



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

QUALIDADE DA ÁGUA DA NASCENTE DO Córrego São Nicolau como
TEMA GERADOR NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

DÉBORA DÁVILA RIBEIRO

Goiânia
2024

DÉBORA DÁVILA RIBEIRO

**QUALIDADE DA ÁGUA DA NASCENTE DO CÓRREGO SÃO NICOLAU COMO
TEMA GERADOR NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Química, como parte dos
requisitos exigidos para a conclusão do curso.

Orientadora: Profa. Dra. Adélia Maria Lima da Silva

Goiânia
2024

**QUALIDADE DA ÁGUA DA NASCENTE DO CÓRREGO SÃO NICOLAU COMO
TEMA GERADOR NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

Débora Dávila Ribeiro

Orientador (a):
Dra. Adélia Maria Lima da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Química, como parte
dos requisitos exigidos para a conclusão do curso.

APROVADO em ____/____/____

Prof. Dr. Danns Pereira Barbosa - EFPH – Química – PUC Goiás

Profa. Dra. Nicali Bleyer Ferreira dos Santos – Geografia – PUC Goiás

Profa. Dra. Adélia Maria Lima da Silva - EFPH – Química – PUC Goiás



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
CURSO DE QUÍMICA - LICENCIATURA

APÊNDICE VII – Ata de Defesa Pública do Trabalho de Conclusão de Curso

Aos 11 dias do mês de junho de 2024, às 17 horas, em sessão pública na sala do Bloco da Área da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, na presença da Banca Examinadora presidida pelo(a) Professor(a)

Adélia Maria Lima da Silva e composta pelos examinadores:

1. Nicali Bleyer Ferreira dos Santos
2. Danns Pereira Barbosa

do(a) estudante Debora Dávila Ribeiro

apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso II intitulado:

TRILHAS ECOLÓGICAS COMO PRÁTICA NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL (EA) E APLICAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA SENDO SUBSTITUÍDO PARA: QUALIDADE DA ÁGUA DA NASCENTE DO CORREGO SÃO NICOLAU COMO TEMA GERADOR NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Licenciatura em Química.

Após reunião em sessão reservada, a Banca Examinadora deliberou e decidiu pela aprovação do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao estudante e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais examinadores e pelo estudante. Fica formalmente definido que a nota final será registrada somente após a correção e entrega do trabalho final dentro das normas exigidas pelo Curso.

Presidente da Banca Examinadora: ADÉLIA MARIA LIMA DA SILVA
Assinatura: Adélia Maria Lima da Silva

Examinador 01 – Nome: NICALI BLEYER FERREIRA DOS SANTOS
Assinatura: Nicali Bleyer

Examinador 02 – Nome: DANNS PEREIRA BARBOSA
Assinatura: Danns Pereira

Estudante – Nome: DEBORA DÁVILA RIBEIRO
Assinatura: Debora Dávila Ribeiro

DEDICATÓRIA

Para minha querida madrinha Sandra Maria Ribeiro. Hoje, enquanto escrevo estas palavras, sinto o peso da saudade apertar meu peito e as lágrimas inundarem meus olhos. Você foi para mim uma segunda mãe, uma confidente e uma amiga. Sua ausência deixou um vazio profundo em minha vida, mas suas memórias vivas continuam a me aquecer, como um abraço amoroso em dias de tempestade.

Lembro dos nossos momentos, das histórias compartilhadas, das risadas que ecoavam pela sala. Seu sorriso era como um raio de sol, iluminando os cantos mais escuros da minha existência.

Madrinha, sua luta contra o câncer foi uma prova inegável de bravura e força de espírito. Mesmo nos momentos mais difíceis, você irradiava coragem e esperança, ensinando a todos lições valiosas sobre a importância de nunca desistir, de valorizar cada momento e de amar sem reservas.

Enquanto te dedico este trabalho, sinto um misto de dor e gratidão. Dor pela sua ausência, mas gratidão por todos os preciosos momentos que compartilhamos e por todas as palavras de encorajamento. Que sua alma esteja em paz, envolvida pelo amor e pela gratidão daqueles que tiveram a bênção de conhecê-la.

Com amor, Débora.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso - TCC representa um marco significativo na minha jornada acadêmica. Esta conquista não seria possível sem o apoio e a presença de pessoas especiais, a quem dedico meus mais sinceros agradecimentos.

Aos meus pais, Maria Deodete Ribeiro Correa e José Fernando Silveira Mineiro, minha fonte constante de amor, força e inspiração. Obrigada por estarem sempre ao meu lado, acreditando e me encorajando em todos os momentos. Vocês sempre serão o meu maior exemplo de dedicação e resiliência. Vocês são a razão pela qual eu consegui chegar até aqui.

Aos meus irmãos, Taynara Ribeiro, Carlos Emanuel, Louíse Ribeiro, Emily Ribeiro e Isabela Dávila o vínculo que compartilhamos é uma fonte incessante de motivação e orgulho para mim. Sou grata por todos os momentos que compartilhamos juntos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Adélia Maria Lima da Silva, pela orientação, paciência e valiosas contribuições. Sua dedicação foi essencial para a realização deste trabalho. Obrigada por suas palavras de sabedoria e por sempre me guiar com firmeza e compreensão.

Ao meu primo, Andrey de Sá Ribeiro, obrigada por estar sempre disponível para me ouvir, aconselhar e encorajar. Você sem dúvidas faz parte do sucesso dessa jornada.

À minha prima, Laysa Ribeiro Lopes, obrigada por seu carinho e apoio incondicional. Sua amizade e presença constante foram fundamentais para que eu me mantivesse firme em meu propósito.

Ao meu namorado, Gabriel Teixeira Andrade Sousa, que sempre me apoiou e esteve comigo nos momentos mais difíceis. Obrigada por seu amor, compreensão e paciência. Seu apoio foi fundamental para que eu pudesse enfrentar os desafios deste período.

Ao meu melhor amigo, Gustavo, que esteve presente (mesmo longe) em todos os momentos de ansiedade durante esta jornada. Sua amizade e apoio foram imprescindíveis para que eu pudesse manter a calma e confiança.

Ao meu coordenador de curso, Prof. Dr. Dannes Pereira Barbosa, expresso meus sinceros agradecimentos por todas as correções construtivas e pela constante disponibilidade em auxiliar-me ao longo de todo o curso.

A Fundação do Amparo de Pesquisa de Goiás (FAFEG) pelo financiamento do projeto: Educação Ambiental: conhecimentos e práticas em trilhas ecológicas na formação de licenciandos em Química e Geografia, protocolo Nº PLI2023091000028, no qual o TCC está inserido.

A todos vocês, meu sincero e profundo agradecimento!

RESUMO

A nascente do córrego São Nicolau, localizada na Trilha da Semente Peregrina no Instituto do Trópico Subúmido, foi utilizada como tema gerador na Educação Ambiental (EA). O objetivo foi abordar a qualidade hidroambiental e avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, enfatizando a importância de sua preservação e sua relação direta com a sustentabilidade, gerando subsídios para discussões na área de Química. A pesquisa foi dividida em duas partes. A primeira consistiu na revisão bibliográfica sobre os principais eventos históricos nacionais e internacionais relacionados à EA, o conceito de Desenvolvimento Sustentável, os objetivos da Agenda 2030, as potencialidades das trilhas ecológicas e a importância das nascentes como objeto de estudo. A segunda parte envolveu o estudo de campo em dois pontos da nascente, sendo um em ambiente lêntico e outro lótico, durante o período chuvoso. A nascente foi classificada como pontual e o estado de conservação como bom. Os resultados microbiológicos mostraram que as águas brutas não estão aptas para consumo humano devido à presença de coliformes totais e termotolerantes, indicando a necessidade de tratamento adequado e novos estudos na região. De modo geral, os parâmetros físico-químicos estavam em conformidade com a legislação vigente para águas de uso paisagístico e de irrigação. O estudo prévio da qualidade da água da nascente foi essencial para compreender o uso da água e a importância de sua preservação e das áreas no entorno. Os dados gerados serão usados para fundamentar atividades de EA, a fim de sensibilizar estudantes sobre a importância da preservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas associados, além de evidenciar as consequências da poluição e da degradação ambiental, e a necessidade de proteger essas fontes vitais para garantir a saúde e o bem-estar das gerações futuras.

Palavras-chave: potabilidade, educação ambiental, nascentes, qualidade da água.

ABSTRACT

The spring of the São Nicolau stream, located on the Semente Peregrina Trail at the Institute of the Subhumid Tropics, was used as a generative theme in Environmental Education (EA). The objective was to address hydro-environmental quality and evaluate the physicochemical and microbiological parameters, emphasizing the importance of its preservation and its direct relation to sustainability, providing a basis for discussions in the field of Chemistry. The research was divided into two parts. The first part consisted of a bibliographic review of the main national and international historical events related to EA, the concept of Sustainable Development, the goals of the 2030 Agenda, the potential of ecological trails in EA, and the importance of springs as a study object. The second part involved field study at two points of the spring, one in a lentic environment and the other in a lotic environment, during the rainy season. The spring was classified as punctual, and the conservation status was classified as good. The microbiological results showed that the raw waters are not suitable for human consumption due to the presence of total and thermotolerant coliforms, indicating the need for proper treatment and further studies in the region. Overall, the physicochemical parameters followed current legislation for waters used for landscaping and irrigation. The preliminary study of the spring's water quality was essential to understand the use of water and the importance of preserving the spring and surrounding areas. The data generated will be used to support EA activities to raise students' awareness of the importance of preserving water resources and associated ecosystems, as well as to highlight the consequences of pollution and environmental degradation, and the need to protect these vital sources to ensure the health and well-being of future generations.

Keywords: potability, environmental education, springs, water quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1. Coordenadas geográficas dos pontos amostrados.....	19
Quadro 2. Parâmetros analisados, metodologias e respectivos equipamentos utilizados.....	21
Figura 1. Mapa da Trilha da Semente Peregrina. Fonte: Adélia Lima, 2024.....	18
Figura 2. Temperaturas e precipitação (chuva) de abril de 2024 em Goiânia/GO e Normal Climatológica (1991 a 2020). Fonte: INMET, 2024. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Balan%C3%A7o-Goi%C3%A2nia-abril-r_2024-05-14-125833_jjtp.pdf . Acesso em: 03 de junho de 2024.....	20
Figura 3. Imagens dos principais espaços de aprendizagens de EA no ITS. Fonte: Débora Ribeiro e Jully Maia, 2024.....	23
Figura 4. Imagens da trilha “Semente Peregrina na entrada e no seu percurso. Fonte: Adélia Lima, 2024.....	24
Figura 5. Espaço de Educação Ambiental Dalila Coelho Barbosa. Auditório ao ar livre, com 150 lugares, e local destinado a oficinas educativas, piqueniques e recreação. Fonte: Débora Ribeiro.....	24
Figura 6. Imagens da vegetação na trilha “Semente Peregrina. Fonte: Adélia Lima, 2024....	25
Figura 7. Imagens da trilha “Sensitiva” indicando a sua estrutura e acesso ao espaço para atividades de EA. Fonte: Adélia Lima, 2024.....	26
Figura 8. Pontos de coleta de amostras de água na nascente do córrego São Nicolau existente na trilha Semente Peregrina. Fonte: Débora Ribeiro, abril de 2024.....	27
Figura 9. Mata ciliar presente no ponto 1 da nascente do córrego São Nicolau e presença de animais silvestres. Fonte: Adélia Lima, abril de 2024.....	28
Figura 10. Vegetação presente no ponto 2 da nascente do córrego São Nicolau e presença da passarela de acesso das pessoas. Fonte: Agostinho Carneiro, abril de 2024.....	29
Figura 11. Coleta de amostras para análises físico-químicas no dia 12 de abril de 2024. Fonte: Adélia Lima, abril de 2024.....	31
Figura 12. Coleta de amostras para análises físico-químicas no dia 12 de abril de 2024. Fonte: Adélia Lima, abril de 2024.....	31
Figura 13. Atividades de EA durante a 6ª Jornada da Cidadania da PUC Goiás. A. Estação das profissões. B. Estação Sustentabilidade no ITS. Fonte: Débora Ribeiro, 2024.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros utilizados na caracterização macroscópica das nascentes.....	29
Tabela 2. Valores dos parâmetros analisados nos dois pontos da nascente do córrego São Nicolau no período chuvoso de 2024.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Áreas de preservação permanente
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CMMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNEA	Conferência Nacional de Educação Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
EA	Educação Ambiental
EPA	Agência de Proteção Ambiental
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ITS	Instituto do Trópico Subúmido
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação e Cultura
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNE	Plano Nacional de Educação
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRONEA	Programa Nacional de Educação Ambiental
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Principais eventos nacionais e internacionais sobre EA	8
2.2 Agenda 2030 e Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	14
2.3 Plano Nacional de Educação e a Base Nacional Comum Curricular	15
2.4 Qualidade das Nascentes e EA	16
3. UNIDADE EXPERIMENTAL	18
3.1 Objeto de Estudo	18
3.2 Caracterização Hidroambiental da Nascente	19
3.3 Procedimento de coletas, amostragem e análises de água	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Instituto do Trópico Subúmido e suas Trilhas Ecológicas	22
4.2 Área de Estudo e Pontos de Coleta	26
4.3 Caracterização Hidroambiental	28
4.4 Análises Físico-Químicas e Microbiológicas das águas	31
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade e a qualidade da água são questões cruciais para a saúde humana, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental. Embora a Terra possua vastos recursos hídricos, a quantidade de água doce disponível (cerca de 2,5%) é relativamente menor comparada à água salgada dos oceanos. Além disso, parte está congelada em geleiras e calotas polares ou se encontra como água subterrânea, ou seja, apenas uma fração muito pequena (cerca de 1,2%) está disponível em rios, lagos e outras fontes superficiais, acessível para o consumo humano (Tundisi et al., 2006).

A água é um elemento essencial para a produção de alimentos na irrigação, para as atividades domésticas, geração de energia, manutenção de ecossistemas aquáticos, entre outros usos múltiplos. No entanto, apresenta distribuição desigual e muitas regiões enfrentam escassez. Fatores como poluição, mudanças climáticas e uso excessivo dos recursos hídricos agravam a situação, afetando tanto a quantidade quanto a qualidade da água disponível (Oliveira et al., 2020).

Assim, a água quando contaminada por resíduos industriais, agrícolas e domésticos representa um risco significativo para a saúde pública e os ecossistemas, especialmente para as nascentes (Daneluz; Tessaro, 2015). Quando esses poluentes entram nas nascentes, eles podem comprometer a qualidade da água que abastece comunidades inteiras, provocando doenças e afetando negativamente a saúde humana.

As nascentes consistem em um afloramento do lençol freático que dá origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d'água (córregos, ribeirões e rios), formando uma rede de drenagem (Calheiros, 2009). A proteção dessas áreas é crucial, pois elas são fontes primárias de água para muitas comunidades. Para uma nascente ser considerada de ótima qualidade, ela deve “fornecer água livre de agentes de contaminação, ter fluxo abundante e contínuo, além de apresentar variação mínima ao longo do ano” (Leal et al., 2017, p. 146).

As nascentes, cursos d'água e represas, embora distintos por várias particularidades quanto às estratégias de preservação, compartilham alguns pontos básicos em comum. Esses pontos incluem, segundo Calheiros (2009, p. 4), “o controle da erosão do solo por meio de estruturas físicas e barreiras vegetais de contenção, a minimização da contaminação química e biológica, e a implementação de ações mitigadoras para reduzir perdas de água por evaporação e consumo pelas plantas”.

A implementação de políticas rigorosas nas áreas de preservação permanente (APP) é indispensável para a preservação das nascentes, conforme previsto na Lei Federal Nº

12.651/12 de 25 de maio de 2012 (Código Florestal). De acordo com essa legislação, as áreas ao redor das nascentes, num raio de 50 metros, devem ser ocupadas por vegetação nativa e mantidas preservadas (Brasil, 2012). A crescente preocupação com a preservação das nascentes e a necessidade de promover uma consciência ambiental nas novas gerações têm despertado o interesse por abordagens educacionais inovadoras. Dentre elas, a Educação Ambiental desempenha um papel fundamental para sensibilizar a população sobre a importância de preservar esses recursos hídricos (Martelli, 2019) e “surge como elemento a pensar e repensar o modelo de desenvolvimento que cause o menor impacto sobre a vida humana” (Lelis; Marques, 2021, p. 2).

Em termos conceituais, a EA é um processo educativo formal e não formal, que visa promover a conscientização, sensibilização e ação das pessoas em relação ao meio ambiente e à sustentabilidade (Dias, 2022). Seu objetivo principal é desenvolver uma compreensão holística das interações entre os seres humanos e o meio ambiente, capacitando indivíduos e comunidades a participarem ativamente na busca por soluções para os desafios ambientais. Segundo a Lei Federal Nº 9.795, Art. 1º, “Entende-se por Educação Ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (Brasil, 1999).

A EA formal refere-se àquela que ocorre no contexto dos currículos das instituições de ensino, sendo uma prática educativa integrada, contínua e permanente. Essa abordagem é identificada por ações realizadas em sala de aula, alinhadas com os projetos pedagógicos das instituições. Por outro lado, a EA não formal envolve ações e práticas educativas focadas na sensibilização e na promoção da qualidade ambiental. Caracteriza-se por atividades realizadas fora do ambiente escolar utilizando metodologias diversas e abordagens alternativas (PNEA, 1999). Assim, pode ocorrer por meio de trilhas ecológicas interpretativas, programas comunitários, parques naturais, museus e jardins botânicos (Santos, Flores; Zanin, 2012; Souza, 2014; Todorov et al., 2016).

Nesse contexto, o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) abrangerá o estudo da qualidade da água de nascente, a fim de analisar alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, como tema gerador de aprendizagem na EA não formal, a fim de proporcionar uma experiência prática de pesquisa científica, estimular o pensamento crítico e a tomada de decisões em relação ao uso e conservação dos recursos naturais.

A pesquisa adota uma abordagem teórica, prática e vivencial, aplicando conceitos químicos a situações do mundo real. Esta metodologia visa não apenas fortalecer a compreensão dos princípios químicos, mas também promover uma conexão profunda com o meio ambiente. A pesquisa destaca a importância da conservação da biodiversidade, a proteção dos recursos naturais, como as nascentes, e a adoção de práticas sustentáveis.

A justificativa fundamenta-se na necessidade crucial de proteger os recursos hídricos. As nascentes são pontos de origem de cursos d'água que fornecem água vital para ecossistemas aquáticos, sustentando uma grande diversidade de vida aquática e terrestre. Avaliar a qualidade ambiental das nascentes permite identificar ameaças à biodiversidade e tomar medidas eficazes para sua conservação. Do ponto de vista físico-químico e biológico, essa avaliação é fundamental para verificar os parâmetros de qualidade da água e identificar possíveis problemas ambientais, garantindo a sustentabilidade dos recursos hídricos para as futuras gerações.

Dessa forma, o objetivo geral será avaliar a qualidade da água da nascente do córrego São Nicolau, localizada na "Trilha da Semente Peregrina" do Instituto do Trópico Subúmido (ITS), no campus II da PUC Goiás

Especificamente, o trabalho foi dividido em duas partes. A primeira envolve a revisão bibliográfica sobre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e Agenda 2030, em especial na meta 4.7 do ODS4 que ressalta a importância da educação para promover a conscientização sobre questões ambientais, nos conceitos e princípios da EA e a importância da qualidade da água de nascentes. A segunda parte envolve a descrição da nascente, os dados da caracterização hidroambiental, os resultados e discussão das análises físico-químicas e microbiológicas dos dois pontos da nascente e as considerações finais da pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo 2 do TCC consiste em uma revisão da literatura sobre os principais eventos históricos nacionais e internacionais que contribuíram para a formulação, inserção e implementação da EA no Brasil, o conceito de Desenvolvimento Sustentável e os objetivos da Agenda 2030, as principais conferências sobre Meio Ambiente e Sustentabilidade, o conceito e princípios da EA, a breve história da criação do ITS e suas trilhas e finalmente a importância da nascente como objeto de estudo na EA.

Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica no Google Acadêmico, Scielo, revistas científicas, trabalhos científicos e livros físicos e virtuais, por meio de palavras chaves, sobre: Nascentes, Educação Ambiental, Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade, Ensino da Química e Interdisciplinaridade.

2.1 Principais eventos nacionais e internacionais sobre EA

O conceito de Educação Ambiental tem suas origens em diferentes movimentos e ideias ao longo do tempo. No século XX, por exemplo, surgiram preocupações sobre o impacto da industrialização e da urbanização desenfreada no meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas após as grandes Revoluções Industriais. Ela surge como elemento a pensar e repensar o modelo de desenvolvimento que cause menor impacto na vida humana e nos recursos naturais (Dias, 2022).

A preocupação com questões ambientais se intensificou com a publicação do livro “*Silent Spring*” (Primavera Silenciosa) da bióloga Rachel Carson em 1962, que alertou o mundo sobre os efeitos nocivos do uso de pesticidas na agricultura (Pereira, 2012). O livro influenciou a criação da Agência de Proteção Ambiental (EPA) nos Estados Unidos e inspirou movimentos ambientalistas no mundo.

A ética ambiental teve início e popularizou-se com o cientista Albert Schweitzer, agraciado com o Prêmio Nobel da Paz em 1952. Em março desse ano, a expressão “*Environmental Education*” (Educação Ambiental) foi proposta pela primeira vez na Conferência em Educação, na Grã-Bretanha, visando à formação ambiental dos cidadãos (Lelis; Marques, 2021).

Em abril de 1968, um grupo de especialistas de várias áreas se reuniram em Roma para discutir as crises atuais e futuras da humanidade. Esse grupo denominado como “Clube de Roma” foi responsável pela realização de relatórios alertando para a exaustão da natureza,

principalmente sobre as reservas naturais não renováveis e o crescimento populacional no âmbito mundial (Lelis; Marques, 2021, p.19).

Dentre os muitos movimentos, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo na Suécia em 1972, foi um evento histórico que reuniu cerca de 113 países para discutir os problemas ambientais globais (Dias, 2022). Nesta conferência surgiram as primeiras propostas para mudanças nos modelos de desenvolvimento, exploração consciente dos recursos naturais, estabelecendo objetivos, princípios, finalidades e recomendações sobre o uso sustentável. Reconheceu-se que para promover mudanças seria fundamental estabelecer programas internacionais pautados na educação, consolidando então, o termo Educação Ambiental como um processo educacional para se educar ambientalmente uma sociedade (Cascino, 2007).

Inicialmente, a EA emergiu com a disseminação de debates sobre as questões ambientais pelo mundo, para definir as suas bases conceituais. Isso aconteceu em vários encontros gerando documentos sobre seus objetivos, princípios, finalidades e recomendações. No Brasil, “a EA apresentou muitos entraves, pois as instituições da educação formal estavam restritas as características epistemológicas e filosóficas, principalmente devido aos interesses políticos ditatoriais da época e dos interesses políticos e econômicos” (Dias, 2022, p 37). Apesar dos entraves, em outubro de 1973, foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), primeiro organismo brasileiro para gestão integrada do ambiente.

Em resposta às recomendações da Conferência de Estocolmo, a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) promoveu em 1975 um encontro internacional sobre EA na cidade de Belgrado, ex-Iugoslávia, que envolveu especialistas de 65 países gerando a “Carta de Belgrado”, sobre os princípios e orientações mundiais em prol do Meio Ambiente (Dias, 2022). É lançado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) como resultado de uma rede internacional de instituições de ensino, pesquisa e órgãos governamentais para intensificar as discussões sobre EA.

Em 1977, a UNESCO e o PNUMA organizaram a Conferência Intergovernamental sobre EA em Tbilisi (Geórgia, URSS), para ampliar o seu alcance político-educativo. “A Educação Ambiental deve ajudar a aumentar a consciência sobre a interdependência econômica, política e ecológica do mundo moderno, a fim de acentuar o espírito de responsabilidade e solidariedade entre as nações”, afirma o Relatório Final de Tbilisi (UNESCO *apud* Dias, 2022, p.39).

Neste ano, no Brasil a SEMA constitui um grupo de trabalho para elaboração de um documento sobre EA. A disciplina Ciências Ambientais passa a ser obrigatória nos cursos

de engenharias. No ensino de 2º grau da época, o tema EA estava centrado em Ecologia e os professores do 1º grau desenvolveriam Projetos de Ciências Ambientais (Dias, 2022). No final da década de 70 foram criados cursos voltados à área ambiental, seminários e programas de treinamento, no sentido de formar massa crítica sobre Educação Ambiental (Brasil, 1977).

A Lei Nº 6.938 sancionada pelo presidente João Figueiredo em 31 de agosto de 1981 estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) “constituindo-se um instrumento para inserir a EA em todos os níveis de ensino e afirmando a importância e a valorização do conhecimento, tendo em vista melhoria da qualidade de vida e conservação do meio ambiente” (Lelis; Marques, 2021, p.10). Também foram criados o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Internacionalmente, em 1983, a Assembleia Geral da ONU estabeleceu a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), que teve Gro Harlem Brundtland como presidente, então primeira-ministra da Noruega, e Mansour Khalid, contribuindo para o nome final do documento. Essa comissão foi formada como resultado de uma avaliação dos 10 anos da Conferência de Estocolmo, com o propósito de conduzir audiências globais e elaborar um resultado formal das discussões (Cascino, 2007).

O produto desse esforço foi o documento "*Our Common Future*" (Nosso Futuro Comum), também conhecido como Relatório Brundtland, publicado em 1987. Esse relatório trouxe uma nova perspectiva sobre o desenvolvimento, caracterizando-o como “um processo que busca atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (CMMAD, 1988, p.46). Foi a partir desse ponto que o conceito de desenvolvimento sustentável começou a ganhar destaque.

O Relatório Brundtland evidenciou a falta de harmonia entre o desenvolvimento sustentável e os hábitos de produção e consumo. Esse destaque sublinha a urgência de estabelecer uma nova dinâmica na relação entre a humanidade e o meio ambiente. É fundamental salientar que essa abordagem não preconiza a paralisação do crescimento econômico, mas sim propõe a busca por um equilíbrio que considere tanto as preocupações ambientais, quanto as sociais.

O texto destacou questões ambientais emergentes naquela época, tais como o aquecimento global e a depleção da camada de ozônio, conceitos ainda pouco familiares naquele contexto histórico. Adicionalmente, manifestou uma profunda inquietação diante da rapidez das transformações, que excedia a capacidade das disciplinas científicas e das habilidades humanas para avaliar e sugerir soluções.

No contexto brasileiro, reafirmou-se a necessidade de desenvolver a EA em todos os níveis de ensino, conforme estabelecido no Parecer do Ministério da Educação e Cultura (MEC) Nº 226/87. Ele destacava a importância de abordar questões ambientais de forma interdisciplinar, integrando-as ao currículo escolar. Além disso, enfatizava a necessidade de promover uma consciência crítica e responsável em relação ao meio ambiente, visando à formação de cidadãos ambientalmente conscientes e engajados na preservação e na sustentabilidade do planeta (Dias, 2022).

O ano de 1988 foi marcado pela promulgação da Constituição da República Federativa do Brasil no dia 05 de outubro, contendo o capítulo VI sobre o meio ambiente e vários artigos, destacando-se o Art. 225º. Nele é reconhecido a importância de assegurar aos cidadãos um ambiente ecologicamente equilibrado. Além disso, destaca o papel do Estado em promover essa garantia, incluindo a EA como um instrumento de conscientização e formação em prol da preservação do meio ambiente e da vida humana.

Art. 225º. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. § 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público: VI - promover a EA em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente (Brasil, 1988 apud Dias, 2022, p. 429).

Com o objetivo de promover a preservação, a conservação, a fiscalização e o uso sustentável dos recursos naturais no Brasil, foi criado em 22 de fevereiro de 1989, pela Lei Nº 7.735, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Ele é responsável por executar as políticas nacionais de meio ambiente, coordenar o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e exercer o poder de polícia ambiental em âmbito federal. Neste ano, também foi criado o Fundo Nacional de Meio Ambiente, pela Lei Nº 7.797, que segundo Dias (2022, p. 46) “viria a se tornar a principal fonte de financiamento de projetos ambientais no Brasil”.

Inseridas nas transformações, a ONU declara o ano de 1990 como o Ano Internacional do Meio Ambiente. No Brasil surgem vários cursos de graduação e pós-graduação sobre Engenharia Ambiental e Sanitária, Gestão Ambiental, Ciências do Meio Ambiente, Ecologia dentre outros. O aumento de cursos na área ambiental foi impulsionado pela Resolução Nº 2 do MEC, em 15 de junho de 2012, que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para a EA (Brasil, 2012). Essas diretrizes estabeleceram princípios, fundamentos, objetivos, conteúdos, metodologias e recursos para a inclusão da EA nos

currículos escolares em todos os níveis de ensino, desde a educação infantil até o ensino superior. A portaria também define orientações para a formação de professores e gestores escolares, visando promover uma abordagem integrada e sistemática no contexto educacional brasileiro.

Nessa década, em 1992 ocorreu na cidade do Rio de Janeiro um evento global envolvendo cerca de 170 representantes de diversos países para verificar os avanços adquiridos sobre as questões ambientais desde a Conferência de Estocolmo de 1972. Várias autoridades ministeriais, chefes de Estado, representantes de movimentos sociais e membros da sociedade civil discutiram os objetivos do desenvolvimento sustentável, pautado no desenvolvimento econômico, preservação da natureza e participação da sociedade (Dias, 2022, p.48). A Rio-92 consagrou um documento conhecido como Agenda-21, ou seja, um plano de ação que orientaria o exame da situação ambiental, identificar as estratégias regionais e globais, recomendar políticas de desenvolvimento sustentável, promover a Legislação Ambiental e estabelecer um Plano de Ação para os objetivos do Milênio (Sachs, 2012).

Apesar de vários esforços para orientar as ações, metas e estratégias para a implementação da Agenda-21, o andamento dos programas ambientais no Brasil foi prejudicado pela descontinuidade dos governos. Por exemplo, o IBAMA teve em menos de três anos de criação, oito presidentes com visões diferenciadas (Dias, 2022).

No entanto, ainda na década de 90, destacam-se a aprovação em 1994 do Programa Nacional de EA no Brasil (PRONEA) e realizou-se em Berlim a Primeira Conferência das Partes para a Convenção sobre Mudanças Climáticas, resultando no Mandato de Berlim em 1995. Em maio desse ano, por meio da Portaria Nº 482, o MEC cria vários cursos técnicos em Meio Ambiente. Em 1996, a UNESCO promove em Istambul, na Turquia, a II Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos, enquanto no Brasil, o MEC elabora os novos Parâmetros Curriculares, onde o tema “Meio Ambiente” deve ser tratado como transversal nos currículos (Dias, 2022).

Em 1997, após promover vários fóruns em todo o país, o MEC realiza em Brasília a primeira Conferência Nacional de Educação Ambiental (CNEA) mobilizando educadores e autoridades de todo o país. Após dois anos, o MEC divulga os novos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) inserido a EA como tema transversal no ensino fundamental ao superior (Dias, 2022). Em termos mundiais, nesse mesmo ano, ocorre em Kyoto no Japão, a III Conferência das Partes para a Convenção das Mudanças Climáticas. As várias nações industrializadas se comprometem a reduzir os níveis de emissões de gases estufa até 2012, gerando as negociações de “créditos de carbono”.

Em 1998, o governo brasileiro promulga a Lei dos Crimes Ambientais, Nº 9605 de 12/2/98, sobre as disposições do Código Penal (Brasil, 1998). Essa Lei foi muito boicotada pelos agropecuaristas, madeireiros, mineradores dentre outros (Dias, 2022). Neste mesmo ano, em Buenos Aires na Argentina ocorreu a IV Conferência das Partes para a Convenção das Mudanças Climáticas, para avaliar os progressos da Rio-92, propondo novos prazos para a redução das emissões de gases e os mecanismos em prol do desenvolvimento sustentável. Deve-se ressaltar que nesse ano, o fenômeno *El niño* marcou as maiores inundações com chuvas excessivas e o furacão Mitch destruiu cidades em Honduras e Nicarágua.

O ano de 1999 foi marcado pelo anúncio da OMS que o estresse é a doença que mais mata no mundo, mostrando que a sociedade estava adoecendo devido às pressões do dia a dia. No Brasil, inicia-se as discussões sobre Biodiversidade e Transgênicos. Já em termos globais, o Banco Mundial, o FMI e a ONU mudam a linguagem, enfatizando que é necessário diminuir a distância entre pobres e ricos (Dias, 2022).

Os avanços no Brasil em 1999 foram a instituição da Política Nacional de Educação Ambiental pela Lei Federal Nº 9.795, no Art. 1º, que definiu EA: “Entende-se por Educação Ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (Brasil, 1999). Assim como, o Decreto Nº 3.179 que regulamentou a Lei Nº 9.605, de 12/2/1998 dos Crimes Ambientais, estabelecendo as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. A regulamentação ocorreu com um atraso de um ano e quatro meses, além de não ter despertado entusiasmo entre os ambientalistas (Brasil, 1998). A partir daí, tem-se os instrumentos necessários para impor um ritmo mais intenso da EA no Brasil.

Na década de 2000, vários eventos importantes relacionados à EA ocorreram em todo o mundo. Alguns dos principais eventos incluem a Conferência Mundial de Educação para o Desenvolvimento Sustentável em 2002, realizada em Johannesburgo, na África do Sul. Esta conferência enfocou a integração da EA no contexto mais amplo do desenvolvimento sustentável. A ONU declara o período 2005-2014 como a Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável. Esta iniciativa visava promover a integração da EA em todos os níveis de ensino e em todas as áreas do conhecimento durante uma década (Dias, 2022, p 67).

Em 2007, ocorreu em Ahmedabad, na Índia, a Conferência Internacional de Educação Ambiental, que reuniu educadores, pesquisadores e formuladores de políticas para

discutir estratégias e desafios na implementação da Educação Ambiental em todo o mundo. A ONU proclama a Década da Água (2005-2015) como iniciativa para aumentar a conscientização sobre a importância da água e promover ações para garantir o acesso universal à água potável e ao saneamento básico. A Educação Ambiental desempenhou um papel fundamental nesta iniciativa, abordando questões relacionadas à conservação da água e ao uso sustentável dos recursos hídricos.

2.2 Agenda 2030 e Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

Após 15 anos, em setembro de 2015 ocorreu a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável envolvendo cerca de 193 líderes de países que pautaram estratégias que formaram a Agenda 2030. Nesse evento histórico, os representantes comprometeram-se a trabalhar em conjunto para alcançar os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), 169 metas e 230 indicadores até o ano de 2030 (UN, 2015).

A Agenda 2030 considera a integração de políticas sociais, ambientais e econômicas. Essa agenda trata-se da continuidade da Agenda 21 e dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), como esforço global de resolver uma ampla gama de questões, desde a erradicação da pobreza até a promoção da igualdade de gênero, acesso à educação, ação climática e outros desafios globais (Sachs, 2012).

Os 17 ODS representam uma iniciativa concebida para abordar as complexas problemáticas globais, detalhadas nas 169 metas que contemplam as três dimensões, ou seja, a econômica, a social e a ambiental. Cada um dos objetivos é trabalhado como um componente integral no quadro mais amplo do desenvolvimento sustentável, englobando uma diversidade de questões interconectadas. Esses objetivos não são isolados, mas sim compreendem uma rede complexa de iniciativas destinadas a criar um impacto positivo em várias áreas. Desde a erradicação da pobreza, passando pela promoção da igualdade de gênero, garantia de acesso à educação, ação climática e outros desafios globais (Zamignan et al., 2022).

Dessa forma, o conceito de desenvolvimento reconhece a interdependência entre o bem-estar humano, a saúde do meio ambiente e a viabilidade econômica a longo prazo. Desde sua formulação, o desenvolvimento sustentável tornou-se um princípio orientador para ação global em áreas como erradicação da pobreza (ODS1), fome zero (ODS2), boa saúde e bem estar (ODS3) educação de qualidade (ODS4), igualdade de gênero (ODS5), água limpa e saneamento (ODS6), energia acessível e limpa (ODS7), emprego digno e crescimento econômico (ODS8), indústria, inovação e infraestrutura (ODS9), redução das desigualdades

(ODS10), cidades e comunidades sustentáveis (ODS11), consumo e produção sustentáveis (ODS12), combate às alterações climáticas (ODS13), vida debaixo d'água (ODS14), vida sobre a terra (ODS15), paz, justiça e instituições fortes (ODS16) e parcerias em prol das metas (ODS17).

Dentre os ODS da Agenda-2030, o ODS4 visa às questões da Educação inclusiva, equitativa e de qualidade. Neste sentido, esse trabalho se alinha com a meta 4.7 nos aspectos relacionados ao Meio Ambiente e à sustentabilidade. Essa meta ressalta a importância da educação não apenas como meio de transmitir conhecimento acadêmico, mas também como uma ferramenta vital para promover a conscientização sobre questões ambientais, sociais e de sustentabilidade (Pimentel, 2019). Isso inclui ensinar os princípios da conservação ambiental, práticas sustentáveis e respeito pela diversidade cultural e ambiental.

"Até 2030, garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessários para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável (Pimentel, 2019, p. 25)."

2.3 Plano Nacional de Educação e a Base Nacional Comum Curricular

No Brasil, os principais instrumentos de sustentação ao ODS4 são: a Constituição Federal de 1988 que garante o direito à educação como um direito fundamental de todos os cidadãos brasileiros; a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, abordando questões como a estrutura do sistema educacional, currículo, financiamento e avaliação. O Plano Nacional de Educação (PNE) que define metas e estratégias para a educação no Brasil, incluindo metas específicas relacionadas à qualidade da educação, formação de professores e inclusão; diversos programas governamentais, como o Programa Nacional de Alfabetização na Idade Certa (PNAIC), o Programa Bolsa Família, o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC), entre outros, contribuem para a promoção da educação inclusiva e de qualidade.

O PNE foi promulgado pela Lei Nº 13.005, com vigência até 2024. Ele apresenta 10 diretrizes, 20 metas e 254 estratégias específicas a serem alcançadas na educação básica (educação infantil, ensino fundamental e médio), educação superior, formação e valorização dos profissionais da educação, a educação inclusiva, a educação indígena, quilombola e do

campo, entre outras. O objetivo do PNE é promover a melhoria da qualidade da educação em todos os níveis e modalidades, garantindo o acesso, a permanência, o sucesso e a aprendizagem dos estudantes (Brasil, 2014).

Prevista no PNE, a BNCC é um documento normativo que define o conjunto progressivo de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo da Educação Básica” (Brasil, 2018, p.10). Ela norteia a padronização curricular, em termos de conhecimentos, competências e habilidades essenciais comuns em todo o país, independentemente de sua região geográfica ou contexto socioeconômico.

Por meio da integração de diferentes áreas do conhecimento e temas transversais, a BNCC promove uma abordagem interdisciplinar e contextualizada da aprendizagem, favorecendo uma visão mais ampla e integrada do mundo. Nesse contexto, a EA considerada um dos temas transversais na BNCC, integra-se com áreas do conhecimento, como Ciências da Natureza, Geografia e Ciências Humanas, possibilitando uma abordagem interdisciplinar para compreender questões ambientais complexas (Pimentel, 2019).

2.4 Qualidade das Nascentes e EA

A EA surgiu simultaneamente à difusão da discussão sobre questões ambientais globais, desempenhando o papel facilitadora no processo de conscientização e formação ambiental. Atualmente, as atividades que a caracterizam são conhecidas como instrumentos fundamentais de transformação do pensamento social-ambiental (Dias, 2022).

Partindo do princípio de que a EA é um processo contínuo e participativo que busca construir conhecimentos, atitudes, habilidades e valores relacionados ao meio ambiente, percebe-se que a EA não se limita somente ao fornecimento de informações sobre questões ambientais, mas visa promover uma compreensão profunda das interações entre os seres humanos e o meio em que vivem. Ela estimula uma consciência crítica sobre as implicações de escolhas e ações no meio ambiente, encorajando a adoção de práticas sustentáveis.

Geralmente, as práticas e atividades da EA enfrentam a ausência de planejamento e estruturação. Contudo, muitos estudos mostram que esta modalidade educacional tem se tornado cada vez mais importante como um meio de buscar apoio e participação dos diversos segmentos da sociedade em prol da conservação do meio ambiente. Nesse contexto, ela está ligada a uma abordagem educativa, pois propicia práticas educativas, envolvendo reflexões

sobre as relações entre os seres humanos com o ambiente, a fim de pensar reflexivamente e criticamente (Cascino, 2007).

Devido à sua abordagem sistêmica e prospectiva, a EA apresenta uma natureza multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar. Essa característica reflete a necessidade de integrar diferentes áreas do conhecimento para compreender e abordar questões ambientais de forma holística, considerando suas múltiplas dimensões e interações complexas (Dias, 2022). A abordagem multidisciplinar envolve a contribuição de diversas disciplinas acadêmicas para ampliar a compreensão dos problemas ambientais, enquanto a abordagem interdisciplinar busca a integração e a articulação entre diferentes áreas do conhecimento para uma análise mais completa e abrangente dessas questões. Já a abordagem transdisciplinar vai além das fronteiras disciplinares, promovendo uma visão integradora e holística que transcende os limites convencionais do conhecimento disciplinar, buscando soluções inovadoras e integradas para os desafios ambientais (Chagas, 2011).

Especificamente, a EA e a Química, quando integradas por meio do estudo das nascentes, oferecem uma abordagem enriquecedora e prática para a aprendizagem de conceitos químicos em um contexto real, investigando parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água. Martelli (2019) discute a importância da EA como forma de preservação da “nascente modelo” no município de Itapira-SP. O seu estudo procurou sensibilizar as autoridades e a sociedade para a conscientização e preservação das nascentes, focando os problemas das ações do homem em seu entorno. Silva et al. (2012) estudaram a realização de práticas educativas com nascentes em prol da EA, destacando a participação das escolas como espaços formais e as atividades em campo como espaços não formais.

Os espaços naturais são considerados verdadeiros laboratórios naturais a céu aberto, pois concentram um conjunto muito diversificado de fauna, flora e fontes naturais como as nascentes, que podem ser utilizados como recursos didáticos para o ensino de ciências. Segundo Lazarri et al. (2017, p. 162), “o conhecimento intrínseco dos espaços naturais pode representar uma possibilidade para a complementação dos conteúdos de diferentes disciplinas como Ciências Naturais (Química, Física e Biologia) bem como de outros componentes curriculares como História, Geografia e Artes devido a interdisciplinaridade associada aos mesmos”.

3. UNIDADE EXPERIMENTAL

3.1 Objeto de Estudo

A trilha da “Semente Peregrina” apresenta uma extensão aproximada de 1,47 km, desnível de 7 m e considerada nível de dificuldade técnica moderada (Figura 1). A sua nascente é classificada como perene (de fluxo contínuo) e encontra-se numa área de preservação permanente (APP), localizada no ITS, no campus II da PUC Goiás, bairro Jardim Mariliza em Goiânia/GO (Cardoso et al., 2012).

Dois pontos situados na mata foram selecionados, sendo respectivamente, um em ambiente lântico (uma poça formada próxima à nascente) e outro em ambiente lótico (uma vereda alagadiça que abastece o Córrego São Nicolau), como podem ser vistos na Figura 1. As coordenadas geográficas estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Coordenadas geográficas dos pontos amostrados.

Ponto	Latitude (GD)	Latitude (GMS)	Longitude (GD)	Longitude (GMS)
1	-16,734359	16°44'3,69" S	-49,21130	49°13'1,67" W
2	-16,735325	16°44'7,17" S	-49,215055	49°12'54,20" W



Figura 1. Mapa da Trilha Semente Peregrina. Fonte: Adélia Lima, 2024.

3.2 Caracterização Hidroambiental da Nascente

Os parâmetros de qualidade da nascente foram realizados conforme metodologia proposta por Gomes et al. (2005) e replicada por diversos autores na literatura, tais como: Oliveira et al. (2020). Foram utilizados procedimentos metodológicos de caráter exploratório e descritivo, realizados em pesquisa de campo e observação *in loco* em abril de 2024.

A caracterização consistiu na avaliação macroscópica e comparativa de alguns parâmetros (elementos-chave) *in loco* em abril de 2024, para calcular o Índice de Impacto Ambiental em Nascentes (IIAN), a fim de identificar o grau de impacto ambiental e suas consequências na nascente.

O procedimento visa a análise qualitativa do grau de proteção, atribuindo notas aos parâmetros observados, sendo eles: cor e odor da água, lixo ao redor da nascente, materiais flutuantes, espumas, óleos, esgoto, vegetação na APP, uso pela fauna, uso antrópico, proteção (cerca), áreas construídas (ver Tabela 1, p. 29). Para interpretação do IIAN, são atribuídas notas aos parâmetros, somadas e convertidas em classes de qualidade. Dessa forma, os pontos na nascente são categorizados quanto ao grau de conservação em relação aos impactos presentes.

3.3 Procedimento de coletas, amostragem e análises de água

Foram realizadas quatro coletas de água nos dias 12 e 19 de abril de 2024, sempre no período matutino, em torno de 9h. As condições meteorológicas foram registradas *in loco*.

De acordo com os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024), a média da temperatura do mês de abril de 2024 foi de 26,5°C, acima da Normal Climatológica, que é de 24,8°C. Foi registrado dez dias com chuva igual ou acima de 1,0 mm, totalizando 159,2 mm. Esse valor equivale a 16% acima do esperado que era de 137,7 mm. O maior acumulado de chuva em 24 horas foi de 76 mm no dia 5 (INMET, 2024). A Figura 2 mostra o gráfico com os dados diários das temperaturas e da precipitação (chuva) registrados em abril de 2024, em Goiânia (GO).

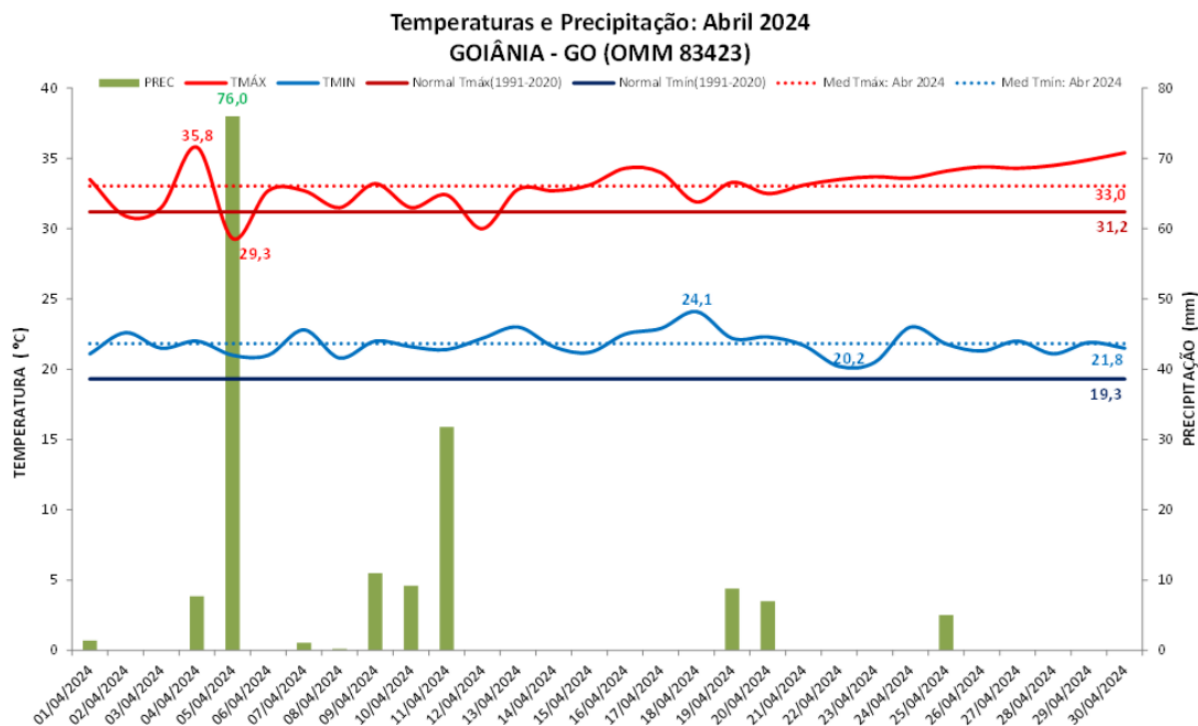


Figura 2. Temperaturas e precipitação (chuva) de abril de 2024 em Goiânia/GO e Normal Climatológica (1991 a 2020). Fonte: INMET, 2024. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Balan%C3%A7o-Goi%C3%A2nia-abril-r_2024-05-14-125833_jjtp.pdf. Acesso em: 03 de junho de 2024.

Os procedimentos de amostragem seguiram as normas da ABNT NBR 9898: 1987 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1987). Utilizaram-se frascos estéreis de polietileno de 500mL para cada coleta nos dois pontos de amostragem. Durante a coleta realizou-se a tríplex ambientação com a própria água do local amostrado. As amostras, a 24 °C, foram identificadas e armazenadas em isopor contendo sacos de gelo com polietileno e encaminhadas ao laboratório terceirizado, após uma hora da coleta. O Quadro 2 apresenta os parâmetros, equipamentos e métodos de referências nas análises de água.

Em razão dos diferentes usos da água da nascente, por exemplo irrigação do cultivos de mudas plantadas no ITS e preservação das comunidades aquáticas (classe 3), além da harmonia paisagística (classe 4), os valores encontrados nas análises foram confrontados com as seguintes normativas: Portaria de Consolidação Nº 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde, que altera o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS Nº 5/2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade; e Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente –

CONAMA, Nº 357/2005 (classes 2, 3 e 4), para verificar as condições de preservação ambiental na qual se encontra a nascente.

Quadro 2. Parâmetros analisados, metodologias e respectivos equipamentos utilizados

Parâmetro	Unidade	Equipamento	Método de Referência
Temperatura da água	° C	Termômetro digital, sem modelo	Não há
pH a 25 °C	-	Potenciômetro de bancada, Marconi, PA 200	SMWW, 4500-B, 2017
CE	µS/cm	Condutivímetro de bancada, modelo MCA-150, Alpax	SMWW, 2510-B, 2017
Turbidez	UNT	Turbidímetro de bancada, Hanna, HI 98703	SMWW, 2130 B, 2017
Dureza total	mg/L CaCO ₃	Vidrarias e reagentes	SMWW, 2340C, 2017
Cor aparente	mg Pt/L	Colorímetro de bancada, Hanna HI2300	ABNT NBR13798, 2017
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	Método gravimétrico	SMWW, 2540C, 2017
Cloro residual livre	Mg Cl ₂ /L	Kit cloro livre Hach, Cat	2105528-BR
Cloretos	mg/L	Vidrarias e reagentes	SMWW, 4500Cl, 2017
Sulfato	mg/L	Macherey-Nagel	Standard Test Nanocolor
Ferro total	mg/L	Espectrofotômetro UV/VIS, Perkin Elmer, Cary 50	AOAC, 974.27, 2019
Coliformes totais a 35 °C	/100 mL	Meio de Cultura VB (verde brilhante)	SMWW, 9223, 2017
Escherichia Coli	/100 mL	Meio de Cultura EC Medium	SMWW, 9223, 2017

Fonte: Obtido a partir do laudo do Laboratório Terceirizado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentadas a descrição do ITS e suas trilhas, os dados da caracterização hidroambiental, os resultados e a discussão das análises físico-químicas e microbiológicas dos dois pontos da nascente.

4.1 Instituto do Trópico Subúmido e suas Trilhas Ecológicas

Historicamente, em 1990, a então Universidade Católica de Goiás (UCG), juntamente com a Empresa Estadual de Ciência e Tecnologia (EMCIDEC), por iniciativa desta, convidaram um grupo de profissionais, para pensarem a criação de um centro de pesquisas ambientais para o Estado de Goiás. Com o decorrer do tempo, a ideia tomou corpo e avolumou-se no sentido de se criar um Instituto, que fosse ao mesmo tempo um centro de excelência para o Cerrado, um órgão ambientalista e que propusesse também um novo modelo de universidade, centrado em ações holísticas, integradas e multidisciplinares capaz de fomentar o advento de um novo saber. Surgia assim o ITS que agregou a estes princípios a noção de Sistema Biogeográfico dos Cerrados.

Para participar das discussões iniciais foram convidados os professores: José Carlos Avelino da Silva, Altair Sales Barbosa, Everaldo Antônio Pastore, Francisco Leonardo Tejerina Garro, Ernesto Camelo de Castro, Itaboraí Velasco Nascimento, Marcos Antônio Sperb Leite e José Ezequias. Desse grupo apenas os professores Altair Sales, Alberto José Centeno, Everaldo Pastore, José Carlos Avelino, Marco Antônio Sperb Leite com a inclusão do Prof. Padre José Pereira de Maria, assumiram e aprofundaram mais a ideia da criação do ITS.

As razões para a criação e implantação do ITS estão relacionadas ao Meio Ambiente: seu conhecimento, preservação, recuperação e organização. Em consequência, a Universidade não pode fugir a esta realidade nem a este compromisso, ao contrário deve se posicionar na vanguarda deles, tomando a dianteira da condução de um processo técnico-educativo que leve a resultados concretos.

O ITS foi concebido com o intuito de promover o conhecimento, realizar pesquisas sobre o bioma Cerrado e desenvolver atividades de EA não formal. Ele abriga inúmeros espaços de aprendizagem, dentre eles, destaca-se o Memorial do Cerrado, um complexo científico com diversas formas de ocupação do bioma e modelos de relacionamento com a natureza e a

sociedade (Figura 3). Sendo eles: o Museu de História Natural, a Vila Cenográfica Santa Luzia, a Aldeia Indígena, o Quilombo, o Espaço de Educação Ambiental Dalila Coelho Barbosa e as Trilhas Ecológicas: Semente Peregrina e Sensitiva (Santos et al., 2015).



A. Entrada do ITS.



B. Memorial do Cerrado.



C. Museu de História Natural



D. Vila Cenográfica Santa Luzia.



E. Aldeia Indígena



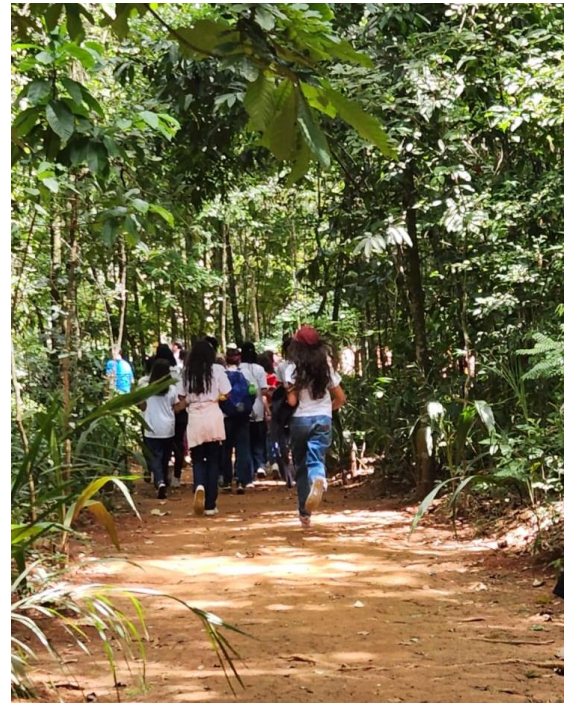
F. Quilombo

Figura 3. Imagens dos principais espaços de aprendizagens de EA no ITS.
Fonte: Débora Ribeiro e Jully Maia, 2024.

A Trilha da Semente Peregrina possui uma extensão de 1,5 km e está localizada dentro da reserva preservada de floresta tropical e de Cerrado existente na Estação Ciência São José, no ITS. É um ambiente ideal para entrar em contato com a natureza e cultivar o espírito esportivo e aventureiro. Como uma área protegida, oferece aos visitantes a oportunidade de interagir com conhecimentos relacionados ao meio ambiente. A trilha é classificada como de moderado acesso, adequada para crianças, adolescentes, jovens e adultos (Figura 4).



A. Entrada da trilha



B. Parte do percurso da trilha

Figura 4. Imagens da trilha “Semente Peregrina na entrada e no seu percurso.
Fonte: Adélia Lima, 2024.

A trilha inicia próxima à Fazenda Baraúnas e termina no espaço de EA chamado de Profa. Dalila Coelho Sales Barbosa (Figura 5). Durante o percurso, é possível ouvir o canto de pássaros e outros animais. Além disso, os visitantes têm a oportunidade de conhecer diferentes tipos de flora característicos do Cerrado (Figura 6).



A. Entrada do espaço para EA



B. Auditório para atividades em EA

Figura 5. A. Espaço de Educação Ambiental Dalila Coelho Barbosa. B. Auditório ao ar livre, com 150 lugares, e local destinado a oficinas educativas, piqueniques e recreação. Fonte: Débora Ribeiro, 2024.



A. Espécie vegetal na trilha



B. Árvores do Cerrado na trilha

Figura 6. Imagens da vegetação na trilha “Semente Peregrina.

Fonte: Adélia Lima, 2024.

A trilha Sensitiva, entretanto, é bem menor em termos de extensão (33 metros). Localizada na mata do ITS, próxima à entrada principal da Fazenda Baraúnas (espaço rural) e finalizada próximo ao caminho de acesso ao Quilombo (Figura 7). Apresenta uma estrutura com postes de fixação em ambos os lados, com alturas adequadas para adultos (1,20m) e crianças (0,80m), de acordo com a normas técnicas NBR 9050 da ABNT (Brasil, 2015). Ao longo do percurso, os participantes são expostos a uma variedade de objetos com texturas diversas, aromas e sensações variadas, enquanto são conduzidos de olhos vendados por monitores treinados, que fornecem as orientações necessárias. A trilha sensitiva tem o objetivo de despertar a conscientização ambiental dos trilheiros por intermédio da sensibilização, estimulada pelos sentidos humanos, principalmente, o tato e o olfato (Santos et al., 2015).



A. Percurso da trilha Sensitiva



B. Acesso ao espaço educativo.

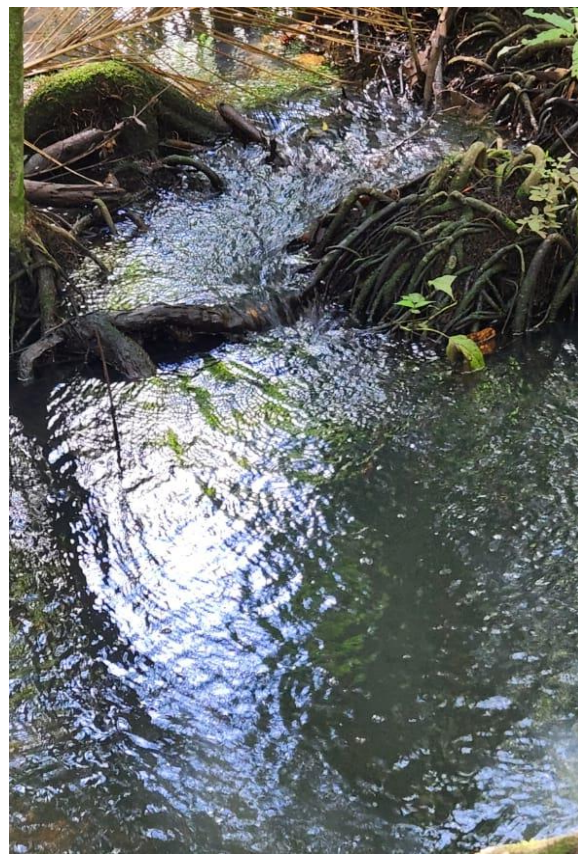
Figura 7. Imagens da trilha “Sensitiva” indicando a sua estrutura e acesso ao espaço para atividades de EA. Fonte: Adélia Lima, 2024.

4.2 Área de Estudo e Pontos de Coleta

A definição dos pontos de coleta de amostras de água na nascente do córrego São Nicolau foi fundamental na caracterização hidroambiental e qualidade da água. Foram avaliados dois pontos da nascente no percurso da trilha “Semente Peregrina”, onde encontra-se numa área de preservação ambiental. O primeiro trata-se de um ponto em ambiente lântico, que se refere a corpos de água parados ou de fluxo lento, onde a água tende a ter pouca movimentação, o que pode levar a condições diferentes de oxigenação e temperatura em comparação com corpos de água em movimento (Figura 8A). O outro ponto foi em ambiente lótico, que descreve corpos de água em movimento. Neste ambiente, a água está constantemente fluindo em uma direção definida, no caso em direção ao reservatório de água no ITS (Figura 8B). As características nesses pontos são distintas, como por exemplo uma maior oxigenação da água.



A. Ambiente lântico da nascente (ponto 1)



B. Ambiente lótico da nascente (ponto 2)

Figura 8. Pontos de coleta de amostras de água na nascente do córrego São Nicolau existente na trilha Semente Peregrina. Fonte: Débora Ribeiro, abril de 2024.

O córrego São Nicolau integra a sub-bacia do rio Meia Ponte, um dos principais afluentes do rio Paranaíba, que faz parte da Bacia Hidrográfica do rio Paraná (Cardoso et al. 2012). Malheiros et al. (2018) conduziram um estudo de revegetação da margem esquerda desse córrego, utilizando 29 espécies nativas da região, com o objetivo inicial de mitigar as áreas degradadas e os impactos ambientais. No entanto, ao final da pesquisa, a área de 6.832 m² revegetada transformou-se em um espaço multifuncional e didático, tornando-se um amplo laboratório para análises ambientais e Educação Ambiental.

Assim, a área representa um importante objeto de estudo para a caracterização hidroambiental e qualidade da água da nascente do córrego, fundamental para a construção de conhecimentos químicos voltados à conservação desse ambiente. Dentre as finalidades e características da EA, destaca-se "o enfoque educativo interdisciplinar orientado para a resolução de problemas, a integração com a comunidade, sendo permanente e orientado para o futuro" (Dias, 2022, p. 206).

4.3 Caracterização Hidroambiental

A caracterização hidroambiental da nascente constitui-se de um estudo preliminar dos parâmetros de qualidade ambiental, de natureza exploratória e descritiva, realizado por meio de pesquisa de campo e observação *in loco* no dia 12 de abril de 2024, ao término do período chuvoso em Goiânia. Nesse dia, as condições meteorológicas locais, segundo consulta no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024) indicavam um céu nublado, com temperatura de 27 °C e sensação térmica de 29 °C, umidade relativa de 72% e ventos a 5 km/h.

A água no ponto 1 (ambiente lântico) apresentou-se qualitativamente levemente turva, sem odor, espumas ou óleos perceptíveis. Não se observou a presença de esgoto ou lixo ao redor da nascente, apenas folhas e alguns galhos flutuantes na água (Figura 9A). O estado de conservação da vegetação foi considerado alto, com a nascente protegida por uma vasta mata ciliar. Houve evidências de uso por capivaras silvestres, por exemplo (Figura 9B).

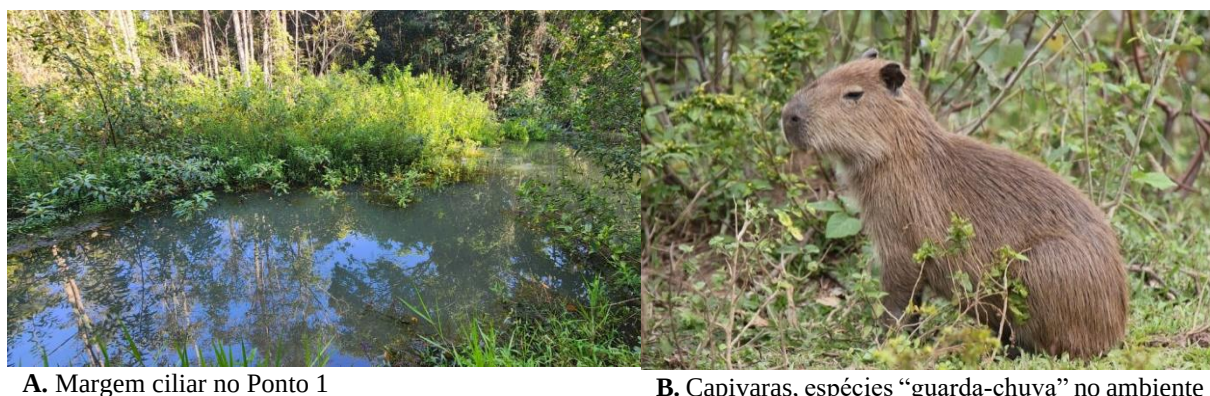


Figura 9. Mata ciliar presente no ponto 1 da nascente do córrego São Nicolau e presença de animais silvestres. Fonte: Adélia Lima, abril de 2024.

A água no ponto 2 (ambiente lótico) apresentou-se clara, sem odor evidente, espumas ou óleos na superfície. Também não havia presença de esgoto ou lixo ao seu redor, apenas alguns galhos e folhas. A vegetação ao redor é composta por uma formação vegetal de ambiente alagadiço (vereda), que é um importante subsistema do Cerrado, possuindo significado ecológico, socioeconômico, estético e paisagístico (Figura 10A). Este ponto está em uma área sombreada pela vegetação, predominando principalmente as Pindaíbas (*Xilopia emarginata* Mart), seguidas dos Buritis (*Mauritia flexuosa*). Não foi observada antropização da área nem a presença de animais. Além disso, não foram observados óleo, esgoto, lixo ou espumas. O local é protegido por uma cerca de proteção, sob uma passarela que facilita o acesso

de pessoas que visitam a trilha da Semente Peregrina. Essa passarela dá acesso ao auditório das mangueiras (Figura 10B).



A. Vegetação em torno do ponto 2

B. Passarela acima do ponto 2.

Figura 10. Vegetação presente no ponto 2 da nascente do córrego São Nicolau e presença da passarela de acesso das pessoas. Fonte: Agostinho Carneiro, abril de 2024.

A nascente no ponto 1 do córrego São Nicolau foi classificada quanto ao seu tipo como pontual, pois apresentava um fluxo d'água em um único ponto do terreno (poças). Quanto ao fluxo, no ponto 2, a água apresentava persistência de fluxo e uma quantidade de vazão considerada alta. Segundo Calheiros et al. (2009), as nascentes consistem em um afloramento do lençol freático que dá origem aos fluxos d'água da rede de drenagem. No entanto, para que uma nascente seja considerada ideal, ela deve oferecer água de boa qualidade de forma contínua ao longo do tempo e com variação mínima ao longo do ano.

Assim, realizou-se o cálculo do Índice de Impacto Ambiental em Nascentes (IIAN) para identificar o grau de impacto na água e verificar se há conformidade com a Portaria de

Consolidação Nº 05/2017 do Ministério da Saúde e Resolução do CONAMA Nº 357/2005. A Tabela 1 apresenta os parâmetros utilizados na avaliação macroscópica dos dois pontos da nascente do córrego São Nicolau.

Tabela 1. Parâmetros utilizados na caracterização macroscópica das nascentes

Parâmetro Macroscópico	Pontos na Nascente	
	Ambiente Lêntico (ponto 1)	Ambiente Lótico (ponto 2)
Cor da água	Esverdeada (2)	Transparente (3)
Odor da água	Com pouco (2)	Ausente (3)
Lixo ao redor da nascente	Ausente (3)	Ausente (3)
Materiais flutuantes (lixo na água)	Ausente (3)	Ausente (3)
Espumas	Ausente (3)	Ausente (3)
Óleos	Ausente (3)	Ausente (3)
Esgoto	Ausente (3)	Ausente (3)
Vegetação na APP	Presente (3)	Presente (3)
Uso pela fauna	Presente (1)	Presente (2)
Uso antrópico	Ausente (3)	Presente (1)
Proteção (cerca)	Presente (3)	Presente (3)
Áreas construídas	Acima de 100 metros (3)	Acima de 100 metros (3)
IIAN	32	33
Grau de preservação	Bom	Bom

Classificação: Ruim (1); Médio (2); Bom (3). Fonte: Adaptada de Oliveira et al. (2020).

Para interpretação do IIAN, as notas dos fatores determinantes para a avaliação da qualidade ambiental foram somadas e convertidas em classes de qualidade. Assim, os pontos da nascente foram categorizados quanto ao grau de conservação em relação aos impactos presentes. Segundo, Oliveira et al (2020, p. 280) elas são categorizadas em: **A** – ótimo (IIAN entre 36 e 34 pontos); **B** – bom (IIAN entre 33 e 31 pontos); **C** – razoável (IIAN entre 30 e 28 pontos); **D** – ruim (IIAN entre 27 e 25 pontos); **E** – péssimo (IIAN abaixo de 25). Ambos os pontos apresentaram IIAN nível BOM, podendo melhorar com a redução do acesso de animais silvestres, o que é uma tarefa complicada em um ambiente aberto.

Outro fator para o valor do IIAN não ter atingido o valor ótimo foi a cor levemente esverdeada da água no ponto 1, que pode ser resultado de processos de decomposição que

ocorrem no ambiente e de substâncias dissolvidas. Sua cor aparente pode ser causada por matéria em suspensão, como plâncton ou partículas suspensas. A análise de sólidos totais e em suspensão, turbidez e CE foi fundamental para o diagnóstico da cor e será discutida posteriormente.

No caso da água no ponto 2, o local é protegido por uma cerca, como pode ser visto na Figura 7B. No entanto, é possível o acesso de pessoas devido à implementação da Trilha da Semente Peregrina, que passa por esse local, incluindo a passarela que dá acesso ao auditório das mangueiras. Isso afetou o valor do IIAN para o parâmetro uso antrópico.

Um aspecto positivo observado em ambos os pontos foi a presença de uma densa cobertura vegetal. É importante ressaltar que as nascentes dependem de diversas fontes, incluindo as águas provenientes das chuvas que se infiltram no solo, abastecendo o lençol freático. Nesse sentido, a presença de uma cobertura vegetal densa é essencial para garantir que a água atinja as camadas mais profundas do solo, contribuindo assim para a manutenção do fluxo das nascentes.

4.4 Análises Físico-Químicas e Microbiológicas das águas

Foram realizadas duas coletas nos dias 12 e 19 de abril de 2024 nos dois pontos da nascente do Córrego São Nicolau (Figuras 11 e 12). Os procedimentos de amostragem, descritos no capítulo 3, seguiram as normas da ABNT NBR 9898: 1987 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1987). Esta norma fixa as condições exigíveis para a coleta e a preservação de amostras e de efluentes líquidos domésticos e industriais, e de amostras de água, sedimentos e organismos aquáticos dos corpos receptores interiores superficiais.

As amostras foram identificadas e armazenadas em isopor contendo sacos de gelo com polietileno. As análises foram realizadas *in situ*, nos laboratórios de Química e laboratórios terceirizados (apenas uma coleta por ponto). Para cada ponto foi preenchido um formulário de registro com um código de identificação próprio. As amostras foram transportadas dentro do prazo limite de tempo de preservação.

Os recipientes de coleta para análises microbiológicas consistiram de plásticos autoclaváveis, com boca larga (4 cm) para coleta de volume mínimo de 125 mL de água, os quais foram cedidos pelo laboratório terceirizado.



A.
Ponto 1 (ambiente lântico), poças
formadas próximo à nascente.

B.
Ponto 2 (ambiente lótico), uma
vereda da nascente do córrego São
Nicolau.

C.
Frasco de polietileno para
análises físico-químicas

Figura 11. Coleta de amostras para análises físico-químicas no dia 12 de abril de 2024. Fonte: Adélia Lima, abril de 2024.



A. Medida da temperatura da água
no ponto 1.

B. Embalagens para análises em
laboratório terceirizado.

C. Medida da temperatura da água
no ponto 2.

Figura 12. Coleta de amostras para análises físico-químicas no dia 19 de abril de 2024. Fonte: Adélia Lima, abril de 2024.

Os dados dos parâmetros inerentes à qualidade da água e sua conformidade com as legislações vigentes estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores dos parâmetros analisados nos dois pontos da nascente do córrego São Nicolau no período chuvoso de 2024

Parâmetros	Ponto 1 Ambiente Lótico	Ponto 2 Ambiente Lótico	Normas	
			Portaria GM/MS Nº 888	Resolução Nº 357
Temperatura da água (°C)	24,0	21,0	-	-
pH	5,88	6,55	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
CE (µS/cm)	116,41	98,72	-	-
Turbidez (UNT)	6,57	5,01	≤ 5,0	≤ 100
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	13,91	7,95	< 300	-
Cor aparente (mg Pt/L)	15	10	≤ 15	< 75
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	47,50	52,50	≤ 500	≤ 500
Cloro residual livre (mg Cl ₂ /L)	< 0,03	< 0,03	0,2 a 5,0	0,01
Cloretos (mg/L)	11,13	8,80	< 250	< 250
Sulfato (mg/L)	< 15,00	< 15,00	< 250	< 250
Ferro (mg/L)	0,19	0,23	< 0,3	< 0,3
Coliformes totais a 35 °C	Presença	Presença	Ausência/100mL	-
Escherichia coli	Presença 880,0	Presença 380,0	Ausência/100mL	≤ 1000

* As análises foram terceirizadas e realizadas apenas uma vez, portanto não há média nem desvio padrão.

A legislação que regula a qualidade da água de nascentes varia de acordo com o país e a região específica. No Brasil, por exemplo, a principal legislação relacionada à qualidade da água é a Lei Federal nº 2914/2011, que institui os procedimentos de controle e de vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu padrão de Potabilidade (Brasil, 2011). Considerando os diferentes usos da água da nascente do córrego São Nicolau, como a irrigação

do cultivo de mudas plantadas no ITS e a preservação das comunidades aquáticas (classe 3), além da harmonia paisagística (classe 4), os valores encontrados foram confrontados com as seguintes normativas: Portaria de Consolidação N° 888/2021 do Ministério da Saúde, publicada em 24 de maio de 2021, que altera o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS N° 5/2017, dispondo sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade; e a Resolução CONAMA N° 357/2005 (classes 1, 2, 3 e 4), que estabelece os padrões de qualidade da água para diversos usos, incluindo o abastecimento humano, além de verificar as condições de preservação ambiental em que se encontra a nascente.

É importante observar que as classes indicam os usos mais adequados para cada tipo de corpo hídrico e os padrões de qualidade da água a serem atendidos para esses usos. Apesar das referidas normas não estabelecerem padrões específicos para os parâmetros temperatura e CE, suas determinações foram importantes para conferir aceitação para os diversos usos da água.

A temperatura da água é um parâmetro importante para avaliar a sua influência nos processos químicos, físicos e biológicos. O aumento da temperatura da água causa mau cheiro devido à taxa de transferência de gases, tornando-a desagradável para o consumo. Alguns fatores são responsáveis pela alteração dessa variável: altitude, estação do ano, período do dia, presença de mata ciliar, fluxo da água e profundidade do manancial podem promover a variação da intensidade da temperatura. No dia 12 de abril, a temperatura ambiente estava em torno de 24,0 °C, com condições climáticas de mínima de 21,0 °C e máxima de 29,0 °C, o tempo estava nublado e com umidade relativa do ar de 67 %, segundo informações do INMET (2024). A amostra coletada no ponto 1 (ambiente lântico) estava exposta ao sol a 24°C, com baixo sombreamento da área, enquanto a amostra no ponto 2 (ambiente lótico) estava em área sombreada a 21°C, apresentando menor valor devido a presença de árvores de maior porte, que amenizam o clima.

Com relação aos resultados de pH, a amostra no ponto 1 apresentou valor abaixo de 6,0. Geralmente, baixos valores são relativos a causas naturais, como ácidos provenientes da decomposição da matéria orgânica da vegetação. Nesse ponto, observou-se a presença de muitas folhas e galhos da vegetação local (Figura 9A). No entanto, seguindo os preceitos de Reigota (2006), apesar do resultado estar um pouco abaixo (pH = 5,88) dos exigidos pelas normativas, está bem próximo do mínimo estabelecido. Essa pequena diferença torna-se aceitável por não ser capaz de afetar a saúde humana, mas necessita ser repetido para

reavaliação. No caso da amostra no ponto 2, o valor do pH foi igual a 6,57, estando dentro dos valores preconizados pelas legislações.

Os valores da CE foram baixos, sendo no ponto 1 (ambiente lântico) um pouco maior em relação ao ponto 2 (ambiente lótico), apresentando respectivamente os valores de 116,41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 98,72 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esse parâmetro indica a capacidade da água em conduzir corrente elétrica e está relacionada à quantidade de íons dissolvidos na água, principalmente íons de sais minerais como cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, entre outros (Reigota, 2006). Valores mais elevados podem indicar uma maior concentração de sais dissolvidos, o que geralmente está associado a águas mais mineralizadas. Essa medida é importante na avaliação da qualidade da água, pois pode indicar a presença de contaminação por atividades humanas, como a agricultura ou a disposição inadequada de resíduos, que podem aumentar os níveis de sais dissolvidos na água. Além disso, a condutividade elétrica também pode influenciar na disponibilidade de nutrientes para organismos aquáticos e na corrosividade da água em sistemas de distribuição (Calheiros, 2009).

A turbidez no ponto 1 apresentou valor (6,57 UNT) um pouco acima do estabelecido pela Portaria GM/MS Nº 888/2021, de 24 de maio de 2021 e no ponto 2 o valor estava no limite de apenas 5,0 UNT. Deve-se ressaltar que há 8 dias antes da data da coleta (24 de abril de 2024), não havia chovido em Goiânia (ver Figura 1, p. 19). Considerando que se trata de água não tratada, coletada no período chuvoso, os valores podem indicar contaminação por sedimentos, matéria orgânica ou outras impurezas. No entanto, o limite aceitável de turbidez pode variar dependendo do local de amostragem durante a coleta. É importante destacar que, para garantir a qualidade microbiológica da água, o padrão de turbidez deve ser monitorado (Daneluz; Tessaro, 2015). O Art. 28 dessa portaria diz que “Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez expresso no Anexo 2 e devem ser observadas as demais exigências contidas neste Anexo”.

Nos resultados microbiológicos constatou-se a presença de coliformes totais termotolerantes e *Escherichia coli* em ambas as amostras, indicando contaminação fecal. Apesar de a água não ser utilizada para abastecimento humano, a Portaria GM/MS Nº 888/2021 estabelece em seu Art. 27 que a água potável, inclusive em poços e nascentes, deve apresentar ausência de bactérias do grupo Coliformes. Em contrapartida, por não ultrapassarem 1000 NMP/100 mL, os dois pontos das nascentes atendem às exigências da Resolução CONAMA Nº 357/2005 quanto aos registros de coliformes fecais. A presença de fezes na água pode indicar a existência de microrganismos, como resíduos orgânicos de animais no solo (Oliveira et al.,

2020). Assim, no controle de qualidade da água, como foi detectado resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas e novas amostras deverão ser coletadas e avaliadas, pois os dois pontos da nascente apresentaram baixa qualidade higiênico-sanitária para o mês do estudo.

As amostras de água em ambos os pontos mostraram baixos valores da dureza total, associados principalmente aos íons cálcio e magnésio. Considerando as diretrizes da American Public Health Association (APHA), a água da nascente pode ser classificada como “água mole”, pois os valores foram menores que 70 mg CaCO_3/L . Além disso, o fato de ambos os pontos apresentarem teores adequados é uma característica desejável à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto (classe 2) e à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras (Classe 3), segundo o que preconiza a Resolução N° 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005).

Com relação à cor aparente da água no ponto 1, o valor de 15 mg Pt/L ou 15 uH (unidade Hazen) estava no limite máximo estabelecido pela Portaria GM/MS N° 888/2021. Trata-se de um ambiente lântico, onde a água apresenta movimento lento (Figura 9A, p. 31). Os parâmetros cor e turbidez são indicativos da presença de sólidos dissolvidos, em suspensão, ou material em estado coloidal. Foi observada na avaliação macroscópica a presença de materiais orgânicos (folhas em decomposição e galhos) e inorgânicos em suspensão (areia, argila) devido ao dia de coleta pós-chuva (Figura 9C, p. 31). No caso da cor da água no ponto 2, o valor de 10 mg Pt/L ou 10 uH estava dentro do estabelecido pela referida portaria. Nesse ponto, a água apresenta maior fluxo e presença visual de menor número de partículas flutuantes (Figura 10C, p. 31).

Apesar do valor da cor aparente da água no ponto 1 ter sido maior em relação a do ponto 2, o teor de ferro foi o contrário (Tabela 2, p. 32), mas as concentrações em ambos os pontos estavam dentro das legislações, ou seja, menor que 0,3 mg/L. Pesquisas demonstram que a vegetação ciliar preservada atua na redução de ferro na água (Oliveira et al., 2020).

Quanto ao teor de STD, no mês em que foram realizadas as coletas de água, os valores indicaram baixas concentrações em ambos os pontos e inferiores aos estabelecidos pelas legislações onde o limite máximo é de 500 mg/L, estando aptas para uso humano, após tratamento convencional e uso na irrigação (classes 2 e 3). Comparando com os parâmetros turbidez e cor aparente, eles não foram equivalentes, ou seja, a água no ponto 1 apresentou-se mais escura e turva em relação a do ponto 2. Isso indica que outros fatores podem estar associados, que não foram medidos como os sólidos dissolvidos e suspensos.

Apesar de a água da nascente do córrego São Nicolau não ser usada para consumo humano em termos de potabilidade, pois a água não passou pelo processo de tratamento que inclui a cloração, foi realizada a análise de cloro residual livre, uma vez que estava inserida nas análises terceirizadas. Clorar a água é uma etapa comum nos sistemas de tratamento de água urbanos e industriais, onde o objetivo é desinfetar a água, eliminando microrganismos patogênicos que possam causar doenças. Este processo envolve a adição de cloro ou compostos clorados à água, garantindo que uma quantidade residual de cloro permaneça ao longo do sistema de distribuição para manter a desinfecção (Soares et al., 2016).

As nascentes, por outro lado, são fontes naturais de água que emergem do subsolo. Elas captam a água da precipitação que se infiltra no solo e percola através de camadas de rocha e sedimentos (Calheiros, 2009). Durante esse processo natural, a água passa por uma filtragem física e química que pode remover algumas impurezas, mas não envolve a adição de desinfetantes químicos como o cloro. Como resultado, a água de nascente, ao emergir na superfície, está livre de qualquer tratamento químico, incluindo a cloração. Isso significa que não contém cloro residual livre, como mostram os resultados em ambos os pontos analisados (Tabela 2, p. 32). No entanto, é importante ressaltar que a ausência de cloro também significa que a água de nascente pode ser mais suscetível à contaminação por microrganismos, especialmente se a nascente não estiver adequadamente protegida de poluentes ambientais e fontes de contaminação fecal.

As análises de cloretos e sulfatos foram realizadas mesmo que a água da nascente não seja diretamente utilizada para consumo humano. Esses íons podem entrar em corpos d'água que abastecem o reservatório do ITS, impactando a qualidade da água. Níveis elevados de cloretos e sulfatos podem ser prejudiciais para a vida aquática e os ecossistemas, alterando o equilíbrio químico da água e afetando a flora e a fauna.

Embora cloretos em baixas concentrações geralmente não sejam prejudiciais, altos níveis podem afetar o sabor da água e, em quantidades excessivas, podem ser corrosivos para tubulações e infraestruturas. Sulfatos, em concentrações elevadas, podem conferir à água um sabor amargo e ter um efeito laxante, tornando-a inadequada para consumo humano. Assim, a monitorização desses íons é essencial para assegurar a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos (Calheiros, 2009). Os dados da Tabela 2 (p. 32) evidenciam baixas concentrações desses íons em ambos os pontos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira parte do TCC revisou o tema Educação Ambiental e os principais eventos internacionais e nacionais, destacando a evolução e a importância crescente ao longo das décadas. Desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, em 1972, até os recentes encontros globais e iniciativas nacionais, a EA tem sido reconhecida como uma ferramenta essencial para a promoção da sustentabilidade e da consciência ambiental.

No Brasil, a EA tem sido incorporada de forma progressiva nas políticas educacionais, refletindo os compromissos assumidos em eventos como a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992 e a Conferência Nacional de Educação Ambiental em 2009. Essa revisão evidenciou que a EA deve ser abordada de forma integral e interdisciplinar, visando a capacitação de indivíduos e comunidades para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos e futuros.

A segunda parte do TCC envolveu a trilha ecológica "Semente Peregrina", pertencente ao ITS da PUC Goiás, como espaço adequado para o desenvolvimento de atividades interdisciplinares de Educação Ambiental não formal, visando contribuir para a conservação da nascente do córrego São Nicolau, que abastece o reservatório de água usado como paisagismo e ambiente aquático para diversas espécies. A avaliação da caracterização hidroambiental da nascente foi fundamental para os estudos de preservação e conservação de recursos hídricos. Concluiu-se que as águas brutas dos dois pontos de captação (ambiente lótico e lêntico) não são aptas para consumo humano, pois evidenciaram a presença de coliformes totais e termotolerantes, necessitando de tratamento adequado e novos estudos na região. O estudo prévio da qualidade da água que abastece a represa foi essencial para compreender o uso da água e a importância da preservação das áreas em torno da nascente para garantir a qualidade da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 1987. Disponível em <https://supremoambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/07/nbr-n-9-897-abnt-1987-planejamento-de-amostragem-de-efluentes-liquidos-e-corpos-receptores.pdf>. Acesso em 17 de junho de 2024.
- ABNT. **NBR 9050**. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 2015. Disponível em: http://acessibilidade.unb.br/images/PDF/NORMA_NBR-9050.pdf. Acesso em 17 de junho de 2024.
- BRASIL. Secretaria Especial do Meio Ambiente. **Educação Ambiental**. Brasília, DF. 1977. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br>. Acesso em 06 de maio de 2024.
- BRASIL. Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Crimes Ambientais**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 13 fev. 1998. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em 06 de maio de 2024.
- BRASIL. Lei Nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Política Nacional de Educação Ambiental**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm. Acesso em: 10 de setembro de 2023.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, n. 12, 2011. Disponível em: 23 de março de 2024.
- BRASIL. **Lei Federal N. 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção nativa; altera as Leis N. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis N. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a medida provisória N. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 28 de maio de 2012. Acesso em: 12 de maio de 2024.
- BRASIL. **Resolução Nº 2**, de 15 de junho de 2012. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rcp002_12.pdf. Acesso em 03 de junho de 2024.
- BRASIL. Lei Nº 13.005, de 26 de junho de 2014. Plano Nacional de Educação. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/ato2011-2014/lei/l13005.htm>. Acesso em 06 de maio de 2024.
- BRASIL. **Normas e Padrões de Potabilidade das Águas destinadas ao consumo humano**. Normas Regulamentadoras Aprovadas pela Portaria GM/MS nº 888 – Diário Oficial (da República Federativa do Brasil) Brasília, de 04 de maio de 2021. Disponível em https://vsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html. Acessado em 12 de maio de 2024.
- CALHEIROS, Rinaldo de Oliveira. **Preservação e recuperação das nascentes de água e vida**. Cadernos da Mata Ciliar. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção da Biodiversidade. n. 1, São Paulo: SMA, 2009.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Caracterização da temperatura do ar no estado de Goiás e no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 11, n. 1, p.119-134, 2012.

CASCINO, Fábio. **Educação Ambiental**: princípios, história, formação de professores. 4. Ed. São Paulo: Editora Senac, 2007.

CAZOTO, J. L.; TOZONI-REIS, M. F. C. Construção coletiva de uma trilha ecológica no cerrado: pesquisa participativa em educação ambiental. *Ciência & Educação*. v. 14, n. 3, p. 575-82, 2008.

CHAGAS, Kadydja Karla Nascimento. **Por uma educação ambiental corporalizada**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2011.

CMMAD. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Lex: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em março de 2024. Acesso em: março de 2024.

DANELUZ, D.; TESSARO, D. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. **Arq. Inst. Bio.**, São Paulo. v. 82, p. 1-5, 2015.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental**: princípios e práticas. 10ª Edição atualizada, revista e ampliada. São Paulo: Gaia, 2022.

FREIRE, Paulo. **Conscientização**: teoria e prática da libertação, uma introdução ao pensamento de Paulo Freire. São Paulo: Ed. Costez & Moraes, 1980.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia – MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v.17, n. 32, p. 103-120, 2005.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Balanço de abril de 2024 em Goiânia (GO). Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Balan%C3%A7o-Goi%C3%A2nia-abril-r-2024-05-14-125833_jjtp.pdf. Acesso em: 11 de junho de 2024.

LAZZARI, G.; GONZATTI, F.; SCOPEL, J. M.; SCUR, L. Trilha ecológica: um recurso pedagógico no ensino da Botânica. **Scientia cum industria**, v. 5, n. 3, p. 161-167, 2017.

LEAL, M. S.; TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; MINGOTI, R. Caracterização hidroambiental de nascentes. **Rer. Ambient. Água**. v. 12, n. 1, p. 146-155, jan-fev 2017.

LELIS, D. A. L.; MARQUES, R. Políticas Públicas de Educação Ambiental no Brasil: um panorama a partir de eventos internacionais e nacionais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e39910716841, p. 1-21, 2021.

MARTELLI, Anderson. Educação Ambiental como forma de preservação de uma nascente modelo do município de Itapira-SP. **InterEspaço**, v. 5, n. 16, p. 01-14, jan-fev, 2019.

MALHEIROS, R.; SOUZA, H. A.; ZAMPHRONHA, V. C. Revegetação da margem esquerda do córrego São Nicolau com espécies nativas do Cerrado na área do Campus II da PUC Goiás. In: IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – IBEAS. São Bernardo do Campo/SP, de 26 a 29 de novembro de 2018, p. 1-7.

OLIVEIRA, F. R.; CECILIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; FERRAZ, F. T. Caracterização hidroambiental como indicadores de qualidade da água em nascentes. *Revista Caminhos da Geografia*. V. 21, n. 74, p. 276-294, abril 2020.

PEREIRA, Elenita Malta. Rachel Carson, ciência e coragem: Primavera silenciosa, primeiro alerta mundial contra agrotóxicos, faz 50 anos. **Ciência Hoje**, v. 50, n. 296, p. 72-73, setembro de 2012.

PIMENTEL, Gabriela Sousa Rêgo. O Brasil e os desafios da Educação e dos educadores na Agenda 2030 da ONU. *Rev. Nova Paideia – Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa*. v.1, n. 3, p. 22-33, 2019.

PNEA. Política Nacional de Educação Ambiental (1999). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1975.htm. Acessado em: 24 de setembro de 2023.

REIGOTA, Marcos. **O que é Educação Ambiental?** São Paulo: Ed. Brasiliense, Coleção Primeiros Passos, 2006.

SACHS, Jeffrey D. From millenium development goals to sustainable development goals. **Lancet**, 379 (9832), 2206-2201, 2012.

SANTOS, N. B. F.; NOGUEIRA, B.; MALHEIROS, P.; SANTANA, V. Trilha sensitiva e Educação Ambiental: uma experiência com alunos da UNAT. **Fragmentos de Cultura**, v. 25, n. 1, p. 105-114, jan/mar., 2015.

SANTOS, M. C.; FLORES, M. D.; ZANIN, E. M. Educação Ambiental por meio de trilhas ecológicas interpretativas com alunos NEEs. **Monografias Ambientais**, v. 5, n. 5, p. 982-991, 2012.

SILVA, M. M.; ALMEIDA NETTO, T.; AZEVEDO, L. F.; SCARTON, L. P.; HILLIG, C. Trilha ecológica como prática da Educação Ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** REGET/UFSM. v. 5, n. 5, p. 705-719, 2012.

SOARES, S. S.; ARRUDA, P. N.; LOBÓN, G. S.; SCALIZE, P. S. Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 119-130, jan./jun. 2016.

TODOROV, K.; PETROVA, S. NIKOLOV, B.; DYULGEROVA, I. D.; DILKOVA, D. K. **Eco-trails – an opportunity for learning outdoors close to nature. CBU International Conference on Innovations in Science and Education**. March 23-25, 2016, Prague, Czech Republic.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T. M.; ABE, D. S; ROCHA, O.; STARLING, F. **Limnologia de águas interiores: conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3ª edição revisada e ampliada. São Paulo: Escrituras. 2006, cap. 07, p. 203-240.

UN - United Nations. General Assembly. **Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development**, A/70/1, 2015. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/1654217>. Acesso em: 09 de Dezembro de 2023.

ZAMIGNAN, G.; ALMEIDA, A. C.; DA SILVA, R. G. P. GAIVIZZO, L. H. B.; SOARES, D. N.; SAITO, C. H. Agenda 2030: inter-relações sistêmicas entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, p. 543-566, jul/dez. 2022.