Fonte: dados da pesquisa.

5.5 Resultados das análises de amostras de águas pluviais e do poço tubular

O poço tubular instalado na escola localiza-se a 47,1 metros de distância do cemitério da Vila de São Pedro, possui uma cota de 19 metros (elevação do nível do solo), a água que escorre do poço pela declividade segue em direção ao cemitério. O poço instalado capta a água a uma profundidade de aproximadamente 25 metros, conforme Sena (2009) indica a extração de água do aquífero de Barreiras, sendo esse uma fonte de água mais suscetível à contaminação.

O experimento implantado na escola possui 9 metros de calha que absorve a água pluvial e que leva para uma caixa d'água com capacidade para 500 litros, a água é utilizada para irrigação paisagística e lavagem dos pisos das dependências da unidade escolar e para outros fins não potáveis. Ressalta-se ainda que não há em vigência qualquer legislação que controle o uso da água pluvial, porém o presente trabalho buscou equiparar os padrões dessa água com os exigidos para consumo humano, também não há qualquer protocolo para a coleta de amostras para análise da água pluvial, deixando uma lacuna muito grande para a realização de aproveitamento desse insumo.

Os padrões exigidos por lei atualmente estão na Portaria GM/MS n. 888 de 4 de maio de 2021 e foram utilizados para ambas as amostras descritas.

Os níveis de ferro determinados foram de 0,14 mg/L para a água da chuva e 0,12 mg/L para a água do poço, os teores de manganês foram (em ambas as amostras) foram inferiores a 0,1 mg/L e estão de acordo com os padrões exigidos pela portaria, as concentrações desses elementos não devem ultrapassar 2,4 e 0,4 mg/L respectivamente, estando ambas as amostras conforme os níveis permitidos.

As temperaturas no momento da coleta estavam em torno de 29,7° C para a água pluvial captada e reservada na caixa d'água, praticamente a mesma temperatura (29,5° C) foi medida para a água do poço tubular, a legislação não relata temperatura específica para coleta das amostras, mas o parâmetro é utilizado para corrigir o valor do pH medido de acordo com a exigência estabelecida na tabela da portaria supracitada.

Os níveis de turbidez não estão de acordo com o permitido para ambas as amostras, onde a portaria determina que seja inferior a 5 ut. Os valores do pH de ambas as amostras não estão de acordo com a legislação vigente, porém a água pluvial está no nível mais aproximado à exigida por lei, que é de 6,0 a 9,0. A água da chuva apresentou pH de 5,27, o que caracteriza uma acidez, que pode estar associada ao contato dessa água armazenada com o CO₂ do ar

atmosférico, o excesso de CO₂ na região sugere-se estar associado a grande quantidade de queimadas em regiões próximas a escola, onde a própria fuligem encontrada no telhado da escola corrobora a possível explicação tanto que há a influência na turbidez da água. A água do poço apresentou pH de 5,14 que embora apresente pouca diferença em relação a água pluvial, não se deve ingerir, antes de uma possível correção.

A alcalinidade indica a neutralização de ácidos, e expressa a capacidade de tamponamento da água, isto é, sua capacidade de resistir a mudanças no valor do pH, os principais constituintes responsáveis pela alcalinidade são os íons bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. A distribuição entre as três formas na água é função do pH e apesar do alto índice encontrado nas amostras analisadas, indicam que os valores não apresentam toxicidade para o ser humano. Porém apesar disso, a água do poço poderá apresentar gosto amargo ao paladar e a origem de alteração da alcalinidade da amostra de água do poço pode ser associada pela provável dissolução de rochas do aquífero (Nolasco *et al.*, 2020).

Nas amostras foram detectados a presença de cloreto dentro dos padrões exigidos. A determinação de DQO não é necessária para a finalidade a que se destina, porém, os teores ficaram abaixo de 0,5 mg/L em ambas as amostras. A condutividade elétrica também não precisa ser avaliada quando se trata de água para consumo humano, para diversas outras aplicações, o parâmetro foi avaliado e apresentou maior teor na amostra de águas pluvial que foi de 104,5, enquanto que na água de poço apresentando valor de 95,6 µS/cm. Os níveis de substâncias inorgânicas tais como ferro total, fluoreto, magnésio, nitrito, potássio, sulfato estão de acordo com os padrões exigidos (Brasil, 2021).

A dureza na água pluvial armazenada na caixa de água foi menor 7,60 mg/L, e na amostra da água do poço 8,20 mg/L, estando ambas as amostras de acordo com o permitido, a água da chuva não possui esses teores altos, demonstrando que o telhado de argila não interfere significativamente nesse parâmetro pela característica do material.

Outro parâmetro que está dentro do controle da qualidade das águas é o teor de nitrato, na portaria seu teor deve ser inferior a 10 mg/L, essa análise é de fundamental importância pelas transformações do nitrogênio em que necessita de microrganismos nitrificadores que façam essa transformação no meio ambiente. Nas análises o teor de nitrato nas amostras foi inferior a 1 mg/L, o baixo valor observado nesse ponto supõe que o poço é protegido pela topografia local. Segundo Matta (2010), a água está sendo extraída especificamente do aquífero pós-barreiras e com uma vazão de 5 m³/h, que por si só não é suficiente para

abastecer a população local que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no censo de 2022 é de aproximadamente 1.270 habitantes (População do bairro do São Pedro). Matta (2010), aponta ainda que há outros poços espalhados pelo bairro, que pela dinâmica populacional tem que utilizar dessas fontes de abastecimento, as quais não possuem um tratamento adequado para distribuição à população. Sugerindo que, para haver melhoras na composição química da água subterrânea que está sendo distribuída para a população, uma nova possível fonte de extração (Um novo poço que chegue a captar este insumo da formação Pirabas) poderia resolver as possíveis contaminações encontradas nos aquíferos mais superficiais tal como o que é atualmente utilizado. Essa nova extração (de um poço com o aquífero menos suscetível a contaminação) pode até permitir uma maior vazão, chegando até 600 m³/h, sendo capaz de abastecer toda a população local e com mais facilidade em se obter uma água de maior qualidade.

Na tabela 4, é apresentado um resumo dos resultados das análises realizadas e uma comparação com a portaria reguladora, sendo uma a amostra de águas pluviais recolhidas no sistema instalado e outra a amostra de água obtidas do poço tubular ao qual o SAEE responsabiliza-se pela sua manutenção e distribuição à população local.

Tabela 4 - Resultados das análises físico-química das amostras de água

(continua)

Parâmetros	Águas pluviais	Poço tubular	Unid.	Portaria gm/ms n°888/2021
Alcalinidade total	17,2	14,9	mg/L	N.A
Bicarbonatos	4,3	5,7	mg/L	N.A
Chumbo	< 0,01	< 0,01	mg/L	< 0,01

Fonte: amostras analisadas no laboratório analítico NucleoLab.

Tabela 4 - Resultados das análises físico-química das amostras de água trabalhadas na investigação
(conclusão)

Parâmetros	Águas pluviais	Poço tubular	Unid.	Portaria gm/msn ^o 888/2021
Condutividade	104,5	95,6	µS/cm	N.A
Cálcio	<1,0	0,75	mg/L	N.A
Cádmio	< 0,001	< 0,001	mg/L	< 0,001
DQO	< 0,5	< 0,5	mg/L	N.A
Dureza Total	7,60	8,20	mg/L	< 300,00
Ferro Total	0,14	0,12	mg/L	< 2,4
Fluoreto	< 0,01	< 0,01	mg/L	< 1,5
Magnésio	0,06	0,04	mg/L	N.A
Manganês	< 0,01	< 0,01	mg/L	< 0,4
Nitrato	<1,00	< 1,00	mg/L	< 10,0
Nitrito	<0,1	< 0,1	mg/L	< 1,0
pH	5,27	5,14	–	6,0 a 9,0
Potássio	<0,10	<0,10	mg/L	N.A
Sódio	<1,00	<1,00	mg/L	< 200,0
SDT	19,20	15,20	mg/L	< 500,0
Sulfato	< 1,0	< 1,0	mg/L	< 250,0
Temperatura	29,70	29,50	°c	N.A
Turbidez	15,2	11,8	UT	< 5,0
Carbonato	3,1	3	mg/L	N.A
Cloreto	9,7	7,5	mg/L	< 250,0

Fonte: Amostras analisadas no Laboratório Analítico - Núcleo Lab.

As análises microbiológicas mostraram a presença de bactérias termotolerantes em ambas as amostras trabalhadas, sendo de 180,00/100 mL na água da caixa de água, proveniente das águas pluviais e de 100,00/100 mL na amostra de água proveniente do poço tubular instalado na escola (Tabela 5). A portaria não permite qualquer teor dessas bactérias nas águas consumidas por seres humanos e determina a correção da água. Vale ressaltar que há formas de eliminar esses microrganismos presentes, apenas com a administração de tratamento com cloro.

As análises de ambas as amostras mostraram a ausência de coliformes totais, estando assim de acordo com a Portaria gm/ms nº888 de 4 de maio de 2021.

Tabela 5 - Análises microbiológicas de duas amostras de água

Parâmetros	Resultados das amostras de águas pluviais	Resultados das amostras do poço tubular	Unid.	Portaria gm/ms nº888/2021.
Bactérias termotolerantes	180,00	100,00	NMP	Ausência/100 ml
Coliformes Totais	Ausente	Ausente	NMP	Ausência/100 ml

Fonte: dados da pesquisa.

A contaminação da água da chuva ocorre provavelmente pelo contato de pássaros oriundos dos arredores com o telhado da escola, onde pousam e ejetam fezes, esses excrementos podem vir a poluir o local de coleta de águas pluviais. O termo “poluição” se refere a água que possui elementos degradativos, mas que poderão ser reversíveis através de tratamento adequado. Entretanto, no estudo em questão esse padrão poderá ser ajustado segundo a referida portaria citada nesta pesquisa. Na água do poço a contaminação provavelmente ocorre pela proximidade da fossa séptica da instituição de ensino.

A resolução Conama nº 357 de 17 de março de 2005 informa no capítulo XI que os coliformes termotolerantes são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, e caracterizam a atividade da enzima β -galactosidase e que podem crescer em meios contendo agentes tensoativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° a 45° C, tais como em animais que possuem essa temperatura, e geram a produção de ácido, gás e aldeído. Contudo, há danos para a espécie humana se ingerida, podendo causar problemas

intestinais. Podem estar nas fezes humanas e de animais homeotérmicos, também ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal.

As análises de bactérias termotolerantes são realizadas para verificar possíveis presenças de outros microrganismos que são prejudiciais à saúde, onde as bactérias termotolerantes são encontradas, demonstram que essa água com esse teor não tratado, poderá ser um meio de transmissão de doenças vinculadas, e a sua ingestão pela comunidade em qualquer nível, demonstram que existem tendências de exposição à doenças tais como: cólera, febre tifoide, hepatite A e doenças diarreicas agudas de várias etiologias: *bactérias-Shigella, Escherichia coli*; vírus – rotavírus, norovírus e poliovírus (poliomielite – já erradicada no Brasil); e parasitas –*Ameba, Giardia, Cryptosporidium, Cyclospora*. Algumas dessas doenças possuem alto potencial de disseminação, com transmissão de pessoa para pessoa (via fecal - oral), assim possui alto nível de propagação na comunidade (Souza *et al.*, 2021).

A diferença dessa tendência de poluição na amostra de águas captadas no projeto escolar é percebida, pois a caixa d'água possui tampa sendo a possibilidade dessa propagação de bactérias termotolerantes provenientes de fezes humanas ser nulo para o sistema de captação de águas pluviais, sendo esse fator importante por se tratar de outra matriz contaminante.

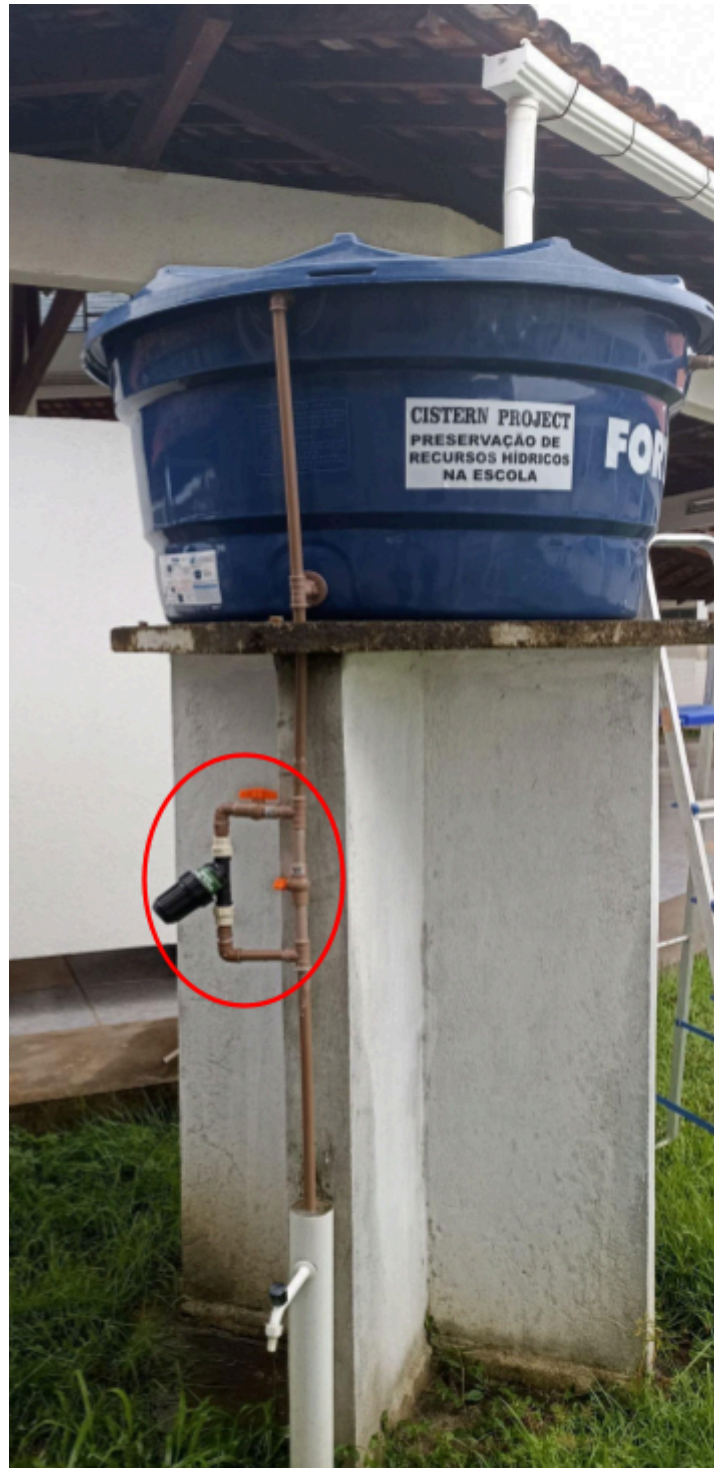
Verifica-se que o tratamento de ambas as amostras de águas (pluviais e das extraídas do poço tubular) são necessárias para adequação da qualidade da água segundo a Portaria nº 888 de 4 de maio de 2021. Apesar do enquadramento da água pluvial ser diferenciada em relação ao consumo (Irrigação, lavagens de carteiras e outras finalidades), a exigência de normalização desse padrão é a mesma que para a água consumida pela população, através da extração da água.

5.6 Aplicação de cloro no sistema de águas pluviais

Após os resultados das análises verificou-se a importância de reduzir totalmente os níveis de bactérias termotolerantes, para atingir esse objetivo utilizou-se a inserção de pastilhas de cloro que, segundo Leal (2012) é necessário para obter uma água tratada sob a perspectiva de desinfecção no sistema de águas pluviais contendo qualquer nível de bactérias

termotolerantes, a adição do composto está mostrada na figura 17 e assim objetiva-se adequar essa fonte aos padrões exigidos no Brasil (2021).

Figura 17 - Instalação do clorador.



Fonte: autora.

5.7 Resultados da segunda análise das amostras de águas pluviais e do poço tubular

As análises foram repetidas novamente em um período em que houve maior incidência de chuvas na região, sendo por essa razão capaz de alterar os resultados nas amostras em relação às primeiras análises realizadas e descritas nesta pesquisa, assim os novos resultados estão presentes na tabela 6 e devem ser correlacionados com os resultados apresentados na tabela 3.

Para Oliveira *et al.* (2018), os teores dos parâmetros analisados na amostra de água proveniente do poço no período chuvoso devem ser capazes de ter um aumento na sua falta de qualidade, e realmente esse fato foi verificado nas análises físico-químicas e microbiológicas realizadas, onde é visualizado a reprovação de alguns padrões exigidos por lei. O observado pode estar relacionado a alta porosidade do solo no município de Curuçá. Por fazer parte da região Amazônica onde há altos índices pluviométricos, permitem que o fluxo das águas das fossas e poluentes diversos possam migrar para o interior do poço.

Outro fator importante que está relacionada ao segundo resultado das amostras analisadas, é que pela atribuição da alta capacidade de solubilidade da água oriunda da precipitação promove a diluição de maior parte das substâncias presentes em cada sistema (Anjos, 2015).

Os níveis de dureza estão relacionados aos teores de cálcio e magnésio, que somados e em altos níveis podem provocar o efeito laxativo quando ingeridos. O resultado da segunda análise das amostras apresentou diminuição para a dureza de 5,2 % e 3,6 %, e para o magnésio de 17 % e 25 % respectivamente para as amostras de águas pluviais e de água do poço tubular. Os níveis de magnésio apesar de ter diminuído entre as duas análises não apresentaram mudanças significativas, ao qual essas variações podem estar relacionadas pela litologia do local que apresentam menores teores, já nas águas pluviais a maior incidência de chuva nesse período pode ser responsável pelo menor teor desses níveis. Os teores de cálcio se mantiveram inalterados em ambas as amostras, essas três análises mostram que estão de acordo com os padrões exigidos por lei (Borges 2012; Silva *et al.*, 2014).

O chumbo é um metal pesado e inorgânico que está relacionado com contaminação hídrica por ação antropogênica e não se encontra com teores alterados e igualmente baixo entre a primeira e a segunda série de análise para ambas as amostras (Pinheiro; Mochel, 2018).

A condutividade baixou de 50,6 % e 42 % em comparação entre as duas séries de análises respectivamente, para a amostra de água pluvial e a água do poço tubular essa diminuição é explicada pelo fato da condutividade elétrica ser modificada conforme a sazonalidade, sendo menor no período chuvoso devido ao aumento do fator de diluição dos íons presentes na água (Piratoba *et al.*, 2017).

Os níveis de ferro total diminuíram 57% na amostra de águas pluviais, porém para a água do poço esses níveis apesar da diminuição, não alteraram significativamente em comparação com a primeira série de análises, para Silva *et al.* (2012), esses teores de ferro presentes em águas subterrâneas são comuns, o que poderá transformar a cor da água em amarelo escuro em concentrações elevadas.

Os níveis de manganês estão relacionados com a demanda química de oxigênio (DQO), nas duas séries de análises, ambas as amostras não apresentaram mudanças quanto aos teores apresentados, em teores baixos desse elemento a DQO apresenta níveis anóxicos (pouca oxigenação), pois estão vinculadas uma à outra segundo Oliveira *et al.* (2013).

Os níveis de fluoreto se mantiveram com teores constantes entre as duas séries de análises, igualmente em pouca concentração, esse teor está relacionado com a ausência de sua adição, como forma de tratamento das águas para proporcionar ação anticárie na população. Essa relação no teor de fluoreto está dentro dos limites permitidos e as análises demonstram que para a água pluvial coletada não é importante sua presença, pois esta água não possui a finalidade de controle de cáries, diferentemente do que se espera para as águas subterrâneas extraídas pelo poço tubular que abastece a população local (Scalize, 2018).

Para Vasco *et al.* (2006), os níveis de nitrato (forma que o nitrogênio se encontra na última fase de oxidação) e nitrito (na fase intermediária) de ambas as amostras analisadas mostraram que esses teores continuaram igualmente baixos e dentro dos padrões permitidos pela legislação vigente.

Os níveis de potássio e sódio permaneceram inalterados entre as análises e assim dentro dos padrões estabelecidos por lei, semelhantemente o que ocorreu com os níveis de sulfato que segundo Lins *et al.* (2020), esse teor está relacionado a presença de poluentes provenientes da queima de combustíveis, tais como veículos e/ou madeira que interferem nas análises de águas pluviais.

Os sólidos totais dissolvidos (SDT) tiveram uma queda nos teores, 45% e 14% em comparação com a primeira série de análise das amostras de águas pluviais e do poço

respectivamente, esse teor é ocasionado pela quantidade acumulada de partículas minerais provenientes da erosão do solo na água oriunda do poço tubular, já na água captada do telhado e armazenada na caixa d'água ocorre pela suspensão desses materiais no ar e depositados no telhado da escola (Alencar *et al.*, 2019).

As análises de turbidez apresentaram acentuada baixa nos seus teores, sendo de 65% e 64% para as amostras de águas pluviais e água do poço respectivamente, esse teor se refere aos sólidos suspensos na água em maior grau, interferindo na sua transparência, sendo que na água pluvial não ficou de acordo com o padrão exigido, apresentando um valor maior, fato atribuído a poluentes sólidos em maior quantidade nessa água. Em se tratando da água do poço esse teor se ajustou para o nível de potabilidade exigido (Vitó *et al.*, 2016).

Tabela 6 - Resultados obtidos na segunda de análises físico-química

(continua)

Parâmetros	Resultados das amostras de águas pluviais	Resultados das amostras do poço tubular	Unid.	Portaria gm/ms nº888/2021
Alcalinidade Total	13,1	12,7	mg/L	N.A
Bicarbonatos	3,5	3,9	mg/L	N.A
Carbonato	2,5	3,2	mg/L	N.A
Cálcio	<1,0	< 1,0	mg/L	N.A
Chumbo	< 0,01	< 0,01	mg/L	< 0,01
Cloro residual livre	0,12	ausente	mg/L	< 5,0
Sódio	<1,00	<1,00	mg/L	< 200,0
SDT	10,80	12,70	mg/L	< 500,0
Sulfato	< 1,0	< 1,0	mg/L	< 250,0
Turbidez	5,3	4,2	UT	< 5,0

Tabela 6 - Resultados obtidos na segunda série de análises físico-química das duas amostras de água

(conclusão)

Parâmetros	Resultados da amostra de águas pluviais	Resultados de amostra de águas do poço tubular	Unid.	Portaria gm/ms nº888/2021.
Condutividade	53,2	56,3	µS/cm	N.A
Cádmio	< 0,001	< 0,001	mg/L	< 0,001
DQO	< 0,5	< 0,5	mg/L	N.A
Dureza Total	7,2	7,9	mg/L	< 300,00
Ferro Total	0,06	0,9	mg/L	< 2,4
Fluoreto	< 0,01	< 0,01	mg/L	< 1,5
Magnésio	0,05	0,03	mg/L	N.A
Manganês	< 0,01	< 0,01	mg/L	< 0,4
Nitrato como N	<1,00	<1,00	mg/L	< 10,0
Nitrito como N	<0,1	<0,1	mg/L	< 1,0
pH	5,31	5,29	—	6,0 a 9,0
Potássio	<0,10	<0,10	mg/L	N.A
Temperatura	28,10	30,30	°c	N.A
Cloreto	7,6	8,3	mg/L	< 250,0

Fonte: amostras analisadas no Laboratório Analítico - Núcleo Lab.

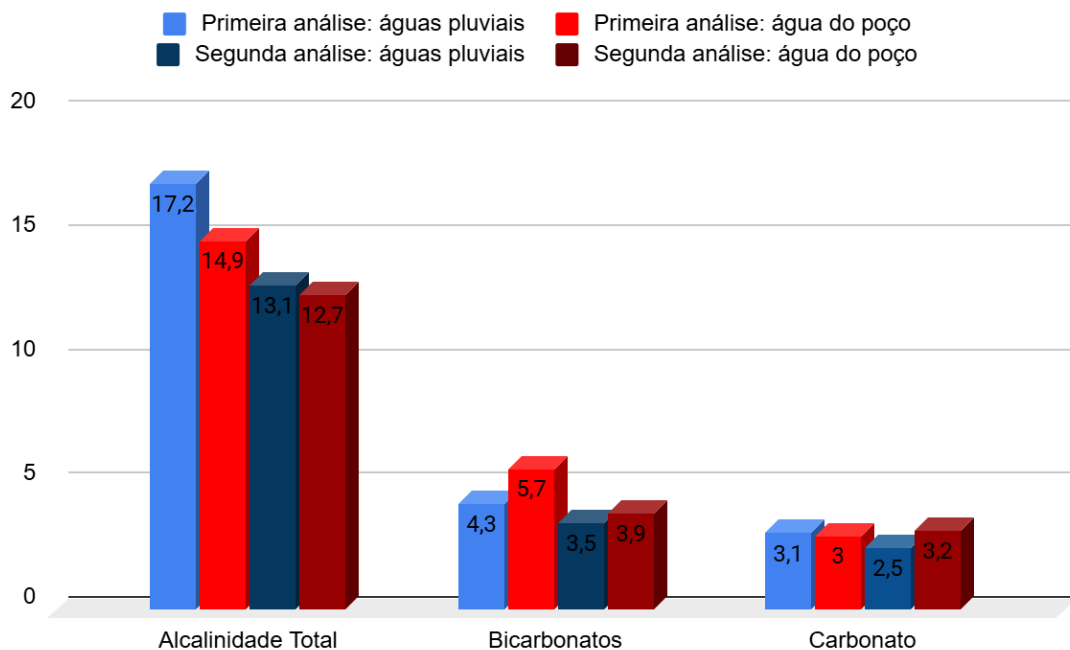
Os níveis de alcalinidade nas amostras de águas pluviais e do poço tubular baixaram em 24% e 14,7% em comparação com a primeira série de amostragem, ainda assim a legislação vigente mencionada não estabelece uma medida específica para esse padrão em água a ser consumida pela população.

A maior alcalinidade no período de estiagem é explicada pelo aumento da evaporação ocasionada pelas altas temperaturas, conforme a temperatura da água diminui a alcalinidade demonstra a tendência de diminuir, fato visualizado quando da segunda série de análises das amostras, sendo mostrado as diferenças no gráfico 17, que apresentaram a temperatura mais baixa que a primeira série, assim a evaporação será mais baixa e a alcalinidade reduziu.

Os níveis de bicarbonato nas amostras diminuíram 18,6 % e 31,5 % sendo a amostra da água do poço mais acentuada. Para Fontes *et al.* (2012), os níveis mais baixos desse padrão estão relacionados diretamente com os níveis de alcalinidade, se houver baixa no teor de bicarbonato, menor será a alcalinidade, a sua presença é comum em águas naturais de qualquer origem de coleta ou extração. A mesma razão se reflete nos níveis de carbonato que diminuíram 19,4 % para a amostra de água pluviais e aumentou 7 % na amostra de água do poço, o que também está relacionada pela baixa mais acentuada da alcalinidade para a amostra de água pluvial, estando diretamente relacionados.

A relação entre as duas amostras referente a água pluvial armazenada e a água do poço pode ser melhor visualizada no gráfico 17 onde é mostrado as duas séries de análises que ocorreram em período de pouca incidência de chuvas e outra em índices maiores de precipitação.

Gráfico 17 - Comparação entre as amostras e as séries de análises

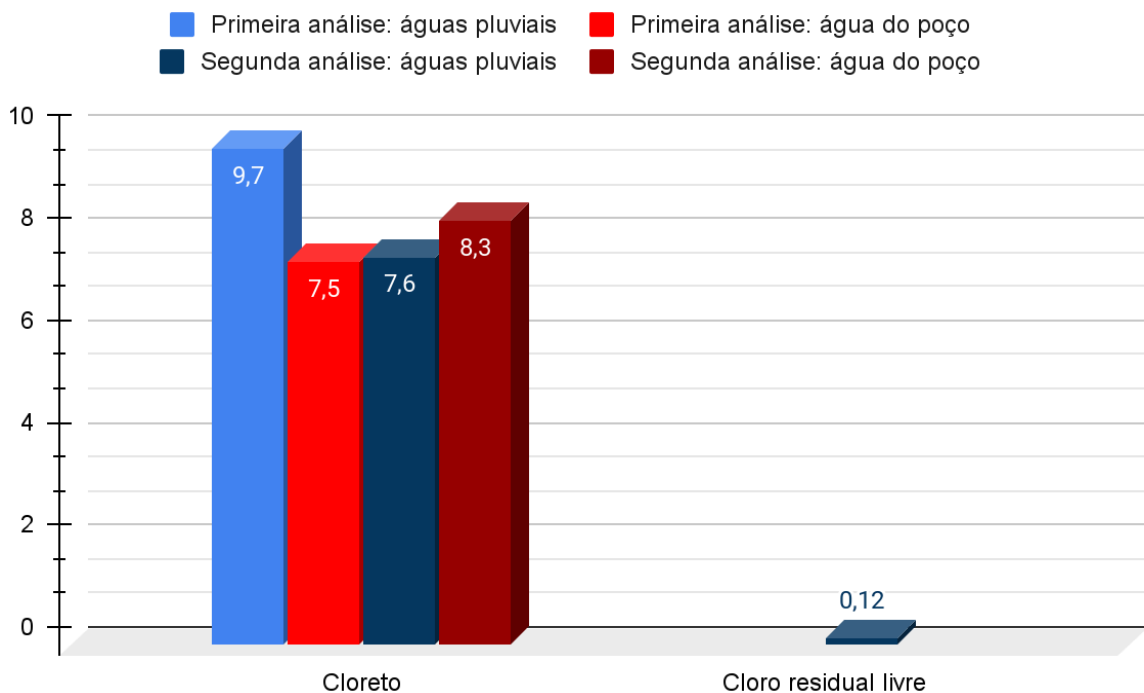


Fonte: Resultados das análises no laboratório analítico (Núcleo Lab).

O cloro residual livre na amostra da água da chuva apresentou o teor de 0,12 mg/L na amostra de águas pluvial estando dentro dos padrões estabelecidos na portaria gm/ms n° 888/2021, esse dado é importante para verificar a presença do elemento químico na pastilha inserida através do clorador instalado no sistema de captação de águas pluviais. Para a amostra de água do poço tubular esse teor foi ausente, e se deve provavelmente a falta de tratamento adequado dado à água, na primeira série de análises esse teor também é ausente em ambas as amostras.

Os níveis de cloreto alteraram de forma inversamente proporcional entre as duas amostras apresentadas para a segunda série de análises, sendo que a amostra de água pluvial diminuiu 22% e a amostra de águas do poço tubular aumentou 11% em comparação com a primeira série de análises como mostrado no gráfico 18.

Gráfico 18 - Teores (mg/L) de cloreto nas análises e de cloro residual



Fonte: Resultados das análises em laboratório analítico (Núcleo Lab)

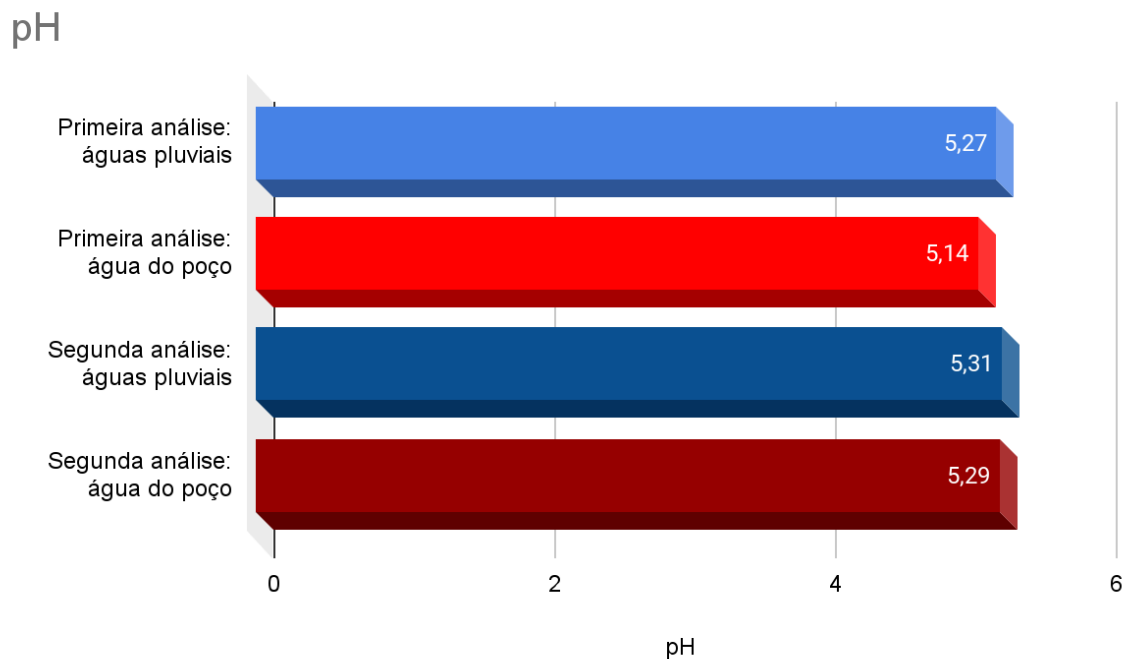
O valor do pH apresentou uma leve variação, sendo maior na segunda série de análises, mas ainda assim está abaixo do esperado para água de consumo humano, o pH da

água abaixo de 6,0 para Silva e Araújo (2003) é ácida, esta acidez contribui para a corrosão de utensílios metálicos.

Os valores de pH observados nas amostras diferiram estatisticamente entre os períodos de estiagem e chuvas intensas, apresentando maiores valores no período com maiores índices pluviométricos. O fator que influencia o pH da água é a sua temperatura, quanto maior a temperatura menor é o índice de pH, comprovadamente a temperatura da água da segunda série de análises é menor que a primeira sendo assim o pH constatado nas amostras foram maiores (Fia *et al.*, 2015).

A comparação dos níveis de pH nas amostras das águas nas duas séries de análises é mostrada no gráfico 19, detalhando as diferenças sobre os resultados.

Gráfico 19 - Comparação das águas em diferentes períodos sazonais.



Fonte: Resultados das análises no laboratório analítico (Núcleo Lab).

As análises não apresentaram teores de coliformes totais conforme mostrado na tabela 7, e assim não indicam alterações nas águas estudadas.

Na análise da amostra de água pluvial para o teor de bactérias termotolerantes, ficou comprovado sua ausência e assim estando dentro dos padrões exigidos por lei, esse fato é diferente da amostra analisada anteriormente que mostrou um teor elevado, isto se deve ao

fato do patógeno ter sido eliminado após a implantação do clorador no sistema. Diferente do que é visualizado na amostra da água do poço tubular que apesar de apresentar teor baixo, continua fora dos padrões de potabilidade para as duas análises.

Tabela 7 - Segunda série de análises microbiológicas das amostras de água

Parâmetros	Resultados da amostra de água pluvial	Resultados da amostra de água do poço tubular	Unid.	Portaria gm/ms nº888/2021.
Bactérias termotolerantes	Ausente	80,00	NMP	Ausência/100 mL
Coliformes Totais	Ausente	Ausente	NMP	Ausência/100 mL

Fonte: amostras analisadas no laboratório Analítico - Núcleo Lab.

A análise microbiológica das amostras de água pluvial e do poço tubular revelou diferenças significativas em relação à presença de bactérias termotolerantes e coliformes totais. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece padrões de qualidade para água destinada ao consumo humano, a amostra de água pluvial apresentou ausência de coliformes totais e bactérias termotolerantes, indicando conformidade com os parâmetros de potabilidade. No entanto, a amostra proveniente do poço tubular registrou uma concentração de 80,00 NMP de bactérias termotolerantes, acima do limite recomendado de ausência/100 mL, o que pode sugerir contaminação microbiológica. Ambos os resultados foram expressos em unidades de NMP (Número Mais Provável), método estatístico utilizado para quantificação de microrganismos em amostras de água. A interpretação desses dados é essencial para a adoção de medidas corretivas e preventivas, garantindo a segurança hídrica e a saúde pública.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada ocorreu em quatro etapas, a primeira em sala de aula com a aplicação de conteúdo teórico para alunos do ensino médio que foram avaliados pelo seu desempenho nas atividades a partir do aprendizado adquirido no início da pesquisa.

A segunda etapa ocorreu na implantação do projeto de captação de águas pluviais nas dependências da escola contemplada, etapa em que os alunos foram atuantes na montagem do experimento.

A terceira etapa envolveu análises químicas de duas amostras de águas, uma de águas pluviais e outra de água de um poço tubular que está no espaço escolar, a partir dos resultados das análises verificou a necessidade da quarta etapa da pesquisa com a inserção de um clorador no sistema de captação de águas pluviais e assim verificar novamente a qualidade dessa água captada no projeto escolar. As amostras analisadas mostraram poucas diferenças nos teores dos padrões analisados, ambas as amostras não estão de acordo com os padrões exigidos por lei para consumo humano.

A pesquisa mostra contribuições na educação ambiental, no aprendizado sobre a preservação dos recursos hídricos para estudantes do ensino médio, fomentando a percepção crítica de uso consciente das águas em seu dia a dia na comunidade escolar. Outra contribuição foi a gestão em recursos hídricos para captação de águas, como maneira eficaz de utilização para usos diários e não potáveis. Foi verificado a partir das análises das águas outras duas contribuições para a comunidade que reside na localidade, pois constatou-se que a falta de seu tratamento pode ser a fonte de possíveis danos à saúde de quem a consome como água potável.

Uma limitação da pesquisa se faz pela falta de legislação específica para captação de águas pluviais, pois não há padrões específicos, o padrão utilizado foi o mesmo utilizado para a água consumida com e sem tratamento. Outra dificuldade encontrada foi no que concerne ao enquadramento da água para consumo humano e a utilizada para limpeza, por exemplo, foi notado a influência da precipitação para o abastecimento alternativo proporcionado pelo projeto, no qual é necessário verificar a estação chuvosa e menos chuvosa da região onde foi instalado o projeto, e a capacidade de armazenamento da caixa d'água para suprir as necessidades em tempos de poucas chuvas, verificado essa interferência e limitação da pesquisa.

Apesar das dificuldades encontradas no decorrer do trabalho é de grande utilidade a implantação do projeto escolar para a comunidade. O sucesso se deu pelo apoio da equipe de trabalho, com papel fundamental na educação ambiental com ações que garantam o uso da água pluvial em substituição às águas subterrâneas.

O andamento deste trabalho continuou para verificar a padronização da água pluvial coletada, através da inserção de cloro no sistema, em que houve a eliminação das bactérias termotolerantes, como mostrado na última análise realizada das amostras, em outro período do ano com maiores índices pluviométricos. Contudo a água oriunda do poço tubular continua com esse padrão fora do estabelecido na legislação vigente, e essa água vem sendo distribuída para a população sem nenhuma correção, e assim necessita da implantação de um clorador que virá a inserir o componente químico adequado para eliminar qualquer microrganismo presente.

A presente pesquisa compõe uma proposta no qual é mostrado que a saúde humana pode ser garantida com maneiras simples no cuidado com os recursos hídricos, e apesar da finalização dos trabalhos acadêmicos, a continuação da pesquisa se faz necessária, principalmente pela grande falta de informação e até notícias falsas que circulam sobre a falta de tratamento da água que é distribuída à população.

7 FINANCIAMENTO DO PROJETO

O projeto de captação de águas pluviais foi executado com recursos próprios da autora da pesquisa totalizando R\$ 6.000,00 (seis mil reais), realizado em duas etapas, sendo R\$ 4.500,00 (quatro mil e quinhentos reais) para a implantação do projeto de águas pluviais, o que inclui os materiais utilizados e de trabalhadores com experiência em funções de construções, instalações de calhas e atividades similares. Todas as etapas aconteceram conforme o cronograma previsto no pré-projeto apresentado ao mestrado.

As análises físico-químicas, de coliformes fecais e totais foram ofertadas pela empresa Samus Ambiental, no qual a engenheira Ambiental Adriany Priscila Dantas Andrade colaborou efetivamente para a coleta *in loco* e chegada das amostras no laboratório, sendo os custos para as análises de R\$ 1.500,00 (mil e quinhentos reais).

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Vivian Evelyne Silva. ROCHA, Edson José Paulino da. JÚNIOR SOUZA, José Augusto de. CARNEIRO, Bruno Santana. Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baía de Guajará – Belém– PA. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.12, n.02. p. 661-680, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/238413/pdf> . Acesso em: dez 2024.

ALMEIDA, Antonio Jeferson Muniz. **Estudo do carbono inorgânico e orgânico na água, com ênfase na alcalinidade total, em dois estuários brasileiros (MA e SP) sob diferentes regimes de maré**. Orientadora: Profa. Dra. Elisabete de Santis Braga da Graça Saraiva. 2024. 150f. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Oceanografia, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21137/tde-24102024-172042/publico/Dissertacao_Almeida_Antonio_Corrigida.pdf. Acesso em: dez 2024.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION-APHA *et al.* **Método hach e standard methods for the examination of water and wastewater**. 23 ed. [S.l.], 2017.

AMOS, Caleb Christian *et al.* A scoping review of roof harvested rainwater usage in urban agriculture: Australia and Kenya in focus. **Journal of Cleaner Production**, v. 202, p. 174-190, ISSN 0959-6526, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618324508>. Acesso em: out 2023.

ANJOS, David Correia dos. **Diversidade microbiana e de teores de metais pesados em solos e nas águas superficiais ao longo do rio Curu**. Orientador: Fernando Felipe Ferreyra Hernandez 2015. 108 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Programa de Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/21615/1/2015_dis_dcanjos.pdf Acesso em: dez 2024

ARELARO, Lisete Regina Gomes. O ensino fundamental no Brasil: avanços, perplexidades e tendências. **Educação & Sociedade**, v. 26, p. 1039-1066, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/7nXm3mp4yxtGXTxzk34NY6p/> Acesso em: abr 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **Método hach e standard methods for the examination of water and wastewater**. 23 ed, 2017. Disponível em: <https://www.pharmabooks.com.br/livros/farmacia-e-bioquimica/metodos-analiticos/standard-methods-for-the-examination-of-water-and-wastewater-23a-edicao-2017> Acesso em: maio 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987. Acesso em: maio 2025.

ATKINS, Peter; PAULA, Julio de. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018. Acesso em: maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Regulamento técnico para produtos saneantes categorizados como água sanitária e alvejantes à base de hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio**. Brasília,DF: ANVISA, 2009. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2009/res0055_10_11_2009.html Acesso em: 2 maio 2025.

BAPTISTA, Victor S.G.; COELHO, Victor Hugo R.; BERTRAND, Guilherme F.; SILVA, Gustavo B. L.; CAICEDO, Nelson O. L.; MONTENEGRO, Suzana Maria G. L.; STEFAN, Catalin; HEIM, Jana Glass; CONRADO, Anika; ALMEIDA, Cristiano das N. A. Rooftop water harvesting for managed aquifer recharge and flood mitigation in tropical cities: towards a strategy of co-benefit evaluations in João Pessoa, northeast Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 342, 2023. ISSN 0301-4797., Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118034>. Acesso em: março 2024.

BERTRAND, G. R. *et al.* Groundwater contamination in coastal urban areas: anthropogenic pressure and natural attenuation processes. Example of Recife (PE State, NE Brazil). **Journal of Contaminant Hydrology**, v.192, p. 165-180, 2016. ISSN 0169-7722. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2016.07.008>. Acesso em: março 2024.

BORGES, Sandriane Araújo. **Qualidade da água de irrigação na cultura do tomate de mesa no município de Goianápolis-GO**. Orientadora: Prof. Dra. Sandra Mascimo da Costa e Silva. 2012. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação (Bacharel em Engenharia Agrícola) - Campus Central - Sede: Anápolis - CET - Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO. Disponível em: <https://repositorio.ueg.br/jspui/handle/riueg/4704> Acesso em: dez 2024.

BRANCO, E.; ZANATTA, S. BNCC e reforma do ensino médio: implicações no ensino de Ciências e na formação do professor. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 3, p. 58-77, mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i3.12114> Acesso em: nov. 2023.

BRASIL. **Lei Nº 13.415, de 16 de Fevereiro de 2017**. Altera as Leis n º 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, [...] a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005[...] Presidência da República, 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm Acesso em: nov 2023.

BRASIL. **Lei nº 11.445 DE 05 de Janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm Acesso em: mar 2024.

BRASIL. **Lei Nº6.938 de 31 de Agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismo de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: abr 2025.

BRASIL. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: maio 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília,DF, 2018. Acesso em: mar 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de Maio de 2021**. Brasília, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html Acesso em: mar. 2024.

BROWN, Theodore L.; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E.; MURPHY, Catherine J.; WOODWARD, Patrick M. **Química**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2018.

CANCIAN, Mariana Capriglioni. **Estudo para reúso direto residencial e unifamiliar de águas cinzas para fins não potáveis**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2024. Disponível em: <https://ri.uepg.br/monografias/handle/123456789/374> Acesso em: abr 2025

CASCINO, Fabio. **Educação ambiental: princípios, história, formação de professores**. São Paulo: SENAC, 2000,

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450 Acesso em: mar 2024.

COSTA, Gilvan Luiz Machado. O ensino médio no Brasil: desafios à matrícula e ao trabalho docente. **Revista Brasileira Est. Pedagogia.**, Brasília,DF, v. 94, n. 236, p. 185-210, abr. 2013. Disponível em<http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-66812013000100010&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 12 abr. 2025.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 7. ed. São Paulo: Gaia, 2001.

DALCIN, Renato Rogério. **Células de combustível para geração de energia em instalações de baixa tensão**. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Pitágoras Unopar, Londrina, 2020. Disponível em: 2. Acesso em: 2 maio 2025.

EILKS, Ingo; Linkwitz, Michael. Greening the chemistry curriculum as a contribution to education for sustainable development: when and how to start?. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 37, e100662, 2022. ISSN 2452-2236. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452223622000748>. Acesso em: out 2023.

FERREIRA, Rennan Soares. **Tratamento de água utilizando coagulantes orgânicos e filtros alternativos de fibra de coco e de carvão ativado a partir do bagaço da cana-de-açúcar**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/36399/1/coagulantesalternativoscanacoco.pdf> Acesso em: abr 2025.

FIA, Ronaldo; TADEU, Hugo César; MENEZES, João Paulo Cunha de; FIA, Fátima Resende Luiz; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 267-275, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fatima-Fia/publication/305306771_Qualidade_da_agua_de_um_ecossistema_lotico_urbano/links/57cdb3e008ae83b37460e30f/Qualidade-da-agua-de-um-ecossistema-lotico-urbano.pdf. Acesso em: dez 2024

FONTES, Luany PC; FRIOZO, Aurélio Rafael; FARIA, Rozilaine A. P. G; FARIA, Jorge L. B. Influência da chuva sobre os parâmetros físico-químicos na água da lagoa do IFMT–Bela Vista. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*, 3., Goiania. 2012. **Anais[...]**.Goiania,2019. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/IX-005.pdf> Acesso em: dez 2024

GARDIMAN JUNIOR, Benvindo Sirtoli. Caracterização do processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 3, p. 1-12, 2015. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/2310> Acesso em: maio 2025.

GEBARA, Maria J; KLEINKE, Maurício U.; GANDOLFI, Haira E.; MARIM Márcia M. B.; NOGUEIRA, Marilac L. S.; OLIVEIRA, José Márcio L.; PEIXOTO, Denis e; SARTI, Luis Ricardo.; TRENTO, Peter R. Ciências da natureza e interdisciplinaridade: a percepção dos estudantes sobre questões de avaliações de larga escala. **Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, n.º Extra, p. 1539-1545, 2013. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307307> Acesso em: dez 2023.

GHANNEM, Syrine; BERGILLOS, Rafael; ARQUIOLA, Javier Paredes; CAPEL, Francisco Martínez; ANDREU, Joaquín. Coupling hydrological, habitat and water supply indicators to improve the management of environmental flows. **Revista Science of The Total Environment**, v. 898, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165640>. Acesso em: mar 2024.

GOOGLE Earth. **Site de localização.** Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/Curu%c3%a7%c3%a1,+PA/@-0.82479128,-47.85802491,18.73831091a,642.31478488d,35y,52.53085917h,38.22555971t,0r/data=CmIaOBiYCiQweDkyYTY3MTZkZjM2NGI2NzM6MHg1ZTgyY2Y2N2M1OGVhMWMqCIPDo28gUGVkc m8YAiABliYKJAktWnlboV7nvxE56E9RbMrnvxkm66SBKudHwCGo3wVH4uhHwDoDCgEw>. Acesso em: mar 2024.

HASSAN, Najmaldin Ezaldin. A comparative investigation of rain water quality parameters between natural and industrial areas in Duhok Governorate, Kurdistan region-Iraq. **Environmental Science Archives**issn: v.2, p.2583-5092, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8107283> Acesso em: dez 2024.

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017>. Acesso em: mar 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-INMET. **Boletim agroclimatológico mensal.** Brasília,DF, v. 58 n. 8 ISSN: 2447-5203. 2023. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/> Acesso em out. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-INMET. **Seca atinge centro Norte da Amazônia.** Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/seca-atinge-centro-norte-da-amaz%C3%B4nia>. Acesso: nov. 2023.

LEE, Minju; KIM, Mikyeong; KIM, Yonghwan.; HAN, Mooyoung. Consideration of rainwater quality parameters for drinking purposes: a case study in rural Vietnam. **Revista Elsevier**, 2017. p.400-406. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.072> Acesso em: dez 2023.

LEAL, Erick dos Santos. **Modelagem da degradação de cloro residual livre em sistemas de adubação de água de abastecimento de porte médio.** Orientadores: Profa. Dra. Monica de Amorim Coura e Prof. Dr. Rui de Oliveira. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, 2012. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/10046> acesso em jun 2024

LIMA, Maria de Nazaré Bentes de. **Biologia reprodutiva, crescimento cultivo da ostra-do-mangue crassostrea Gasar Adanson (1757) (Mollusca: Bivalvia) em manguezais da Costa Amazônica (Curuçá e São Caetano de Odivelas), Brasil.** Orientadora: Profª. Drª. Rossineide Martins da Rocha Co-Orientador: Prof. Dr. José Souto Rosa Filho 2015. 91 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

LINS, Eduardo Antonio Maia; PAIVA, Sérgio Carvalho; SILVA, Letícia Ramos Albuquerque; BARBOSA, Ana Carolina Albuquerque; SANTOS, Anna Kattaryne Cavalcante; FERREIRA, Josiclécia de Souza. Análise da qualidade da água de chuva no bairro da Boa Vista –estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 2257-2264, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/6135/5458> . Acesso em dez 2024.

LUDWIG, Antonio Carlos Will. **Fundamentos e práticas da metodologia científica**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

MATTA, Milton Antonio da Silva *et al.* As águas subterrâneas do município de Curuçá-Pa: qualidade e uso alternativo para o abastecimento público. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 16. & ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 17., 2010, São Luiz. **Anais[...]**. São Luiz, 2010. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23028/15158> Acesso em: jun 2023.

MAZURKIEWICZ, Karolina; JEŻ-WALKOWIAK, Joanna; MICHALKIEWICZ, Michał. Physicochemical and microbiological quality of rainwater harvested in underground retention tanks, **Science of The Total Environment**, v. 814, e 152701, 2022. ISSN 0048-9697. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152701>. Acesso em: nov. 2023.

MOURÃO, Francianne Vieira; SOUSA, Ana Carolina S. Rosa de; MENDES, Rosa Maria da Luz; CASTRO, Karina Mesquita; SILVA, Alex Costa da; ROBRINI, Maamar El; SALOMÃO, Ulisses de Oliveira; PEREIRA, José Almir Rodrigues; SANTOS, Maria de Lourdes Souza. Water quality and eutrophication in the Curuçá estuary in northern Brazil, regional studies. **Marine Science**, v. 39, e101450, 2020. ISSN 2352-4855, <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101450>. Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352485520305788>). Acesso em out 2023.

MUKARRAM, Abdulla Md Tasnim Mirza; KAFY, Abdulla; RUKIYA, Quazi Umme; ALMULHIM, Abdulaziz I; DAS, Anutosh; FATTAH, Md. Abdul; RAHMAN, Muhammad Tauhidur; CHOWDHURY, Md. Arif. Perception of coastal citizens on the prospect of community-based rainwater harvesting system for sustainable water resource management, Resources. **Conservation and Recycling**, v.198, 2023, 107196, ISSN 0921-3449, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107196>. Acesso: dez 2023.

NOLASCO, Glauco Macie; GAMA, Ednilton Moreira; REIS, Bruna Moraes; REIS, Ana Clara Pereira; GOMES, José Fernandes Santana; MATOS, Roberta Pereira. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. Recital - **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, [S. 1.], v. 2, n. 2, p. 52–64, 2020. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital/article/view/60>. Acesso em: mar. 2024.

NOVAIS, F. F.; MARINHO, B. T. S.; SILVA, M. A. R.; OLIVEIRA, F. C.; VIANA, R. D. S. **Pollution by organic matter and autodepuration of water courses: impacts of this study in the production sector.** *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 8, n. 5, p. e3585750, 2019. DOI: 10.33448/rsd-v8i5.750. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/750>. Acesso em: 1 may. 2025.

OLIVEIRA, Carliene Costa Diniz. **Reaproveitamento de águas: A importância de utilização de práticas educativas em ambiente escolar.** 2022 80 p. TCC, Graduação (Faculdade de Química) - UFPA-Pará. Ananindeua. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br/jspui/browse?type=author&value=OLIVEIRA%2C+Carliene+Costa+Diniz>. Acesso em: dez 2023.

OLIVEIRA JUNIOR, Raimundo Cosmo. **Levantamento de reconhecimento de aptidão intensidade dos solos da folha Marapanim, Estado do Pará.** Boletim de Pesquisa, Belém, EMBRAPA, n. 180, p. 1-53, 1997. (Série Documentos, 99) Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/386504/1/OrientalBP180.pdf> Acesso em: jun 2023.

OLIVEIRA, Karla Cabral; ROSA, Ricardo Rozemberg; NUNES, Tâmmela Cristina Gomes; SIMÕES, Tainá de Souza Gomes; SOUZA, Elias Fernandes de; OLIVEIRA, Manildo Marcião de; OLIVEIRA, Vicente de Paulo Santos. Análise físico-química e microbiológica de água transportadas de modo alternativo ao consumo de comunidades rurais do 5º e 6º distritos de São João da Barra, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 49–67, 2013. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20130004>. Acesso em: dez 2024.

OLIVEIRA, Levi Ferreira de; OLIVEIRA, Benone Otávio Souza de; LIMA, Luan Barros de. Avaliação da qualidade da água de três córregos na área urbana de Humaitá-AM. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, p. 25-33, 2018. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2013/ses-29752/ses-29752-5390.pdf> Acesso em: dez 2024.

PEREIRA, Carla Tatiani do Carmo. **Caracterização hidrogeoquímica do estuário do Rio Curuçá (município de Curuçá – NE do Pará).** 2006. 128 P. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências- UFPA - PA. Belém. Acesso em: dez 2023.

PINHEIRO, Nathalia Cunha Almeida; MOCHEL, Flávia Rebelo. Diagnóstico de áreas contaminadas pela disposição final de resíduos sólidos no município de Paço do Lumiar (MA). **Revista Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 06, p. 1173-1184, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/czHphnSWX5FtPzM5hYcsKpk/?lang=pt> Acesso em: dez 2024

PINTO, Marinaldo Ferreira; SALVADOR, Conan Ayade; CAMARGO, Antonio Pires de; ALVES, Dinara Grasiela; BOTREL, Tarlei Arriel. DESEMPENHO DE LÓGICAS DE CONTROLE PARA O AJUSTE AUTOMÁTICO DO pH DA ÁGUA UTILIZADA EM MICROIRRIGAÇÃO. *Revista Irriga*, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 708–720, 2013. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/683>. Acesso em: 2 maio. 2025.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar. RIBEIRO, Hebe Morganne Campos. MORALES, Gundisalvo Piratoba. GONÇALVES, Wanderson Gonçalves e. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/f45JMMTdfXvPWLmM6mbDX6K> Acesso em: dez 2024

PREFEITURA DE CURUÇÁ. **Escola municipal Prof. Maria Madalena Ribeiro da Luz em Curuçá - PA**. Disponível em: <https://www.curuca.pa.gov.br/>. Acesso em: 4 out. 2023.

QUINTAIROS, Marcos Vinicius Rodrigues; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues; SANTANA, Eliane De Jesus Miranda. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Marapanim – Nordeste paraense – Amazônia. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA*, 14. 2021. *Anais[...]*. 2021 Disponível em: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Feditorarealize.com.br%2Feditora%2Fanais%2Fenanpege%2F2021%2FTRABALHO_COMPLETO_EV154_MD1_SA131_ID66320092021203739.pdf&psig=AOvVaw1oWrgHwDajS3286Dj4w6JI&ust=1696719644589000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBMQjhxFwoTCNDbkrjK4oEDFQAAAAAdAAAAABAD. Acesso em: out 2023.

RAMOS, Maiara; MANESCHY, Rosan; SOMBRA, Daniel. **Zoneamento agroecológico do município de Curuçá**. (Mapa). Belém: UFPA. Núcleo de Meio Ambiente - NUMA, 2016. Disponível em: <https://numa.ufpa.br/index.php/mapas/item/65-curuca-pa-localizacao>. Acesso em: 5 out. 2023.

RODRIGUES, Tarcísio Ewerton; OLIVEIRA JÚNIOR, Raimundo Cosme de; VALENTE, Moacir Azevedo; CARDOSO JÚNIOR, Emanuel Quei. Zoneamento agroecológico do município de Curuçá e Terra Alta - Estado do Pará. *Revista EMBRAPA*, 2003. 44 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 151). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63731/1/Oriental-Doc151.PDF> Acesso em: jun 2023.

ROQUE, RAL; PIERRI, A. C. Uso inteligente dos recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. *Revista Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. e3482703, 2019. DOI: 10.33448/rsd-v8i2.703. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/703>. Acesso em: ago 2024.

SANTOS, Eduardo José. FURTADO, Quézia Vila Flor. A importância da formação de professores de matemática para educação de jovens e adultos. Editora Realize, *Anais[...]*. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_MD1_SA19_ID952_12112020195955.pdf. Acesso em: abr 2025.

SANTOS, Luziana Lopes. **Educação rural no centro educacional rural brigadas che guevara voltada para o 4º ano do ensino médio em monte do carmo–TO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia)-Faculdade de Geografia, Universidade Federal do Tocantins , Porto Nacional, 2014. 17 f. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/3627>. Acesso em: abr 2025.

SANTOS, Maria Fernanda Nóbrega dos. BARBASSA, Ademir Paceli. VASCONCELOS, Aná Floriano. OMETTO, Aldo Roberto. Stormwater management for highly urbanized areas in the tropics: Life cycle assessment of low impact development practices, **Journal of Hydrology**, Volume 598, 2021, 126409, ISSN 0022-1694, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126409>. Acesso em: março 2024.

SCALIZE, Paulo Sérgio; PINHEIRO, Roberta Vieira Nunes; RUGGERI JUNIOR, Humberto Carlos; ALBUQUERQUE, António. LOBÓN, Germán Sanz; ARRUDA, Poliana Nascimento. Heterocontrole da fluoretação da água de abastecimento público em cidades do estado de Goiás, Brasil. **Revista Scielo** 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320182311.24712016> Acesso em dez 2024.

SENA, Glória Lorena Sousa; MATTA, Milton Antonio da Silva; MARTINS, Jorge Augusto Costa; CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno; DINIZ, Cesar Guerreiro; FEITOSA, Renan da Silva; JÚNIOR PANTOJA, Antonio Francisco Pinheiro; FERREIRA, Fernanda Santiago. CARMONA, Karen Monteiro. VASCONCELOS, Yuri Bahia de. Características hidrogeológicas do sistema hidrogeológico barreiras na região do município de Curuçá-Pa, 2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18. 2009, Campo Grande - MS. **Anais[...]**. Campo Grande - MS: ABRH, 2009. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/152/c314876627e9779e8c0aa1797ec6916d_d3702ab2b9d9269fa1ba24bb2e001690.pdf Acesso em: out de 2024.

SENEVIRATHNA, S. T. M. L. D; RAMZAN, Shahid; MORGAN, Jim. Um processo sustentável e totalmente automatizado para tratar a água da chuva armazenada para atender às diretrizes de qualidade da água potável. 2019. **Revista Science Direct** .130, p. 190-196. ISSN 0957-5820. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.08.005>. Acesso em: out 2023.

SGB - Serviço Geológico do Brasil - **RimasWeb**. Disponível em: https://rimasweb.sgb.gov.br/layout/visualizar_mapa.php>. Acesso em: jan 2024.

SHARMA, Nitika; PAÇO, Arminda; UPADHYAY, Deepika. Option or necessity: Role of environmental education as transformative change agent, Evaluation and Program Planning, Volume 97, 2023. **Revista Science Direct**, 102244, ISSN 0149-7189, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2023.102244>. Acesso em: fev 2024.

SILVA, Caroline Eloi Oliveira da; FREITAS, Dyego Maradona Ataíde de. **Gestão e aproveitamento de águas pluviais na Universidade Federal de Lavras**. Universidades & Sustentabilidade, p. 150. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: https://www.academia.edu/download/65218083/cap_20_Infraestrutura_e_fragments_da_UF_LA.pdf#page=161 Acesso em: ago 2024.

SILVA, Debora Delatore da; MIGLIORINI, Renato Blat; SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares; MOURÃO, Ivanete Barbosa de; SHIRAIWA, Shozo; SILVA, Edinaldo de Castro; JANSONS, Rafaela Leite; ARAÚJO, Mirian Braga de; LIMA, Zoraidy Marques; FERNANDES, Jhenifer Stefani; SANTOS, Giovanni Batista da Silva; ASSIS, Ivanety. Avaliação do teor de ferro presente na água subterrânea e sua relação com o solo do bairro pedra noventa em cuiabá-mt. *in*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 18. ; ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 17.; FEIRA NACIONAL DA ÁGUA, 7. Bonito, MS, **Anais**[...]. Bonito, MS: ABAS, 2012. Disponível: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27693/17947>. Acesso em: dez 2024.

SILVA, Jéssica Cristina Conte da. **Usos múltiplos da água e a sustentabilidade nas sedes municipais da bacia hidrográfica do rio Marapanim-PA**. 2020, 94f. Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), da Universidade Federal do Pará para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, 2020.

SILVA, Rita de Cássia Assis da; ARAÚJO, Tânia Maria de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 1019-1028, 2003. Disponível em: https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/csc/v8n4/a23v8n4.pdf Acesso: dez 2024.

SILVEIRA, Luís Felipe; NIJISHIMA, Toshio. Água e educação ambiental: atividade didática em uma estação de tratamento de água. **Revista Monografias Ambientais**, v. 16, n. 1, 2017. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/231167815.pdf> Acesso em: maio 2025.

SOUZA, Maria do Carmo Fonte Boa; OLIVEIRA, Sílvia Corrêa; PAIXÃO, Maricene Menezes de Oliveira Mattos; HAUSSMANN, Maria Goretti. Aspectos hidrodinâmicos e qualidade das águas subterrâneas do Aquífero Bambuí no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, p. 119-129, 2014. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/161/f9ec867501af2b00a40c6a2f8f053782_844844c89a4d98a38b6248a65776be06.pdf Acesso em: dez 2024

SOUZA, Jorge Raimundo de Trindade. **Orientações e normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Belém. Editora da UFPA, 2014.

Baird, Colin. Cann, Michael. **Química Ambiental**. 4 ed. São Paulo, Editora S.A, 2011.

TEODORO, Natália Carrion. **Professores de Biologia e dificuldades com os conteúdos de ensino**. 2017. Dissertação - Faculdade de Ciências- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Bauru, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/67de3649-dd50-4083-8b63-5c285e22e926/download> Acesso em: abr 2025.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in climatology. New Jersey; Drexel Institute of Technology. 1995, 104 p. Acesso em: mar 2024.

VASCO, Anderson Nascimento; BRITTO, Fábio Brandão; PEREIRA, Ana Paula Sousa; MELLO JÚNIOR, Arisvaldo Vieira; GARCIA, Carlos Alexandre Borges; NOGUEIRA, Luís Carlos. **Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil**. Dissertação, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/16697> Acesso em: dez 2024.

VELOSO, Nircele da Silva Leal; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues. Aproveitamento da Água da Chuva na Amazônia: Experiência nas ilhas de Belém/Pa. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.19 n. 1 Belém, 2014.

VENTURINI, Ceci Queluz; NARVAI, Paulo Capel; MANFREDINI, Marco Antonio; FRAZÃO, Paulo. Vigilância e monitoramento de fluoretos em águas de abastecimento público: uma revisão sistemática. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 4, p. 1-15, 2016. Disponível em: SciELO. Acesso em: 02 maio 2025.

VERONES, Francesca; BARE, Jane; BULLE, Cécile; FRISCHKNECHT, Rolf; HAUSCHILD, Michael; HELLWEG, Stefanie; HENDERSON, Andrew; JOLLIET, Olivier; LAURENTE, Alexis; LIAO, XuN; LINDNER, Jan PauL; SOUZA, Danielle Maia de; MICHELSEN, Ottar; PATOUILLARD, Laure; PFISTER, Stephan; POSTHUMA, Leo; PRADO, Valentina; RIDOUTT, Brad; ROSENBAUM, Ralph K; SALA, Serenella; FANTKE, Peter. LCIA framework and cross-cutting issues guidance within the UNEP-SETAC Life Cycle Initiative. **Journal of Cleaner Production**, Volume 161, 2017, Pages 957-967, ISSN 0959-6526 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.206>. Acesso em: dez 2023.

VIEIRA, Carolina L. Zilli; RUMENOS, Nijima Novello; COSTA, Carla Gheler; TOQUETI, Flavia; SPAZZIANI, Maria de Lourdes. Environmental education in urban cities: Planet regeneration through ecologically educating children and communities. **International Journal of Educational Research Open**, v. 3, e100208, 2022. ISSN 2666-3740. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266637402200084X>. Acesso em out 2023.

VITÓ, Camila Vieira Goudinho; SILVA, Luma Janayna Bernardo Ferreira da; OLIVEIRA, Karoline de Moura Lima; GOMES, Anders Teixeira; NUNES, Camila Ramos de Oliveira. Avaliação da qualidade da água: determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região noroeste fluminense. **Acta Biomédica Brasiliensia**, v. 7, n. 2, p. 59-75, 2016. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5767650> Acesso em: dez 2024.

YOSHINO, Gabriel Hiromite; FERNANDES, Lindemberg Lima. **O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária professor José da Silveira Netto**. Orientador: Lindemberg Lima Fernandes. 2012. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/3541/3/Dissertacao_AproveitamentoAguaChuva.pdf. Acesso em: ago 2023.

XAVIER, Jessica Lorena. **Análise da discrepância entre localidade de residência e estabelecimento de ensino**: o caso da Escola Estadual Messias Pedreiro, Uberlândia-MG. 2019. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28453> Acesso em: abr 2025.

ZHENG, Lei; DENG, Yang. Advancing rainwater treatment technologies for irrigation of urban agriculture: A pathway toward innovation, **Science of the Total Environment**, Volume 916, 2024, 170087, ISSN 0048-9697, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170087>. Acesso em: fev 2024.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO I

- 1) **IDADE:** _____
- 2) **SEXO:** () Feminino () Masculino
- 3) **QUAL BAIRRO VOCÊ MORA:** _____
- 4) **EM QUE TIPO DE ESCOLA VOCÊ CURSOU O ENSINO FUNDAMENTAL:**
 - () Somente em escola pública.
 - () Parte em escola pública e parte em escola particular.
 - () Somente em escola particular.
- 5) Você já estudou sobre o **CICLO DA ÁGUA** em algum ano no ensino fundamental ou no ensino médio?
 - A) Sim
 - B) Não
- 6) Se já estudou anteriormente, como considera o seu aprendizado sobre o tema?
 - A) Excelente
 - B) Suficiente
 - C) Insuficiente.
- 7) Você já estudou sobre o **CICLO DO NITROGÊNIO** em algum ano no ensino fundamental ou no ensino médio?
 - A) Sim
 - B) Não
- 8) Se já estudou anteriormente, como considera o seu aprendizado sobre o tema?
 - D) Excelente
 - E) Suficiente
 - F) Insuficiente.
- 9) Você e/ou sua família reutiliza de alguma maneira, parte de águas consumidas em seu domicílio?
 - A) Sim
 - B) Não
- 10) Você acredita que a água é um recurso que possui valor econômico, e precisa haver práticas que garantem seu uso consciente na sua comunidade?
 - A) Sim, pois precisa-se pensar em técnicas que garantam seu melhor aproveitamento no dia-a-dia.
 - B) Não, pois esse recurso é abundante em nossa região e no planeta.
 - C) Concordo em parte, Justifique: _____
- 11) Em perspectiva global, qual a porcentagem de **ÁGUA SALGADA** presente em grande parte nos oceanos?
 - A) Cerca de 25% do total de água no nosso planeta.
 - B) Cerca de 94% do total de água no nosso planeta.
 - C) Outra, explique: _____
- 12) Você acha que mudanças climáticas afetam o ciclo da água?

A) Sim, pois há troca de calor entre o ambiente e a água superficial afetando diretamente seu ciclo.

B) Não, pois o ciclo da água não pode ser alterado no meio ambiente, sem interferência sob maiores níveis de temperatura.

C) Talvez, Justifique: _____

13) Sobre a decomposição de matéria orgânica em águas é **CORRETO** afirmar:

A) Não interferem na qualidade da água, no qual esses compostos presentes em águas fazem parte do ciclo da água e a presença desses compostos está em equilíbrio no meio ambiente em grandes quantidades, sendo assim a matéria orgânica precisa estar presente em rios, oceanos, e na água potável garantindo a qualidade da água consumida.

B) O monitoramento dos compostos nitrogenados presente em águas poluídas é usado para avaliar o grau de decomposição da matéria orgânica presente em águas, quanto maior o grau de decomposição da matéria orgânica, mais oxidado está o nitrogênio (N). E os resultados da análise de águas podem indicar a predominância de espécies nitrogenadas, tais como: N_2 ; NH_4^+ ; NO_2^- ; NO_3^- .

14) A água bruta coletada de mananciais apresenta alto índice de sólidos suspensos, o que a deixa com um aspecto turvo. Para se obter uma água límpida e potável, ela deve passar por um processo de purificação numa estação de tratamento de água. Nesse processo, as principais etapas são, nesta ordem: coagulação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Qual é a etapa que utiliza produtos químicos para que haja seu consumo não potável?

A) Coagulação

B) Decantação

C) Filtração

D) Desinfecção

E) Fluoretação

15) Explique utilizando seus conhecimentos adquiridos ao longo de sua formação, qual a importância da água como recurso natural para o planeta, para o Brasil, para a sua comunidade e para você:

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO II

1) A água bruta coletada de mananciais apresenta alto índice de sólidos suspensos, o que a deixa com um aspecto turvo. Para se obter uma água límpida e potável, ela deve passar por um processo de purificação numa estação de tratamento de água. Nesse processo, as principais etapas são, nesta ordem: coagulação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Qual é a etapa que utiliza produtos químicos para que haja seu consumo potável?

- A) Coagulação
- B) Decantação
- C) Filtração
- D) Desinfecção

2) O ciclo da água é alterado pelo clima de uma dada região, no ano de 2023 há registro de seca na Amazônia pela falta de precipitação. Sabe-se que através da ciência é capaz de formar a molécula da água o que teoricamente resolveria o problema de secas visto que haveria a reação de síntese da água, apesar de não ser viável em larga escala e nem todas as regiões afetadas com a seca extrema poderiam ser contempladas. Identifique o processo capaz de gerar energia através hidrogênio ($H_{2(g)}$) e oxigênio ($O_{2(g)}$) e realizar a síntese para formar a molécula de água como produto final:

- A) sistemas de refrigeração
- B) células de combustível
- C) ciclo do nitrogênio
- D) decomposição da matéria

3) Como é chamado o processo que causa a poluição de bacias hídricas ocorridos pelo excesso de compostos nitrogenados prejudicando assim o meio ambiente e ocasionando doenças em espécies de peixes.

- A) eutrofização
- B) fertilização
- C) adubação
- D) filtração

4) A molécula da água possui ligações químicas de grande força entre os átomos de hidrogênio e de oxigênio. Para a química o número de ligações presentes na molécula da água (H_2O) e os tipos de ligações que ocorrem para sua formação são, respectivamente:

- A) Duas ligações iônicas apolares

B) Duas ligações covalentes polares

C) Uma ligação metálica

D) Três ligações metálicas

5) A fórmula $N \equiv N$ indica que os átomos de nitrogênio estão compartilhando três

a) prótons b) elétrons c) pares de prótons d) pares de nêutrons e) pares de elétrons

6) As substâncias químicas podem ser utilizadas para resolver problemas do cotidiano, o Ministério da Saúde determina o uso obrigatório de substâncias químicas capazes de inibir a proliferação de microrganismos na água consumida. Qual substância abaixo pode ser utilizada para desinfecção da água, e assim baixar os níveis de nitrito, amônia e nitratos que podem estar presentes em águas?

a) sabão neutro b) álcool c) água sanitária d) limpa vidros

7) Práticas de preservação ambiental são ações diárias que precisam ser realizadas, para que haja o uso consciente. Os recursos hídricos são em muitas regiões escassos pela ação humana agravar a crise, mas existem diversas formas de aproveitamento da água que podemos fazer para minimizar o problema. Contudo, cite práticas que você pode fazer para preservar os recursos hídricos em seu ambiente, seja domiciliar, escolar ou outro ambiente do seu convívio:

8) Você considerou o trabalho desenvolvido em sala de aula relevante em seu aprendizado em Química Ambiental?

a) sim b) não c) em parte, descreva: _____

9) Considerando o trabalho desenvolvido em sala de aula para o projeto de preservação ambiental apresentado pela professora, avalie o trabalho com uma nota:

a) 9 e 10 pontos (excelente)

b) 6, 7 e 8 pontos (bom)

c) 5 pontos (regular)

d) abaixo de 5 (insuficiente)

APÊNDICE C - ROTEIRO DO EXPERIMENTO

Teste de verificação de nitrito (NO_2^-) e amônia (NH_4^+) em águas.

A amônia (NH_4^+) é um composto que em índices elevados, prejudica seres aquáticos, por ser tóxico a esses, é causada pela presença de matéria em decomposição, onde essa pode continuar a decompor-se, e transformar em nitrito (NO_2^-) também tóxico, em meio natural há um completo equilíbrio, porém, a urbanização pode prejudicar tais níveis em águas.

1.1 Materiais utilizados.

1.1.1 Para o teste de verificação de amônia (NH_4^+).

1 frasco plástico com tampa.

5 mL de água (para o teste)

Reagente 1: Fenol, nitroprussiato de sódio, álcool isopropílico e água destilada.

Reagente 2: Hidróxido de sódio, hipoclorito de sódio e água destilada.

1.1.2 Para o teste de verificação de nitrito (NO_2^-).

1 frasco plástico com tampa.

5 mL de água (para o teste).

Reagente 1: Ácido sulfanílico, ácido acético e água destilada.

Reagente 2: Alfa-naftilamina e álcool etílico.

1.2 O que fazer:

A) Coletar água do igarapé (Mãe do Rio, localizado no município de Curuçá) e nas dependências da escola para ambos os testes.

B) Gotejar 8 gotas da solução do reagente 1 (para teste de amônia) no frasco contendo 5 mL de água, tampar o frasco e agitar.

C) Adicionar 8 gotas da solução reagente 2, tampar e agitar.

D) Aguardar 3 minutos e comparar a cor com a tabela 1 (em anexo X), buscando aquela que mais se aproxima e realizar a leitura, definindo a leitura ver a tabela 1 do teor (em anexo X).

E) Gotejar 4 gotas de solução do reagente 1 (para o teste de nitrito) no frasco contendo 5 mL de água, tampar o frasco e agitar.

F) Adicionar 4 gotas da solução reagente 2 (para o teste de nitrito), tampar e agitar.

G) Aguardar 10 minutos e comparar a cor desenvolvida com a escala de cores na tabela 2 (em anexo Y).

1.3 Questões:

A) Determine através da leitura na escala de cores o teor de nitrito e amônia em águas.

B) A água analisada está dentro dos parâmetros estabelecidos? O que o resultado representa?

Tabela 1

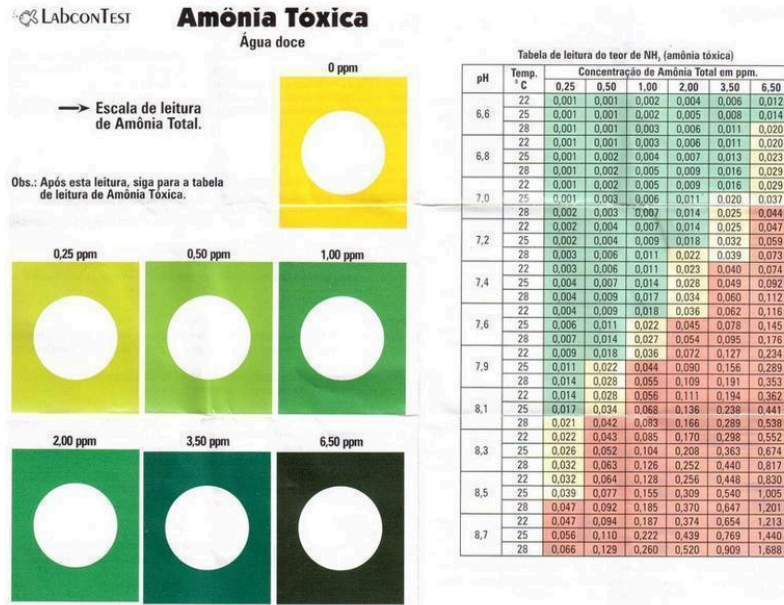
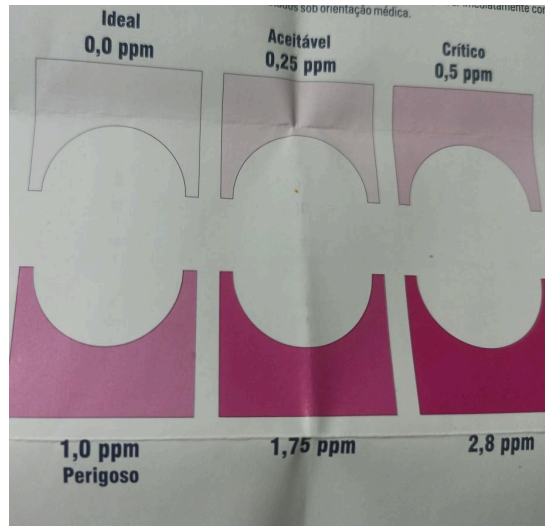


Tabela 2

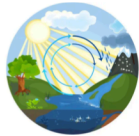
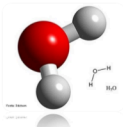


APÊNDICE D- SLIDES APRESENTADOS NA PALESTRA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

PROFESSORA : CARLIENE OLIVEIRA
PALESTRA: O CICLO DA ÁGUA E CICLO DO NITROGÊNIO



Como podemos minimizar danos causados pelo consumo excessivo de águas e o desequilíbrio no meio ambiente pela ação humana?



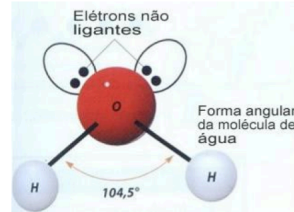
A Química das Águas Naturais

- Cerca de 94% da água total do planeta é **SALGADA**.
- Em torno de 0,1 % de água potável estão em lagos e rios
- Águas subterrâneas representam $\frac{2}{3}$ (95%) do total de água doce.

O MAIOR CONSUMO DE ÁGUA, É NA AGRICULTURA.



Geometria molecular da água



A ligação se forma quando ocorre Compartilhamento de elétrons
A ligação covalente ocorre entre dois não-metais, entre um não-metal e o hidrogênio, e entre dois átomos de hidrogênio.

A ÁGUA POSSUI DUAS LIGAÇÕES COVALENTES POLARES

Como a geometria da molécula de água é angular, isto é, as ligações não estão no mesmo eixo, existindo um ângulo entre elas, a soma vetorial dos momentos de dipolo das ligações fornece um vetor resultante com uma intensidade, direção e sentido definidos, fazendo com que a molécula de água seja polar.

- A água é considerada um solvente universal.
- A água totalmente pura é considerada um meio neutro.

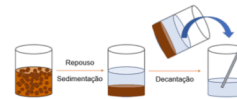


DIVERSOS TIPOS DE ÁGUA

- ÁGUA PURA (H₂O)
- ÁGUA DESMINERALIZADA
- ÁGUA DEIONIZADA
- ÁGUA POTÁVEL
- ÁGUA MINERAL
- ÁGUA DURA
- ÁGUA POLUÍDA

Tratamento da água: isoladamente ou em associação

Sedimentação ou Decantação: remoção em suspensão, por tamanho ou densidade.



Coagulação ou Floculação: uso de produtos químicos para agregar para a fácil retirada.



Filtração: Com o uso de areia.



Desinfecção: remoção de organismos patogênicos
Exemplo: Cloro.

Fluoretação: aumentar a concentração de fluoretos na água.

Formas de reuso da água:

- Irrigação paisagísticas
- Irrigação de campos de cultivos
- Usos industriais
- Recarga de aquíferos
- Usos urbanos não potáveis
- Finalidades ambientais
- Usos diversos

Irrigação paisagísticas



Recarga de aquíferos: Irrigação



Usos industriais: Aquicultura



Usos urbanos não potáveis: Limpezas



Finalidades Ambientais

Estação de tratamento de esgoto na Bahia vai gerar metade da energia com o seu próprio biogás



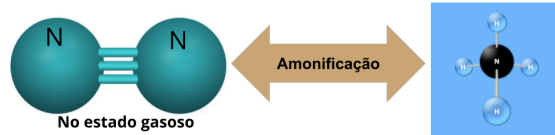
Usos diversos: águas Cinzas



A lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997 estabelece que:

Deve-se “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

Representação da molécula de nitrogênio



Bactérias RHIZOBIUM são fixadoras de nitrogênio (No solo)

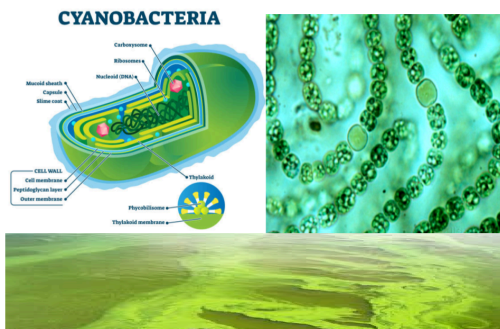


Existem outras colonias de bactéria presente no solo: do gênero Azotobacter.

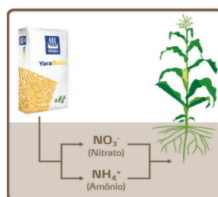
IMPORTÂNCIA PARA A AGRICULTURA E O EQUILÍBRIO NO MEIO AMBIENTE

A adubação nitrogenada é considerada um fator limitante da produção. O nitrogênio é um nutriente essencial a qualquer cultura.

Bactérias fixadoras de nitrogênio no meio aquático: As chamadas “algas azuis”



Fertilizantes industrializados



Eutrofização e qualidade da água



RESOLUÇÃO CONAMA Nº467, DE 16 DE JULHO DE 2015

Art. 1º Estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação, pelos órgãos ambientais, das solicitações de autorização de uso de produtos e de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos em corpos hídricos superficiais com a finalidade de:

I

- controle populacional de espécies que estejam causando impacto negativo ao meio ambiente, à saúde pública ou a os usos múltiplos da água;

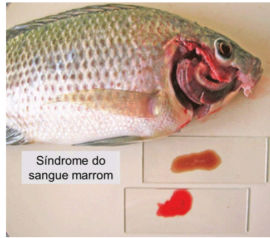
II

- controle de poluição em corpos hídricos superficiais.

Parágrafo único. É proibido o uso de produtos e de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos sem o prévio registro dos mesmos, nos termos da legislação vigente.

PROBLEMATICA DO EXCESSO DE NITROGÊNIO EM AMBIENTES AQUÁTICOS

Doenças relacionadas à criação de peixes (piscicultura)



Alta amônia – O que posso fazer?

- reduzir ou parar de alimentar
- aumentar a descarga do sistema produtivo
- reduzir a densidade de estocagem
- aeração nos tanques de cultivo
- em emergências – reduzir o pH do sistema.

Treine seus conhecimentos adquiridos!

- 1) Faça um desenho que represente o **ciclo da água** e um desenho que represente o **ciclo do nitrogênio**, nomeando cada processo nesses ciclos.

Referências:

PETROBRAS, Abastecimento. Química Aplicada. 2 ed. Editora Qualifica Abast. São Paulo, 2008.

CANTO, Eduardo Leite do. PERUZZO, Francisco Miragaia. Química na Abordagem do Cotidiano. 4 ed. Editora Moderna. São Paulo, 2006.

MEDEIROS, Sófocles Borba de. Química Ambiental. 3 ed. Revista e Ampliada. Recife, 2005.

TELLES, Dirceu D'Alkmin. Ciclo Ambiental da água: da chuva à gestão. Editora Edgard Blucher. São Paulo, 2013.

APÊNDICE E - MATERIAIS DIDÁTICOS UTILIZADOS

APOSTILA DE NOX; REAÇÕES E LIGAÇÕES QUÍMICAS

Número de oxidação (NOX)

O número de oxidação (NOX) é o número que mede a carga real ou parcial de um elemento em uma espécie química. A carga parcial refere-se a elementos em espécies químicas formadas por ligações covalentes (compostos covalentes) e a carga real refere-se a compostos formados por ligações iônicas (compostos iônicos). Para saber qual é o NOX de um elemento dentro de uma molécula, devemos seguir algumas regras:

1ª Regra: Nas substâncias simples, o NOX do elemento é sempre igual a zero. Exemplos: H₂ (gás hidrogênio), S₈ (enxofre), Ca (cálcio) NOX do H = 0 NOX do S = 0 NOX do Ca = 0

2ª Regra: Nos íons monoatômicos, o NOX do elemento é igual à carga do íon. Exemplos: Fe²⁺ (íon ferro 2+), Cl⁻ (íon cloreto) NOX do Fe = +2 NOX do Cl⁻ = - 1

3ª Regra: Em substâncias compostas, alguns elementos apresentam NOX fixo. A maioria deles está apresentada na tabela abaixo:

4ª Regra: Quando o elemento que se pretende saber o NOX não se enquadra em nenhuma das três regras anteriores, seu NOX é variável e deve ser determinado pela soma algébrica de todos os NOX dos elementos no composto químico. Sendo que esta soma deve ser igual a carga da espécie química em que ele está presente, ou seja, se for um íon será igual a carga, e se for um composto neutro, a soma terá que ser igual a zero.

$$\sum \text{NOX (todos os elementos)} = \text{carga}$$

Exercícios

- 1) Nas espécies químicas a seguir, o nitrogênio (N) tem número de oxidação máximo no:
 - a) NH₃ b) NH₄⁺ c) NO₂⁻ d) N₂O₃ e) NO₃⁻

- 2) O monitoramento dos compostos nitrogenados presentes em águas poluídas é usado para avaliar o grau de decomposição da matéria orgânica presente nessas águas. Quanto maior o grau de decomposição da matéria orgânica, mais oxidado está o nitrogênio (N). Os resultados da análise de quatro amostras de água contaminada indicaram a predominância das seguintes espécies nitrogenadas:

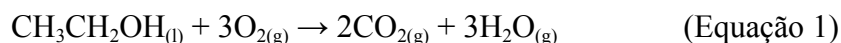
Amostras de água	Espécie nitrogenada predominante
I	N ₂
II	NH ₄
III	NO ₂ ⁻
IV	NO ₃ ⁻

Com base nesses resultados, é CORRETO afirmar que a amostra em que a matéria orgânica se encontra em estágio MAIS avançado de decomposição é a:

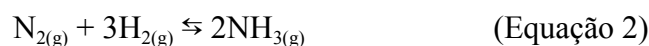
a) III. b) IV. c) II. d) I.

REAÇÕES QUÍMICAS

A matéria que nos rodeia está em constante mudança, onde ocorre várias transformações, que podem ser físicas, espontâneas e as transformações químicas, estudadas a seguir: Transformações químicas; quando se obtém uma nova substância com propriedades diferentes das substâncias iniciais, também chamada de reações químicas, onde os reagentes se transformam em produto. Quando uma reação química acontece pode-se ou não haver um sistema reversível. Às vezes percebemos algumas dessas reações químicas, mas muitas vezes não as notamos, as evidências mais comuns são que indicam que pode ter ocorrido uma reação química são: Mudanças de cor; Liberação de gás através de bolhas; Exalação de cheiro; Liberação de luz; Liberação ou absorção de calor (sensação de quente ou frio); Alteração da textura do material; Precipitação de sólidos insolúveis; Explosões. Para a queima de combustível não há volta ao estado inicial, para tal usa-se uma seta (→) veja o exemplo a seguir:



Para sistemas reversíveis onde tão logo os reagentes sejam formados, começam a reagir, produzindo novamente os reagentes, para essa usa-se a dupla seta (↔) veja o exemplo a seguir:

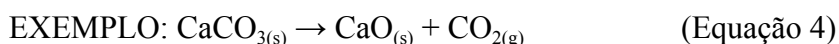


TIPOS DE REAÇÕES QUÍMICAS

Reações de síntese ou adição: é combinação de duas ou mais substâncias que reagem para formar um produto.



Reações de análise ou decomposição: uma substância quando reage produz duas ou mais substâncias.



Reações de Oxidação e Redução

Os tipos de reações apresentadas anteriormente apresentam características que as identificam como de oxirredução (redox) e estão entre as reações mais comuns e mais importantes, que estão envolvidas em uma grande variedade de processos importantes, incluindo a ferrugem do ferro, a fabricação e ação de alvejantes. O conceito de oxidação refere-se a perda de elétrons e contrariamente, a redução refere-se ao ganho de elétrons. Sabe-se que ambas ocorrem juntas na mesma reação química.

AS LIGAÇÕES QUÍMICAS

As substâncias são formadas por átomos que, por sua vez, estão conectados entre si pelas chamadas ligações químicas. Exemplo: O cloreto de sódio (NaCl). Os gases nobres são os únicos elementos químicos cujos átomos são encontrados estáveis e ao mesmo tempo isolados na natureza. Segundo Rutherford e Bohr, em um átomo, os elétrons estão distribuídos na eletrosfera em camadas, que correspondem aos níveis de energia. A camada de valência dos gases nobres (Ne, Ar, Kr, Xe e Rn) apresenta oito elétrons, com exceção do hélio (He), que apresenta dois elétrons em um único nível de energia. Vários cientistas iniciaram estudos sobre as camadas de valência dos átomos, entre esses, Richard Abegg e Thomson que relataram que a estabilidade dos gases nobres (com exceção do hélio) tem relação com oito elétrons de suas camadas de valência. Linus Pauling, propôs estudos sobre como os átomos se ligam ao formar os compostos com a escala quantitativa de eletronegatividade. Vale lembrar que a atração que núcleo de um átomo exerce sobre os elétrons desse átomo é de origem eletrostática (atração entre prótons e elétrons- partículas com cargas de sinais opostos). Quanto mais prótons maior a carga positiva do núcleo atômico, e quanto mais os elétrons forem próximos do núcleo são atraídos mais fortemente.

Ligação Iônica

Vamos considerar a reação entre o sódio e o cloro, produzindo cloreto de sódio:



O sódio (Na) possui na sua última camada de valência (K-2; L-8; M-1) um elétron, e para se tornar estável pela regra do octeto, cede um elétron definitivamente para o cloro (Cl). Sabendo que o elétron possui uma carga negativa, quando ele cede o elétron forma-se um íon positivo (cátion Na^+) e o cloro que possui na sua última camada de valência (K-2; L-8; M-7) sete elétrons por sua vez que para estabilizar-se recebe um elétron formando um íon negativo (ânion Cl^-).

Ligação Covalente

A ligação se forma quando ocorre compartilhamento de elétrons, A ligação covalente ocorre entre dois não-metais, entre um não-metal e o hidrogênio, e entre dois átomos de hidrogênio.

Exercícios

3) (U.CatólicaDomBosco-MS) Para adquirir configuração eletrônica de gás nobre, o átomo de número atômico 16 deve:

a) perder dois elétrons. b) receber seis elétrons. c) perder quatro elétrons. d) receber dois elétrons e) perder seis elétrons.

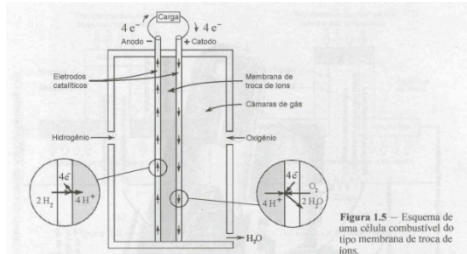
4) (FEI-SP) A fórmula $\text{N}\equiv\text{N}$ indica que os átomos de nitrogênio estão compartilhando três

a) prótons b) elétrons c) pares de prótons d) pares de nêutrons e) pares de elétron

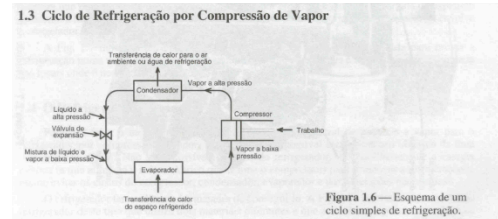
Apostila II - Termodinâmica: suas causas e efeitos, volume de águas em recipientes, pressão e mudanças de temperatura

A termodinâmica é a ciência da energia e da entropia, (calor e trabalho e as propriedades das substâncias) um assunto básico para entendimento de reações químicas e estudo de materiais, é utilizado para analisar problemas em equipamentos como nas

termoelétricas, células de combustível (no qual a água é subproduto), refrigeradores com compressão a vapor entre outros no qual utilizam a água como meio de geração de energia essa é o princípio da primeira lei da termodinâmica. Veja nos exemplos a seguir: Figura 1 - (A) gerando energia através da célula de combustível (B) Sistema de refrigeração

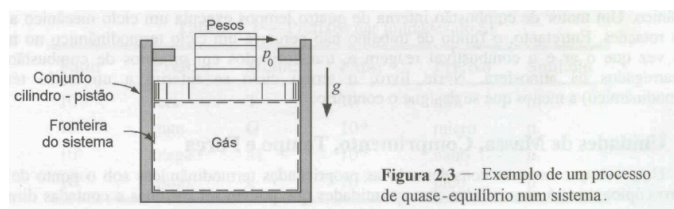


(A)



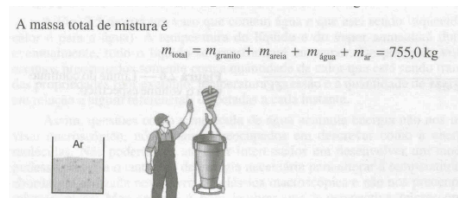
(B)

Considerando uma dada massa de água, percebe-se que ela existe sob várias formas (fases) sendo sólida quando chega a 0°C e na forma líquida que se transforma em vapor quando sua temperatura chega 100°C após aquecida. Em uma fase pode existir várias pressões e temperaturas, no qual as propriedades termodinâmicas podem ser intensivas não dependem da massa e exemplos são a temperatura, massa específica e a pressão, e extensivas dependem e varia conforme a massa (ou quantidade de matéria). O sistema (e não somente a substância) está em equilíbrio se a exemplo todo sistema tem uma mesma temperatura o sistema está em equilíbrio qualquer alteração na pressão interfere no equilíbrio do sistema. Veja o exemplo prático a seguir: Figura 2- variação da pressão em um recipiente com gás.



Quando o valor de uma propriedade (como o volume, a pressão, e a temperatura) do sistema é alterado, ocorre uma mudança de estado no qual é chamado de processo. Essas são isotérmicas que é o processo de temperatura constante, um processo isobárico é a pressão constante e um processo isocórico é um processo de volume constante, e quando o sistema num dado estado inicial passa por um certo número de mudanças de estado ou processos e volta ao estado inicial o sistema executa um ciclo. A energia é importante pois é a capacidade de produzir um efeito, pode ser acumulada em um sistema e pode ser transferida de um sistema para o outro como exemplo as trocas de calor. A energia potencial intermolecular está

associada a forças entre as moléculas, ao qual calcula-se com precisão o valor dessa energia e o valor do potencial intermolecular, apenas com pequenas massas específicas que estão espaçadas entre si. O volume específico (v) é o volume ocupado pela unidade de massa. Exemplo: O recipiente mostrado na figura 3 com volume interno de 1 m^3 , contém $0,12 \text{ m}^3$ de granito, $0,15 \text{ m}^3$ de areia e $0,2 \text{ m}^3$ de água líquida a 25°C . O restante do volume interno do recipiente ($0,53 \text{ m}^3$) é ocupado por ar que apresenta massa específica igual a $1,15 \text{ kg/m}^3$. Determine o volume específico médio e a massa específica média da mistura contida no recipiente. Solução: As definições de volume específico e massa específica são: $v = V/m$ e $\rho = m/V = 1/v$ $\rho_{\text{granito}} = 2750 \text{ kg/m}^3$ $\rho_{\text{areia}} = 1500 \text{ kg/m}^3$ $\rho_{\text{água}} = 997 \text{ kg/m}^3$.



A pressão em um ponto de um fluido em repouso é a pressão é uma força por unidade de área igual em todas as direções no Sistema Internacional (SI) a unidade é pascal (Pa) e a atmosfera padrão é definida por $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$.

A temperatura pode ser estabelecida por trocas de calor de um corpo quente colocado em um recipiente que contenha um corpo frio ambos tendem a estarem com a mesma temperatura trocando calor no sistema, a nossa percepção de calor não é segura em avaliar essa, e adota-se no SI o $^\circ\text{C}$ (Celsius). A lei zero da termodinâmica estabelece que quando dois corpos estão em igualdade de temperatura com um terceiro corpo eles terão a mesma temperatura entre si. Treino: Faça o esboço de sua geladeira e indique os componentes mostrados na figura 1(B) englobe a geladeira com o volume de controle e identifique os fluxos de massa e energia que cruzam a fronteira de controle.

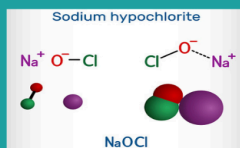
APÊNDICE F- PANFLETO EXPLICATIVO

Aproveitamento de Águas Pluviais



juntos somos mais!

A conscientização ambiental é crucial para garantir a preservação do meio ambiente. este folder tem o objetivo de apresentar informações importantes sobre desinfecção de água utilizando a água sanitária

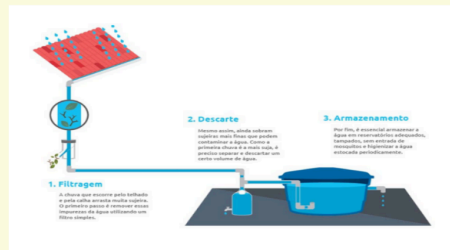


Água Sanitária: É a designação padrão do hipoclorito de sódio diluído em água
Hipoclorito de sódio

Ministério da saúde: 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



Ação bactericida:
Quando adicionada a um meio, a água sanitária tem a capacidade (pela ação do cloro) de eliminar com enorme eficiência os micro-organismos ali presentes.
Deve-se utilizar a água sanitária para aproveitar a água da chuva de forma segura no ambiente escolar.
Veja abaixo um exemplo de captação de águas pluviais:



faça sua parte!

desinfecção de águas utilizando água sanitária

- utilizar 2 gotas para cada Litro. (Cada gota equivale a 0,2 mL)
- 100 mL para 500 L

LEMBRE-SE DE REALIZAR A LIMPEZA DO RESERVATÓRIO A CADA 6 MESES

com essas ações, é possível contribuir para um futuro sustentável e garantir a preservação do meio ambiente



Dúvidas::
Carlieneoliveira@ananindeua.ufpa.br