



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REDE NACIONAL PARA O
ENSINO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CIANOBACTÉRIAS E POLUIÇÃO DA ÁGUA: UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada por:

ROSA DE FÁTIMA SILVA ATROCH

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Paula Cruz Schneider (UFPA)

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Ataíde Malcher (UFPA)

BELÉM-PARÁ

2018

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

A882c

Atroch, Rosa de Fátima Silva.

Cianobactérias e poluição da água : uma sequência didática para o ensino de ciências ambientais / Rosa de Fátima Silva Atroch. — 2018.
vii, 57 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Maria Paula Cruz Schneider

Coorientação: Prof^a. Dra. Maria Ataíde Malcher

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

1. Educação - Ensino Fundamental. 2. Engenharia didática. 3. Eutrofização. I. Título.

CDD 372.357098115



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para o
Ensino das Ciências Ambientais

CIANOBACTÉRIAS E POLUIÇÃO DA ÁGUA: UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
AMBIENTAIS

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

ROSA DE FÁTIMA SILVA ATROCH

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Ensino em Ciências Ambientais

Data de Aprovação: 05/12/2018

Banca Examinadora:

Prof.ª Dr.ª Maria Paula Cruz Schneider
(Orientadora/UFPA)

Prof.ª Dr.ª Marianne Kogut Eliasquevici
(Membro interno/UFPA)

Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho
(Membro interno/UFPA)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rosa Tavares e João de Deus, pelo amor e apoio em todas as minhas jornadas.

Aos meus lindos e amados filhos, João Henrique e Sophia Rosa, pelos sorrisos e sapequices dignos de dois anjinhos que dão sentido à minha vida.

Ao meu querido esposo, Luibran, por estar sempre ao meu lado, me convencendo de que posso sempre mais. Pelo seu apoio, companheirismo, alegria e amor, tudo se tornou mais fácil.

Aos meus sogros Deusimar e Cosme, por terem me incentivado a participar da seleção de mestrado e me ajudado com as crianças quando eu mais precisava.

À minha orientadora Professora Dr^a. Paula Schneider, que é muito querida por mim, agradeço por ter acreditado no meu trabalho, por ter buscado meios para me ajudar e nunca ter me deixado à deriva. Agradeço pelo carinho com que me recebeu em sua equipe e por sua humanidade. Muito obrigada!

À minha coorientadora Professora Dr^a. Maria Ataide, pela vital contribuição a este trabalho, suas críticas e observações fundamentais para que este conjunto de dissertação e produto fosse possível. Agradeço por sempre ter atendido aos nossos chamados de socorro e nos tirado da completa escuridão.

À Professora Dr^a. Marianne Eliasquevici, pelas correções imprescindíveis ainda na fase de qualificação. Sou muito grata!

À pesquisadora Eliane Brabo, do Instituto Evandro Chagas, pelo treinamento de identificação de cianobactérias e por sua atenção enquanto estive no instituto.

Aos meus colegas do PROFCIAMB e do Laboratório de Genômica e Biologia de Sistemas pelos momentos de descontração ao mesmo tempo em que aprendíamos.

Aos meus amigos do grupo “tamo por aí” pelo incentivo, amizade e apoio.

À SEDUC (Secretaria de Estado de Educação-Pará) pela licença, aos diretores, coordenadores e professores das escolas estaduais de Soure, em que o estudo ocorreu, pela liberação do espaço, dos horários e das turmas para a execução da pesquisa.

Agradeço em especial aos professores que participaram diretamente do estudo, dispondo-se a contribuir mesmo tendo uma jornada tão corrida. E aos alunos que me receberam com muita alegria, não há reconhecimento mais gratificante do que o de um aluno.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Agência Nacional de Águas (ANA). Agradeço!

RESUMO

Esta dissertação descreve o processo de elaboração, implementação e validação de uma sequência didática (SD) para explorar o tema “Cianobactérias e poluição da água” com alunos do 6º ano do Ensino Fundamental. O estudo tem como objetivos propor uma sequência didática para facilitar a abordagem prática do tema por professores de Ciências para alunos do 6º ano do Ensino Fundamental, testar a SD com os docentes e avaliar a utilização da SD no processo de aprendizagem sobre o tema. Este estudo foi realizado em três escolas estaduais que oferecem o 6º ano do Ensino Fundamental na área urbana do município de Soure, Ilha do Marajó (PA), são elas: Escola em Regime de Convênio Instituto Stella Maris, Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professora Edda de Sousa Gonçalves e Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Gasparino Batista da Silva. As estratégias de ensino usadas para a formulação da SD e alcance dos objetivos de aprendizagem foram pensadas com base no modelo construtivista integrado de Martine Méheut, que está fundamentado nos conceitos de *Engenharia Didática*. As etapas de elaboração, implementação e validação da SD seguiram de acordo com a seguinte organização metodológica: 1) A análise prévia: para a definição dos objetivos e requisitos da SD foram realizadas observações *in loco* e aplicação de questionários aos professores. 2) Concepção: etapa de planejamento e revisão das atividades que constituirão a sequência didática. 3) Experimentação, implementação, validação e análise da SD: esta etapa foi dividida em validação e análise com professores, onde a SD foi apresentada aos professores em forma de oficina e avaliada a partir de uma matriz de requisitos pelos cinco professores de Ciências das três escolas estaduais presentes no município de Soure – Marajó – Pará. E experimentação, implementação e validação com alunos com aplicação de um pré-teste e um pós-teste a 43 alunos distribuídos em duas turmas do 6º ano da escola Stella Maris. Os dados foram analisados pelo método qualitativo, sendo possível concluir que a Sequência Didática elaborada foi validada como recurso aplicável às aulas de Ciências no contexto das três escolas estaduais situadas no município de Soure. Para o presente trabalho, que representa o primeiro uso da sequência didática produzida, os resultados mostraram-se satisfatórios. No entanto, não são definitivos, visto que a SD deve ser testada, revista, utilizada e validada futuramente para outros contextos.

Palavras-chave: Educação – Ensino Fundamental. Engenharia Didática. Eutrofização.

ABSTRACT

This dissertation describes the process of elaboration, implementation and validation of a didactic sequence (SD) to explore the theme "Cyanobacteria and water pollution" with 6th grade students. The purpose of this study is to propose a didactic sequence to facilitate the practical approach of the subject by science teachers to 6th grade students, to test SD with teachers and to evaluate the use of SD in the learning process on the subject. This study was carried out in three state schools that offer the 6th year of elementary education in the urban area of the municipality of Soure, Marajó Island (PA). They are: School in Agreement Regime Stella Maris Institute, State School of Elementary and Middle School Professor Edda de Sousa Gonçalves and Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Gasparino Batista da Silva. The teaching strategies used to formulate the SD and reach the learning objectives were thought based on the integrated constructivist model of Martine Méheut, which is based on the concepts of Didactic Engineering. The stages of SD elaboration, implementation and validation followed the following methodological organization: 1) The previous analysis: in order to define SD objectives and requirements, on-site observations and questionnaires were applied to teachers. 2) Conception: stage of planning and review of the activities that will constitute the didactic sequence. 3) SD experimentation, implementation, validation and analysis: this stage was divided in validation and analysis with teachers, where SD was presented to the teachers in the form of a workshop and evaluated from an array of requirements by the five Science teachers of the three state schools present in the municipality of Soure - Marajó - Pará. And experimentation, implementation and validation with students with application of a pre-test and a post-test to 43 students distributed in two classes of the 6th year of the Stella Maris school. The data were analyzed by the qualitative method, and it was possible to conclude that the didactic sequence was validated as a resource applicable to the science classes in the context of the three state schools located in Soure. For the present study, which represents the first use of the didactic sequence produced, the results were satisfactory. However, they are not definitive, since SD should be tested, reviewed, used and validated in future contexts.

Keywords: Education - Elementary School. Didactic Engineering. Eutrophication.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| AGRADECIMENTOS | iv |
| RESUMO | v |
| ABSTRACT | vi |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 6 |
| 2.1 CIANOBACTÉRIAS: CARACTERÍSTICAS, CLASSIFICAÇÃO E ECOLOGIA | 6 |
| 2.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO FACILITADORA DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM | 7 |
| 2.3 O CONSTRUTIVISMO INTEGRADO NA ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS..... | 8 |
| 2.4 TRABALHOS CORRELATOS..... | 12 |
| 3 METODOLOGIA | 15 |
| 3.1 ANÁLISE PRÉVIA..... | 15 |
| 3.2 CONCEPÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA..... | 16 |
| 3.3 EXPERIMENTAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO, VALIDAÇÃO E ANÁLISE..... | 16 |
| 3.3.1 Validação e análise com professores..... | 16 |
| 3.3.2 Experimentação, implementação e validação com alunos..... | 18 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 4.1 ANÁLISE PRÉVIA..... | 21 |
| 4.2 A CONCEPÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (PRIMEIRA PROPOSTA)..... | 24 |
| 4.3 DA VALIDAÇÃO E ANÁLISE COM PROFESSORES..... | 25 |
| 4.4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA REFORMULADA..... | 29 |
| 4.5 DA EXPERIMENTAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E VALIDAÇÃO COM ALUNOS..... | 30 |
| 5 CONCLUSÕES | 35 |
| REFERÊNCIAS | 36 |
| APÊNDICES | 40 |
| APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO | 41 |
| APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PROFESSORES | 42 |
| APÊNDICE C - MATRIZ DE REQUISITOS | 44 |
| APÊNDICE D - PRÉ-TESTE APLICADO AOS ALUNOS | 46 |
| APÊNDICE E - PÓS-TESTE APLICADO AOS ALUNOS | 47 |
| APÊNDICE F - A SEQUÊNCIA DIDÁTICA (PRODUTO EDUCACIONAL) | 48 |

1 INTRODUÇÃO

A água é condição para a existência de vida no planeta, participando das inúmeras reações bioquímicas que ocorrem no organismo. Cerca de 70% do corpo humano é composto por água, outros seres vivos, como as águas-vivas, possuem entre 95% e 99% de água em sua composição corporal (Oliveira & Molica 2017).

Aproximadamente $\frac{3}{4}$ da superfície do planeta Terra são cobertos por água, que está distribuída entre rios, lagos, oceanos e geleiras. Há ainda a água subterrânea, de significativa importância para o abastecimento humano. De toda essa água, 97% são salgadas (oceanos), restando 3% de água doce, destes, 97% são de água subterrânea. No entanto, menos de 0,1% está disponível em forma de água doce líquida para consumo. Essa pequena porcentagem é destinada para os diversos usos humanos como o uso doméstico, industrial, recreação, agricultura, indústria, hidrelétrica, entre outros. O uso inadequado da água como desperdício e poluição dos corpos hídricos resulta em diminuição da sua qualidade e quantidade disponível para consumo (Oliveira & Molica 2017).

Quando a entrada de efluentes orgânicos, como esgoto e lixo, por exemplo, é maior do que a capacidade que os ecossistemas aquáticos têm de degradá-los, o ambiente é impactado. O aumento da quantidade de nutrientes na água oriundos desses materiais orgânicos, principalmente os compostos nitrogenados, despejados é chamado de eutrofização. Nesse processo, o crescimento de microorganismos leva à redução da quantidade de oxigênio dissolvido, a turbidez da água aumenta e ocorre a morte de organismos. Por outro lado, cianobactérias (organismos microscópicos, autotróficos fotossintetizantes e procarióticos pertencentes ao domínio *Bacteria*), que têm como fonte de energia principalmente moléculas orgânicas contendo fósforo e nitrogênio, podem se multiplicar enormemente.

A Agência Nacional de Águas (ANA) monitora periodicamente a situação da água no país a partir dos dados coletados pelos estados. Os indicadores da qualidade da água definidos pela ANA são: Índice de qualidade da água (IQA), Oxigênio dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Fósforo. Segundo o último relatório “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2016”, elaborado pela agência, em contraste com os outros indicadores analisados, verificou-se que a contaminação das águas por fósforo no Brasil é um problema comum ao campo e às cidades em todas as regiões onde o indicador foi monitorado e conclui que as principais fontes de poluição hídrica por fósforo são os esgotos domésticos, no meio urbano, e o uso de fertilizantes, no meio rural.

Vale ressaltar que, quando presentes em águas superficiais (de rios, lagos, lagoas, etc.) eutrofizadas, que contenham principalmente grandes quantidades dos elementos fósforo (P) e

nitrogênio (N), as cianobactérias podem se multiplicar excessivamente, passando de umas poucas centenas de células por litro para milhões por litro, configurando-se em um fenômeno chamado de floração ou *bloom*, deixando a água com aspecto esverdeado e com cheiro desagradável o que a torna imprópria para consumo (ANA 2016).

Uma ampla variedade de metabólitos é produzida pelas cianobactérias, suas funções naturais ainda são desconhecidas, mas sabe-se que têm a capacidade de afetar outros organismos. Algumas espécies produzem metabólitos tóxicos (chamados de cianotoxinas) que podem provocar danos à saúde humana. As cianotoxinas formam um grupo de substâncias químicas diverso, com mecanismos tóxicos específicos em vertebrados que variam de hepatotóxico, neurotóxico e dermatotóxico à inibição da síntese de proteínas (Carmichael 1988, Sivonen 1996). Em humanos, a contaminação por cianotoxinas pode ocorrer diretamente por ingestão, inalação, contato dérmico e de forma intravenosa (Vasconcelos, 2001). Elas também se acumulam ao longo da cadeia trófica (bioacumulação), produzindo uma variedade de sintomas de intoxicação e efeitos crônicos de difícil diagnóstico e prevenção, com registros de alta mortalidade de peixes e animais domésticos (Bittencourt-Oliveira 2003).

Diante das consequências visualizadas pela poluição dos corpos hídricos e exposição da população às cianobactérias e suas toxinas, observa-se a relevância do ensino eficaz da temática “Poluição da água e Cianobactérias”, sendo a Sequência Didática (SD) o recurso para o desenvolvimento da abordagem do tema. Dessa forma os estudantes podem refletir criticamente sobre a problemática, bem como sobre algumas questões sociais e sanitárias tanto do país quanto locais. De acordo com Zabala (1998), a Sequência Didática é tida como uma série de atividades sistematizadas que abordam determinado tema a ser desenvolvido com os alunos. Tais atividades de cunho pedagógico são relacionadas entre si, desenvolvidas por etapa e têm como objetivo o entendimento acerca de um tema.

Os desafios do magistério são grandes, especialmente quando se olha o nicho da rede pública de ensino equipada com instituições, via de regra, sucateadas, em que o cotidiano de discentes e docentes caracteriza-se por aulas seguidas de outras aulas, elaboração e correção de provas e trabalhos, formulação de aulas, carga horária extrapolada, estrutura física das escolas em condições de abandono, além de alunos muitas vezes desmotivados. Silva & Souza (2013) afirmam que os dados apresentados nos levantamentos do Censo Escolar de 2011 revelam a ausência, em grande parte das escolas públicas do país, de estrutura – infraestrutura física e recursos – adequados ao desenvolvimento da aprendizagem dos alunos e do trabalho do professor. Os autores complementam que, além dos desafios relativos à

dimensão infraestrutural, existem outros desafios, que envolvem uma dimensão pedagógica de formação docente, de planejamento e de coordenação dos processos escolares.

No município de Soure – Marajó, estado do Pará, onde essa realidade é fortemente presente, os docentes envolvidos neste trabalho relataram, durante a pesquisa, ter que trabalhar na elaboração e correção dos trabalhos e provas, bem como no planejamento das aulas em espaços fora da escola, em todos os casos, o local apontado foi a própria casa destes. Os relatos são pertinentes, visto que, em observação nas escolas e durante minha atuação docente, não houve registro de um momento na escola destinado exclusivamente a esses fins, as aulas. Tal situação, por vezes, induz à utilização do livro didático como único programa a ser seguido durante o ano todo, por falta de tempo livre a ser destinado ao planejamento das aulas. O que dizer então da dificuldade que estes mesmos professores enfrentam para ir além das suas metodologias? Da dificuldade que encontram para organizar atividades interativas e contextualizadas com o ambiente em que a escola e os alunos estão inseridos?

Não é tarefa simples orientar os alunos a perceber a relação do conhecimento científico com o mundo material e encaminhá-los para a formulação de um conhecimento que envolve suas vivências e o saber a ser aprendido. A relação que os alunos têm com o ambiente natural, por exemplo, envolve muitas interfaces a serem exploradas didaticamente. É necessário sistematizar o conhecimento de diversas áreas para abordar uma temática ambiental, visto que as Ciências Ambientais envolvem aspectos sociais, econômicos, ecológicos, biológicos e diversos outros que são necessários para a compreensão plena do que se discute (CAPES 2016).

Para discutir a questão da poluição da água e Cianobactérias, por exemplo, há a necessidade do envolvimento de várias áreas do conhecimento. Utiliza-se a Física, para explicar as propriedades físicas da água; a Química para detalhar a composição da água, a formação dos metabólitos produzidos pelas cianobactérias e os compostos orgânicos despejados no ambiente; a Gestão Ambiental e dos Recursos Hídricos para discutir as funções do poder público na manutenção de um ambiente de qualidade; a Educação Ambiental para refletir sobre a responsabilidade ambiental de cada um e da própria escola; e a Ecologia para esclarecer os processos de interação entre as alterações ambientais e as suas consequências para os seres que habitam o ambiente aquático.

No âmbito das Ciências Ambientais, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências Naturais trazem orientações para esse trabalho interdisciplinar, mais especificamente no eixo “Vida e Ambiente”, cujo objetivo é promover a ampliação do conhecimento sobre a diversidade da vida nos ambientes naturais ou transformados pelo ser humano, tendo em vista a criticidade acerca das relações homem/natureza. Apoiados nos PCN, os livros didáticos de

Ciências Naturais do 6º ano abordam os conteúdos relacionados à água, seus usos e os problemas ambientais oriundos da deficiente gestão dos recursos hídricos e da tensa relação entre as atividades humanas e o ambiente natural.

O livro didático tem grande importância no desenvolvimento de uma aula, mas não deve ser utilizado como único recurso pelo professor. Rosa & Santos (2013), consideram que nos dias atuais outras ferramentas para o ensino e aprendizagem das Ciências surgiram e o professor deve saber fazer uso delas. De acordo com os autores, o livro didático tem que dar lugar a esses novos instrumentos e formas de trabalho, sem, necessariamente sumir da sala de aula. Concluem que um professor, cuja aula se inicia e se encerra no livro didático, está esgotando as possibilidades – e nem sempre fazendo bom uso delas – para ensinar Ciências aos seus alunos.

Em geral, a temática da poluição da água é desenvolvida na sequência em que o livro didático traz, com explicações orais do professor, atividades de fixação, trabalhos e provas que devem avaliar a assimilação do conteúdo. O aluno assimila aquele conteúdo para passar adiante, mas verifica-se que ele não se vê como parte do processo que está sendo apresentado a ele e tem dificuldades em transformar as informações em conhecimento concreto. Nesse sentido, a Sequência Didática surge neste trabalho como uma necessidade acumulada durante meus seis anos de docência na rede pública do estado do Pará, necessidade que é compartilhada com outros professores que fazem parte da mesma realidade. Para trabalhar a problemática da poluição da água nas aulas de Ciências, de forma que não seja o professor a dar as soluções para os problemas da sociedade em que o aluno se encontra, são necessárias estratégias bem planejadas. O assunto precisa ser trazido para a realidade do aluno, permitindo com que ele faça parte da construção do próprio conhecimento. Para isso, a SD propõe uma série de atividades em que o aluno seja o protagonista de sua aprendizagem, levando em consideração a sua realidade e não somente a do livro didático.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral propor uma sequência didática para facilitar a abordagem prática do tema “Poluição da água e cianobactérias” por professores de Ciências para alunos do 6º ano do Ensino Fundamental. Para tal, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- 1) Testar a SD sobre o tema “Poluição da água e cianobactérias” com os docentes de Ciências do 6º ano do Ensino Fundamental em escolas estaduais do município de Soure – Marajó – Pará.

2) Avaliar a utilização da SD no processo de aprendizagem sobre o tema “Poluição da água e cianobactérias” com os discentes de 6º ano das escolas estaduais do município de Soure – Marajó – Pará.

Para alcançar os objetivos propostos, a metodologia do trabalho estruturou-se da seguinte maneira:

1) A análise prévia: para a definição dos objetivos e requisitos da SD foram realizadas observações *in loco* e aplicação de questionários aos professores, para apurar os aspectos didáticos (como a relação entre os alunos e a aula, a dinâmica das escolas e sua infraestrutura).

2) Concepção: etapa de planejamento e revisão das atividades que constituirão a sequência didática.

3) Experimentação, implementação, validação e análise da SD: esta etapa foi dividida em validação e análise com professores, onde a SD foi apresentada aos professores em forma de oficina e avaliada a partir de uma matriz de requisitos pelos cinco professores de Ciências das três escolas estaduais presentes no município de Soure – Marajó – Pará. Na matriz foram avaliadas 5 dimensões e 16 aspectos da SD. E experimentação, implementação e validação com alunos em que foi realizada a aplicação de um pré-teste e um pós-teste a 43 alunos, distribuídos em duas turmas do 6º ano da escola Stella Maris, para avaliar a utilização da sequência no processo de aprendizagem.

Esta dissertação está estruturada em cinco partes:

A introdução, em que se apresenta a problemática, a relevância do tema, a questão central do trabalho, os objetivos e uma breve descrição da metodologia.

O referencial teórico adotado, importante para esclarecer as bases teóricas acerca do tema da pesquisa e apresentar trabalhos correlatos contribuindo também para a discussão dos resultados.

A metodologia utilizada na elaboração, implementação e validação da SD.

Os resultados da elaboração da SD, sua avaliação pelos professores e sua aplicação com os alunos.

As conclusões do trabalho com as considerações finais baseadas na análise dos capítulos anteriores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão abordadas as bases teóricas do trabalho, começando com as características, classificação e ecologia das cianobactérias que fazem referência ao tema e à problemática da poluição da água. Em seguida o texto faz a relação entre a temática e a sequência didática (SD) como uma estratégia metodológica para a introdução do tema em sala de aula. Por fim são apresentadas os fundamentos teóricos utilizados na concepção da sequência didática e as etapas de implementação, bem como de validação da SD a partir dos moldes da engenharia didática.

2.1 CIANOBACTÉRIAS: CARACTERÍSTICAS, CLASSIFICAÇÃO E ECOLOGIA

As cianobactérias são organismos antigos, tendo sido registrados desde o Pré-cambriano, há mais de 2,5 bilhões de anos, a partir de microfósseis semelhantes a tipos de cianobactérias atuais, supondo-se, assim, que a existência desses organismos data desse período (Schopf 1970, 1993, 2012). Além disso, evidências apontam que a fotossíntese oxigenada na Terra tenha ocorrido ainda na era Arqueana (Olson 2006). Tais fatos apoiam a relação entre o surgimento das cianobactérias e a formação da atmosfera da Terra, sustentada até hoje pela atividade fotossintética desses organismos.

Inicialmente as cianobactérias foram classificadas, segundo os padrões botânicos de classificação. Com a descoberta da característica procariótica desses organismos, elas passaram a ser regidas também pelos padrões bacteriologistas (Stanier *et al.* 1978). Elas são caracterizadas como organismos autotróficos fotossintetizantes e procarióticos pertencentes ao domínio *Bacteria*. Algumas são unicelulares, outras formam filamento ramificado e raras espécies formam placas ou colônias irregulares. Muitas cianobactérias apresentam uma mucilagem que mantém grupos de células ou filamentos unidos, algumas espécies aquáticas podem apresentar vesículas gasosas/aerótopos para flutuabilidade, outras espécies de cianobactérias possuem células especializadas maiores, chamadas de heterocitos e há ainda cianobactérias que formam esporos resistentes chamados acinetos.

As adaptações das cianobactérias permitem que colonizem uma grande variedade de *habitats*, tanto ecossistemas naturais como humanos gerenciados, além de ambientes extremos, como desertos quentes e frios, ambientes hipersalinos e fontes termais com temperaturas acima de 70°C (Ward & Castenholz 2000). Estão distribuídas em ambientes terrestres e aquáticos (doce e salgado), encontrando-se também em simbiose com muitos organismos (Bergman *et al.* 2007). Estudos apontam que a endossimbiose tenha sido responsável pelo desenvolvimento do reino vegetal inteiro (Sagan 1967).

O grupo das Cianobactérias é muito mais diversificado morfológicamente do que qualquer outro grupo dentro dos organismos procariotos, de modo que sua taxonomia ainda é largamente baseada em caracteres morfológicos. No entanto, a informação da sequência molecular está ganhando cada vez mais importância na classificação das cianobactérias (Wilmotte & Herdman 2001).

A classificação atual das cianobactérias inclui a abordagem polifásica que tem suas bases nas análises moleculares, morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e ecológicas. De acordo com a abordagem polifásica, Anagnostidis & Komárek (1985) tentam conciliar o sistema botânico e bacteriológico e propõem quatro ordens (*Chroococcales*, *Nostocales*, *Oscillatoriales* e *Stigonematales*), subdivididas em famílias, subfamílias, gêneros e espécies (Komárek 2005).

O trabalho taxonômico baseado unicamente em caracteres moleculares ou em caracteres morfológicos tem capacidade limitada para reconhecer a importância ecológica de diferentes genótipos, a variabilidade morfológica *in situ*, os processos de adaptação em andamento e a origem contínua de novos ecotipos e morfotipos de cianobactérias. Portanto, a combinação de abordagens moleculares e morfológicas para a taxonomia moderna das cianobactérias é essencial (Komarek 2006).

2.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO FACILITADORA DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Inicialmente as Sequências Didáticas (SD) estavam ligadas ao estudo do gênero textual em língua portuguesa, no entanto, sua aplicabilidade se estende a todas as áreas de conhecimento. O termo surgiu no Brasil, em 1997, nos documentos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Barros *et al.* 2014).

A Sequência Didática caracteriza-se por uma série de atividades sistematizadas que abordam determinado tema a ser desenvolvido com os alunos. Tais atividades de cunho pedagógico são relacionadas entre si, desenvolvidas por etapas e têm como objetivo o entendimento acerca de um tema (Zabala 1998, Vargas & Magalhães 2011).

Uma SD é desenvolvida em etapas encadeadas entre si, tendo inseridas nessas etapas diversas atividades com a utilização de estratégias múltiplas, como experimentos, produção de texto, leitura, aula de campo ou dialogada, etc. Pelo menos três modalidades de atividades podem ser elencadas, segundo Barros-Mendes & Teles (2012), que promovem ações didáticas diversificadas e que resultam em uma aprendizagem significativa: atividades exploratórias, que possibilitam novas aprendizagens por meio do levantamento dos conhecimentos prévios;

de sistematização, direcionadas ao aprofundamento dos conhecimentos a serem adquiridos; e avaliativas, que possibilitam a mobilização de vários saberes construídos.

Méheut & Psillos (2004) afirmam que as sequências didáticas orientadas para ensino da ciência possibilitam uma ligação estreita entre o ensino proposto e a aprendizagem esperada dos alunos, podendo ser tanto uma atividade de investigação quanto de intervenção que inclui atividades de ensino-aprendizagem. Assim, quando se projeta uma *Teaching-learning sequences* (TLS) que, em português significa Sequência de Ensino Aprendizagem, ou Sequência Didática, deve-se levar em consideração questões como a concepção de ensino-aprendizagem (a forma de pensar no ensino-aprendizagem), a abordagem de situações problemas, as concepções dos alunos sobre o tema, as limitações pedagógicas da escola, as interações professor aluno (e também aluno-aluno), o papel do professor, entre outras questões relevantes para uma aprendizagem significativa a partir da Sequência Didática.

O conceito de aprendizagem significativa, estabelecido por Ausubel (1963), se reporta a uma aprendizagem em que o indivíduo consegue relacionar de maneira substantiva, ou seja não literal, e não arbitrária, a nova informação com uma estrutura de conhecimento integrante de sua estrutura cognitiva prévia. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito (Moreira *et. al* 1997).

2.3 O CONSTRUTIVISMO INTEGRADO NA ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

A seguir, a ilustração na Figura 1, apresenta um modelo simples sobre as situações de ensino-aprendizagem, elaborado por Méheut & Psillos (2004), que envolve quatro componentes: professor, aluno, mundo material e conhecimento a ser desenvolvido. Segundo os autores, essa representação permite organizar várias considerações que podem ser colocadas em jogo ao projetar uma SD. O eixo vertical representa uma dimensão epistêmica, isto é, como o conhecimento funciona em relação ao mundo material. Ao longo desse eixo, são abordadas premissas sobre métodos científicos, bem como sobre os processos de elaboração e validação do conhecimento científico. O eixo horizontal representa a dimensão pedagógica, que diz respeito ao papel do professor, os tipos de interação entre professores e alunos, e perto do vértice "alunos", podendo-se colocar o que se espera sobre as interações entre os alunos. Assim, duas abordagens são caracterizadas na concepção das sequências didáticas de aprendizagem: a abordagem pedagógica e a abordagem epistêmica.

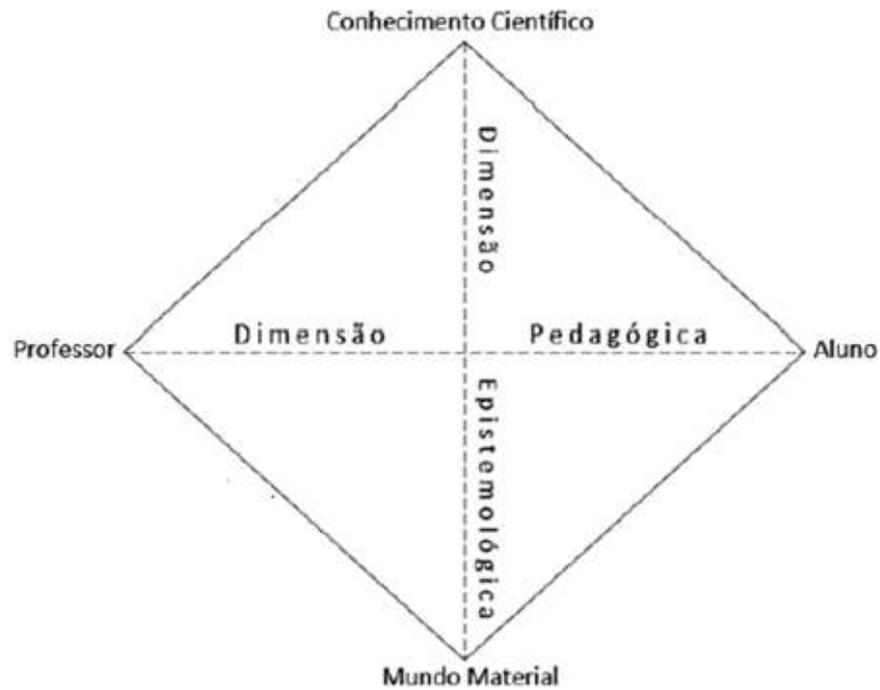


Figura 1- Losango didático que envolve quatro componentes: professor, aluno, mundo material e conhecimento a ser desenvolvido. Fonte: Méheut & Psillos (2004), retirado da apresentação dos professores Edson Wartha & Erivanildo da Silva (2017).

O losango da Figura 1 evidencia as relações presentes no eixo vertical (dimensão epistemológica) e no eixo horizontal (dimensão pedagógica). Entre os eixos podemos complementar ainda com as diversas relações que existem entre os componentes dos vértices do losango, resultando na integração das duas dimensões. Tal integração caracteriza o que Méheut (2005) denominou de *Construtivismo integrado*. Na abordagem “construtivista integrada”, as dimensões epistemológica e pedagógica são levadas em consideração no processo de ensino-aprendizagem. Assim, a atenção é dada não só à dimensão epistêmica, mas também ao “pedagógico”. Aos alunos é dada uma grande atenção, sendo consideradas suas concepções, seus próprios modos de raciocínio e (às vezes) dimensões motivacionais das situações de ensino-aprendizagem (Méheut 2005). A Figura 2 ilustra a integração das vertentes construtivistas pelo construtivismo integrado, interligando as dimensões pedagógica e epistêmica na elaboração de uma SD.

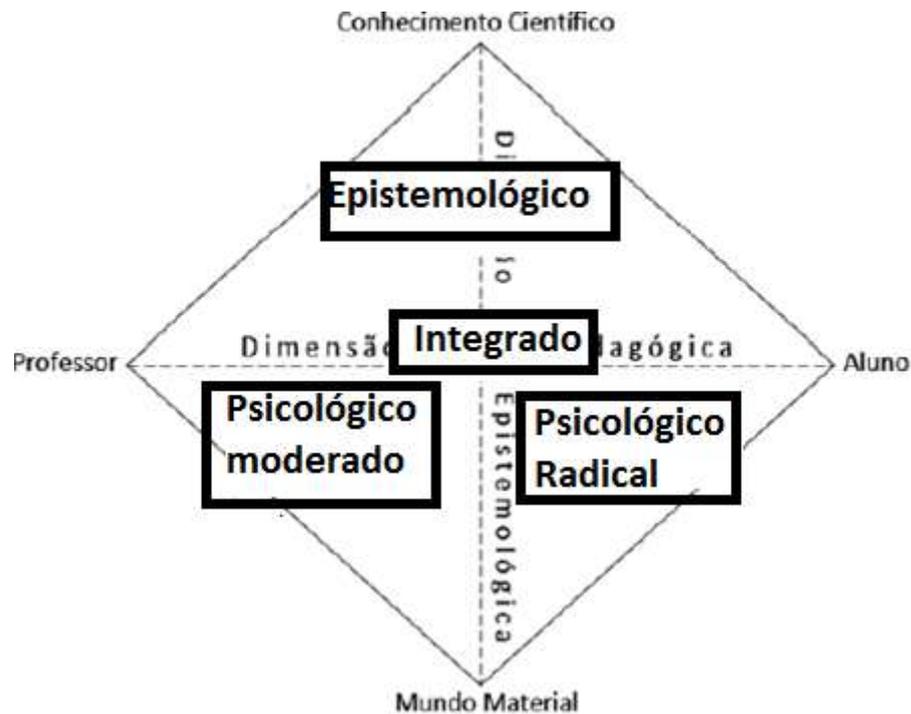


Figura 2 – Losango didático mostrando a integração das vertentes construtivistas pelo construtivismo integrado, interligando as dimensões pedagógica e epistêmica na elaboração de uma SD. Fonte: Méheut & Psillos (2004), retirado da apresentação dos professores Wartha & Erivanildo da Silva (2017).

Segundo Méheut & Psillos (2004), de acordo com o *Construtivismo Psicológico radical*, os estudantes são responsáveis por formular e resolver seus próprios problemas, sendo eles mesmos os orientadores de seus processos de aprendizagem; para o *Construtivismo Psicológico moderado*, o professor é responsável pela elaboração dos problemas a serem resolvidos, enfatizando a natureza epistemológica dessa corrente que consiste na "desestabilização" das primeiras ideias dos alunos; já o *Construtivismo Epistemológico* parte do uso de analogias e resolução de problemas descritivos, em que o novo conhecimento surge para resolver problemas (considerando o conflito cognitivo). De acordo com Méheut (2005), todas as vertentes citadas tendem ao *epistemológico*, sem prestar muita atenção aos professores e aprendizes ou ao *pedagógico*, deixando de lado o papel desempenhado pelo professor e o conhecimento a ser desenvolvido.

Nesse sentido, o construtivismo integrado surgiu a partir de críticas às diversas vertentes do construtivismo como o *Construtivismo Psicológico radical*, o *Construtivismo Psicológico moderado* e o *Construtivismo Epistemológico*, que não integram as dimensões epistemológica e pedagógica. De acordo com Méheut & Psillos (2004), na dimensão epistêmica, são considerados os processos de elaboração da SD, bem como os métodos e validação do conhecimento científico, que devem significá-los com relação ao mundo real. Já

na dimensão pedagógica são considerados as concepções, representações e o raciocínio espontâneo do aluno, bem como a interação professor-aluno e aluno-aluno.

Nas análises de Méheut (2005), o construtivismo integrado apoia-se em estruturas metodológicas gerais, como, por exemplo, a "Abordagem de problematização" e "Reconstrução Educacional". Também são considerados os princípios de "*Ingenierie Didactique*" (Engenharia Didática), desenvolvido por pesquisadores de educação matemática.

Segundo Giordan *et al.* (2011), no âmbito nacional, as Sequências Didáticas têm sido fundamentadas, na linha francesa da Engenharia Didática, sendo os trabalhos orientados por essa linha investigativa concentrados principalmente no Ensino de Matemática e de Ciências.

O conceito de Engenharia Didática surgiu na didática da matemática no início da década de 1980, com o objetivo de rotular o termo como uma forma de trabalho didático semelhante ao trabalho do engenheiro, não sendo, portanto, ramo de pesquisa e sim um instrumento para a pesquisa em educação. Assim, essa rotulagem é vista como a maneira de abordar duas questões cruciais, dado o estado de desenvolvimento da didática da matemática na época: 1) a relação entre pesquisa e ação no sistema educacional; 2) o papel que deve ser desempenhado por "realizações didáticas" na sala de aula, dentro das metodologias da pesquisa didática (Artigue 1996).

Méheut & Psillos (2004) propõem caminhos para a elaboração de uma sequência didática e sugerem três dimensões principais para análises *a priori*, apoiadas nas ideias de Engenharia Didática de Artigue (1996):

- Uma "dimensão epistemológica", que analisa os conteúdos a serem aprendidos, os problemas do mundo material que podem responder à sua gênese histórica;
- Uma dimensão "psicocognitiva", que analisa as características cognitivas dos estudantes, é relativa à investigação dos conhecimentos dos alunos;
- Uma dimensão "didática", que analisa os constrangimentos devidos ao funcionamento da instituição docente, como programas, horários, Projeto Político Pedagógico, entre outros.

Essas análises *a priori* são entrelaçadas para definir os "problemas" a serem administrados pelos alunos e iniciar o processo de elaboração de conhecimento, tendo estes como ponto de partida (*Abordagem Problematizadora* de Piet Lijnse). Esta se caracteriza pela importância dada ao conteúdo da Ciência, com o propósito de relacioná-lo às ideias cotidianas dos alunos, sendo suas concepções utilizadas no processo de reconstrução do conhecimento. Assim, os conteúdos devem ser analisados na perspectiva de como ensinar aos alunos. A ênfase de uma abordagem problematizadora é em trazer os estudantes em uma posição tal que

eles próprios vêm para ver o ponto de estender seus conhecimentos conceituais, experiências e sistema de crença em certa direção (Artigue 1996).

A formulação do novo conhecimento, de acordo com a *Reconstrução Educacional*, de Kattmann *et al.* (1995), emerge da reformulação do conhecimento científico a partir do que os estudantes sabem. De acordo com a *Reconstrução Educacional*, uma comparação dos itinerários cognitivos efetivamente observados com os preditos pode validar ou desafiar as hipóteses envolvidas na construção de situações de aprendizagem. Quanto à *Ingenierie Didactique* (Engenharia Didática), é dada grande atenção à análise do conhecimento científico posta em prática, de um lado, e às dificuldades de aprendizagem, às concepções dos alunos e às formas de raciocínio, por outro (Méheut 2005).

Terminado o processo de elaboração de uma SD, é chegado o momento de experimentá-la e analisá-la *a posteriori*. De acordo com Duit *et al.* (2012), esta é uma etapa de análises, visando a possíveis correções e reformulações, para construir um conjunto de informações que venham a ser analisadas e comparadas com as realizadas *a priori*, a fim de verificar a eficácia da SD (Sequência Didática).

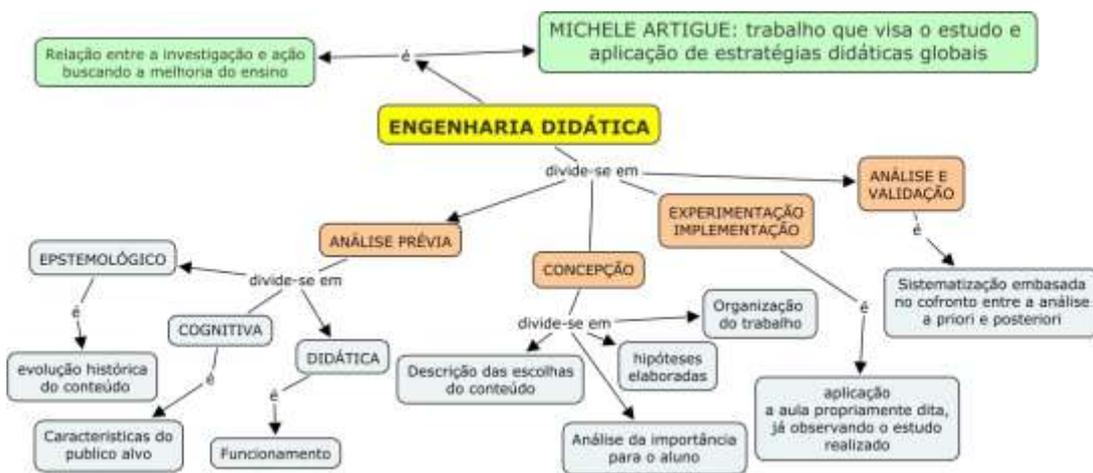


Figura 3- Mapa conceitual da Engenharia Didática. Fonte: Silva (2010)

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

A metodologia de trabalhos sobre a elaboração de sequências didáticas estruturada a partir da engenharia didática está presente em diversos estudos nas áreas de matemática e ciências naturais, por exemplo. A seguir algumas pesquisas realizadas à luz da engenharia didática são apresentadas.

Silva (2015) realizou pesquisa com produção de SD para educação matemática a partir da formação de professores utilizando o caminho metodológico proposto pela engenharia didática, seu percurso metodológico foi dividido da seguinte forma:

Primeira fase: composta dos estudos preliminares onde foi realizado o estudo do objeto matemático a partir de pesquisas bibliográficas. Nesta etapa também foi traçado o perfil dos professores.

Segunda fase: fase identificada pela autora como de concepção e análise a priori das situações didáticas. Esta fase consistiu na construção da SD, com análise das atividades propostas na sequência.

Terceira fase: identificada pela autora como a fase de experimentação, onde houve a aplicação da SD produzida com os professores e alunos.

Quarta fase: segundo a autora esta é a fase de análise *a posteriori* e validação onde foram realizadas análises dos dados coletados.

Como resultado deste trabalho a autora observou que a união entre a formação dos professores e a pesquisa possibilitou a reflexão dos mesmos sobre sua prática e citou, no que diz respeito à pesquisa, que houve dificuldade de realizar a análise *a posteriori* à luz da engenharia didática, no entanto esta aliada à prática proporcionou a ampliação dos estudos sobre a prática docente.

O estudo de Santos (2017) permitiu frisar o desenvolvimento metodológico da Engenharia Didática que justifica e encoraja sua utilização para a área da aprendizagem Matemática e foi centralizado nas razões trigonométricas (seno, cosseno e tangente) no triângulo retângulo, com a aplicação dos pressupostos teóricos das Inteligências Múltiplas. Assim estruturou-se nas bases metodológicas da engenharia didática da seguinte maneira: Nas análises *a priori* com levantamento bibliográfico sobre o tema, avaliação diagnóstica com alunos e observação do trabalho do professor na abordagem do tema trigonometria. Construção da SD a partir de debates e atividades com os alunos seguida da fase de implementação da experimentação com a aplicação da SD com os alunos.

Por fim, foi realizada a análise *a posteriori* e validação da experimentação a partir do estudo da aplicação e confronto entre as análises *a priori* e *a posteriori* com validação resultante destas, mostrando-se a SD satisfatória no âmbito da engenharia didática.

Zborowski & Pigatto (2018) investigaram a contribuição da engenharia didática como metodologia para o ensino do conteúdo cadeias alimentares, nos anos iniciais do ensino fundamental e sistematizaram as etapas do seu trabalho em duas etapas, cada uma com subfases que se relacionam, algumas se apresentando juntas visto que ocorrem concomitantemente na prática em sala de aula.

A etapa inicial identificada como análises preliminares envolveu a apreciação do livro didático, entrevista com a professora da turma e atividades práticas com os alunos.

A segunda etapa diz respeito a elaboração e aplicação da sequência didática, onde houve o planejamento das atividades da SD a partir do resultado da fase anterior, a aplicação com os alunos seguida de análises a *posteriori* com validação frente ao que foi realizado e reformulado.

O trabalho também destaca as contribuições da engenharia didática enquanto metodologia para o ensino de Ciências: profundidade das análises prévias, oportunidade de avanços conceituais, possibilidade de avaliação contínua das atividades propostas e ponderação das dificuldades ou atitudes dos alunos frente às atividades que são propostas.

Como se percebe a engenharia didática tem sido utilizada em diversos contextos, especialmente nas áreas das ciências exatas e naturais e sofre adaptações de acordo com o cenário em que se aplica, o que resulta em uma gama de possibilidades metodológicas para o desenvolvimento de um mesmo tema. No presente trabalho não foi diferente, foram utilizadas as bases metodológicas propostas pela engenharia didática, com adaptações nas etapas de experimentação, implementação, validação e análise a *posteriori* tendo em vista o contexto e as situações enfrentadas durante a pesquisa e a prática pedagógica.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho teve sua estrutura metodológica elaborada a partir das etapas propostas pela Engenharia Didática com adaptações para melhor atender às especificidades do estudo, bem como da realidade escolar em que ocorreu a pesquisa (Figura 4).

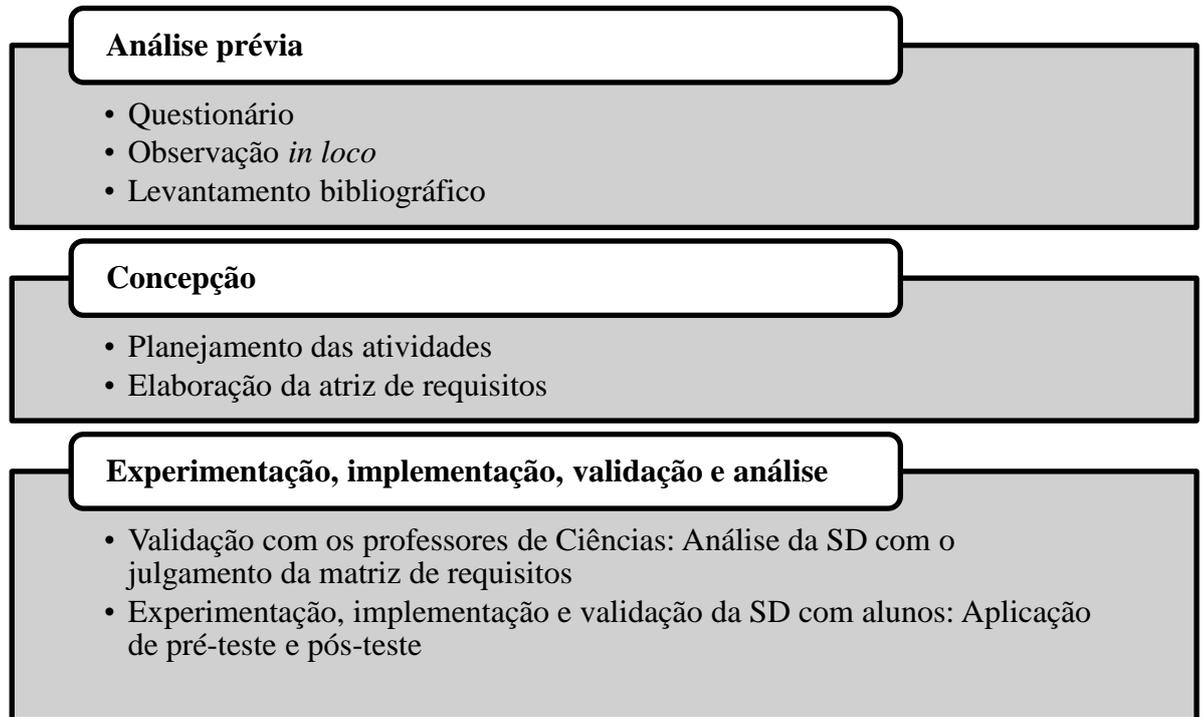


Figura 4- Percurso metodológico do trabalho estruturado a partir das etapas descritas na engenharia didática. Fonte: Elaborado pela autora.

Dessa forma as etapas de elaboração, implementação e validação da SD seguiram de acordo com a seguinte organização metodológica:

3.1 ANÁLISE PRÉVIA

Inicialmente foi realizado um diagnóstico a partir de um questionário (APÊNDICE B) com perguntas abertas e fechadas direcionadas aos cinco professores de Ciências do 6º ano das três Escolas Estaduais citadas, para identificar o perfil dos professores, bem como sondar o conhecimento e a prática dos mesmos sobre sequência didática. Realizaram-se também observações *in loco* com alunos, professores e coordenação pedagógica, para apurar os aspectos didáticos (como a relação entre os alunos e a aula, a dinâmica das escolas e sua infraestrutura) e um levantamento bibliográfico sobre as bases teóricas de sequências didáticas. Estas três ações permitiram definir os requisitos da sequência didática a ser construída, sendo o ponto de partida para a elaboração de uma matriz de requisitos. A sondagem permite estabelecer requisitos de acordo com a necessidade do professor e do aluno

a que se destina a SD, sendo de fundamental importância para que seja um instrumento adequado à realidade escolar. Nesse sentido, a SD deveria poder ser alterada de acordo com as necessidades de quem a utiliza, ser interdisciplinar, estar de acordo com a dinâmica da escola, propor novas metodologias, além de apresentar-se de forma clara e organizada.

3.2 CONCEPÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Após os requisitos definidos e a análise prévia, foi planejada a primeira versão das atividades e a ordem a serem desenvolvidas, definindo-se cada etapa da SD, que são:

- Tema a ser desenvolvido;
- Objetivos a serem alcançados;
- Justificativa da temática;
- Público a quem a sequência se destina;
- Tempo de realização;
- Material necessário para as atividades;
- Desenvolvimento das atividades;
- Avaliação.

Tendo sido definidos todos os itens acima e elaborada a SD, esta foi submetida a uma verificação interna com a equipe de elaboração, na qual a matriz de requisitos foi confrontada ponto a ponto com as etapas da sequência, o objetivo dessa fase foi verificar se os requisitos do objeto de aprendizagem estão sendo atendidos para prosseguir com a etapa final do processo.

3.3 EXPERIMENTAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO, VALIDAÇÃO E ANÁLISE

As etapas foram, para este trabalho, reunidas em um único processo que foi sistematizado da seguinte forma: primeiro análise e validação da SD foi feita com os professores, depois dessa primeira validação seguimos com a implementação com os alunos. Neste trabalho foi realizada uma inversão das etapas de validação e análise. Essa inversão permitiu com que a SD passasse por dois processos de testagem antes de ser implementada com os alunos, uma interna ainda na fase da concepção e outra com os professores.

3.3.1 Validação e análise com professores

Após a verificação interna, a SD foi submetida à análise pelos professores das três escolas participantes do presente estudo. Os critérios para a escolha dos profissionais foram os seguintes: ser professor pertencente ao quadro do magistério da Rede Estadual de Educação, que ministram a disciplina Ciências Físicas e Biológicas para o 6º ano do Ensino Fundamental

nas escolas do município e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A). Assim, cinco professores participaram da pesquisa. A sequência foi apresentada e discutida em forma de oficina aos professores de Ciências do 6º ano do Ensino Fundamental das três escolas estaduais do município de Soure – Marajó – Pará, durante uma manhã no Instituto Stella Maris. Cada professor recebeu uma matriz de avaliação da sequência didática (APÊNDICE C) com 5 dimensões e 16 aspectos a serem avaliados. Os requisitos analisados foram:

Quadro 1-Requisitos da sequência didática a serem analisados pelos professores durante a fase de validação por professores.

| Dimensão | Aspecto |
|---------------------------|---|
| Alterabilidade | Ser alterável |
| Interdisciplinaridade | Permitir inter-relação com outras disciplinas |
| Estruturação Didática | O tempo proposto na sequência adequado com a dinâmica da escola |
| | Propor novas metodologias |
| | Ser clara |
| | Possuir materiais propostos nas atividades de fácil acesso |
| | Ter boa apresentação visual |
| | Ser aplicável |
| Conteúdos/Conceitos | Possuir conteúdo de fácil |
| | Não possuir equívoco de conceituação |
| | Possuir quantidade de conteúdo adequada ao tempo proposto |
| | Possuir conteúdos de acordo com o currículo da escola |
| | Apresentar imagens claras |
| Objetivos de Aprendizagem | Apresentar objetivos claros a serem alcançados |
| | Apresentar objetivos simples a serem alcançados |
| | Apresenta recursos de verificação de aprendizagem adequados |

Fonte: Elaborado pela autora.

As análises foram predefinidas como “SIM”, “NÃO” ou “PARCIALMENTE”, e eram marcadas de acordo com a avaliação do professor. Havendo algum comentário a fazer, o docente poderia usar o espaço ao lado de cada aspecto a ser analisado intitulado

“COMENTÁRIOS”. Ao final do instrumento, os professores poderiam deixar suas considerações acerca da SD apresentada.

3.3.2 Experimentação, implementação e validação com alunos

Depois de submetida à análise dos professores, a SD produzida foi reformulada de acordo com as sugestões dos participantes e preparada para ser aplicada com os discentes.

Para esta etapa foi verificada a disponibilidade de horários na escola e foram liberadas duas turmas de 6º ano da escola Stella Maris para a realização do trabalho. A sequência foi aplicada durante o mês de junho de 2018 nas aulas de Ciências da referida escola. No total, 43 alunos distribuídos em duas turmas participaram de todas as etapas da SD. Antes de aplicar a sequência, um pré-teste (APÊNDICE D) foi realizado para que fosse possível verificar o nível de informação que os alunos tinham a respeito do tema a ser desenvolvido. As aulas foram desenvolvidas pela pesquisadora de acordo com a sequência didática e, ao final, um pós-teste (APÊNDICE E) foi realizado para avaliar o alcance da aplicação da SD no processo de aprendizagem dos alunos.

O pré-teste continha duas imagens a serem observadas e cinco questões discursivas sobre o tema poluição da água e cianobactérias. Já o pós-teste apresentava as mesmas cinco questões, com o acréscimo de uma sexta questão que pedia para que os alunos citassem conceitos novos, caso tivessem aprendido algum. Essa questão extra foi adicionada no pós-teste com o objetivo de identificar os conceitos de “eutrofização” e “cianobactérias” desenvolvidos durante a SD.

A seguir, estão apresentadas as cinco perguntas utilizadas tanto no pré-teste quanto no pós-teste, e as respostas esperadas utilizadas como base para fazer as correções das respostas dadas pelos alunos.

Questão 1:

Quais as diferenças que você observou entre estas imagens?

Resposta:

Na imagem 1, observa-se a água verde, suja, com lixo no entorno. Já na imagem 2, a água apresenta-se aparentemente normal, sem coloração alterada e com ausência de lixo no entorno.

Questão 2:

O que você acha que poderia ter provocado estas diferenças?

Resposta:

Presença de lixo, esgoto, poluição em geral, desenvolvimento de seres nocivos, como as cianobactérias tóxicas.

Questão 3:

Você acha que a água da imagem 1 pode ser utilizada pelo homem? Por quê?

Resposta:

Não, pois está com seu aspecto normal alterado, aparentemente poluída e com presença de grande quantidade de cianobactérias.

Questão 4:

Você acha que a água da imagem 2 pode ser utilizada pelo homem? Por quê?

Resposta:

Sim, pois não há indício de alteração que possa causar mal às pessoas.

Questão 5:

Caso você ache que alguma das imagens apresenta uma água que não pode ser utilizada, o que você acha que poderia ser feito para que ela não chegue a este ponto?

Resposta:

Não despejar lixo, material orgânico em excesso e esgoto no ambiente aquático, para evitar a proliferação de cianobactérias.

Apenas no pós-teste, foi aplicada uma sexta questão:

Questão 6:

Cite alguns termos novos que você conheceu durante as nossas aulas e explique-os.

Resposta:

Cianobactérias. São microrganismos fotossintéticos que podem causar danos à saúde humana e ao ambiente aquático, se encontradas em grande quantidade na água.

Eutrofização. É o processo de aumento da quantidade de matéria orgânica no ambiente aquático.

As respostas dos alunos foram analisadas e classificadas como **não respondida (NR)**, **respondida insatisfatoriamente (RI)**, **respondida parcialmente (RP)** e **respondida satisfatoriamente (RS)**, de acordo com as respostas esperadas acima.

A questão foi considerada **não respondida**, quando deixada em branco pelo aluno, considerada **respondida insatisfatoriamente**, quando fora do contexto questionado, resposta

incompleta foi considerada **respondida parcialmente** e as respostas que contemplaram todos os aspectos da questão foram consideradas **respondidas satisfatoriamente**.

Uma segunda análise das respostas dos alunos foi realizada para verificar seus conteúdos, permitindo, assim, uma comparação entre o tipo de concepção e formulação de resposta no pré-teste e no pós-teste. Dessa forma, foram elaboradas outras categorias de resposta, desta vez, de acordo com o que os alunos responderam, sendo classificadas da seguinte forma:

Quadro 2 – Categorias de respostas dos alunos a serem analisadas qualitativamente.

| Categorias de respostas dos alunos a serem analisadas | |
|--|--|
| Os alunos citaram micro-organismos em suas respostas. | Os alunos não citaram micro-organismos em suas respostas. |
| Os alunos citaram medidas preventivas para combater a proliferação de cianobactérias. | Os alunos citaram medidas remediadoras para combater a proliferação de cianobactérias. |
| Os alunos referiram-se a conceitos como “eutrofização” e “cianobactérias” em suas respostas. | Os alunos não se referiram a conceitos como “eutrofização” e “cianobactérias” em suas respostas. |
| Os alunos relacionaram as suas atitudes do cotidiano com o impacto na problemática apresentada. | Os alunos não relacionaram as suas atitudes do cotidiano com o impacto na problemática apresentada. |
| Os alunos citaram a falta de cuidado com a água e a poluição (lixo) como os principais causadores da má qualidade da água. | Nenhum tipo de medida foi citada para combater a proliferação de cianobactérias. |

Fonte: Dados da pesquisa

Os dados coletados foram analisados qualitativamente e demonstrados em forma de gráficos e quadros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados segue o percurso metodológico descrito no capítulo da metodologia.

4.1 ANÁLISE PRÉVIA

Sobre o primeiro questionário de sondagem (APÊNDICE B), traçou-se o perfil dos professores envolvidos na pesquisa, os resultados estão a seguir no Quadro 2.

Tabela 1 – Perfil dos professores envolvidos na pesquisa.

| Participante | Formação | Disciplina(s) ministrada(s) | Tempo de serviço |
|--------------|---|--|------------------|
| A | Graduação em Ciências Biológicas com Especialização em Tecnologias na educação | Ciências Físicas e Biológicas e Biologia | 23 anos |
| B | Graduação em Ciências Biológicas | Ciências Físicas e Biológicas e Biologia | 25 anos |
| C | Graduação em Ciências Biológicas | Ciências Físicas e Biológicas e Biologia | 12 anos |
| D | Graduação em Ciências Naturais – Química com Especialização em Educação de Jovens e Adultos | Ciências Físicas e Biológicas e Química | 9 anos |
| E | Graduação em Ciências Biológicas | Ciências Físicas e Biológicas e Biologia | 6 anos |

Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se na Tabela 1 que a maioria dos professores tem formação na área de Ciências Biológicas e ministram tanto a disciplina de Ciências Físicas e Biológicas quanto a disciplina de Biologia. Apenas um professor apresenta formação na área de Química, distribuindo sua carga horária entre as disciplinas de Ciências Físicas e Biológicas e de Química. Verifica-se que não há uma relação entre o tempo de serviço e a realização de pós-graduação, dois dos cinco professores têm especialização, com tempo de serviço diverso, um com 23 anos e outro com 9 anos de docência. Há uma variação entre o tempo de serviço dos professores, as escolas do estudo têm professores recém-chegados na profissão (6 anos de serviço) e outros na iminência de uma aposentadoria (25 anos de serviço).

Verificou-se que, dos cinco professores envolvidos na pesquisa, apenas o professor “B” relatou saber o conceito de SD, no entanto, afirmou nunca ter utilizado em suas aulas, visto que, segundo ele, *“para utilizar uma Sequência Didática é preciso planejamento prévio e principalmente conhecimento do problema a ser trabalhado”*, relata também que uma SD tem muitos pontos positivos: *“(...) não costumo aplicar, mas com certeza são muitos os pontos positivos para que os alunos possam adquirir habilidades e conhecimento dentro de determinado tema”*. Os outros quatro professores participantes não haviam tido contato com o

conceito, portanto, também relataram não fazer uso desse recurso em suas aulas, no entanto, afirmaram ter interesse em conhecer e aplicar uma sequência didática.

As observações *in loco* resultaram em um apanhado geral das escolas estaduais que integraram este estudo. As referidas escolas localizam-se na zona urbana do Município no bairro Centro, a quantidade de turmas de 6º ano, de alunos matriculados e de professores por turma, integram o aspecto didático a ser pesquisado e estão descritas na Tabela 2. O quadro mostra que, das oito turmas de 6º ano do Ensino Fundamental, a metade está na escola Stella Maris, totalizando 139 alunos matriculados, sendo este o motivo fundamental para que a escola fosse escolhida para aplicação da SD. As três escolas somam 285 alunos, que são atendidos pelos cinco professores distribuídos entre as escolas. Apesar de a escola Stella Maris apresentar um número de turmas superior ao das demais, a quantidade de docentes de ciências é igual à da Escola Edda de Sousa Gonçalves, que conta com três turmas de 6º ano, o que pode indicar carência de professores nessa área.

Tabela 2 : Quantidade de alunos matriculados no 6º ano por turma, quantidade de turma de 6º ano por escola e número de professores da disciplina CFB (Ciências Físicas e Biológicas)

| Instituição | Turmas Manhã | Turmas Tarde | Total Turmas | Quantidade de Alunos | Nº de Professores CFB |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|-----------------------|
| EEEFM GASPARINO BATISTA DA SILVA SEDE | 1 | - | 1 | 39 | 1 |
| EEEM PROF. EDDA DE SOUSA GONÇALVES | 1 | 2 | 3 | 107 | 2 |
| ERC INSTITUTO STELLA MARIS | - | 4 | 4 | 139 | 2 |
| Total | 2 | 6 | 8 | 285 | 5 |

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir do levantamento de recursos que auxiliam no desenvolvimento das aulas e no processo de ensino-aprendizagem há, na Tabela 2, alguns aspectos estruturais e didáticos das escolas do sistema público estadual no município de Soure.

Tabela 3- Recursos didáticos e aspectos estruturais das escolas E.E.E.F.M. Gasparino Batista da Silva (Sede), E.E.E.F.M. Edda de Sousa Gonçalves e E.R.C. Instituto Stella Maris.

| Recursos | | (Continua) | | |
|----------------------|--------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | Gasparino Batista da Silva | Edda de Sousa Gonçalves | Instituto Stella Maris |
| Laboratório Ciências | Ausente | X | | |
| | Presente | | X | X |
| | Disponível | | | |
| | Indisponível | | X | X |

Tabela 3- Recursos didáticos e aspectos estruturais das escolas E.E.E.F.M. Gasparino Batista da Silva (Sede), E.E.E.F.M. Edda de Sousa Gonçalves e E.R.C. Instituto Stella Maris.

| Recursos | | (Conclusão) | | |
|--------------------------------|--------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | Gasparino Batista da Silva | Edda de Sousa Gonçalves | Instituto Stella Maris |
| Laboratório Informática | Ausente | | | |
| | Presente | X | X | X |
| | Disponível | | | |
| | Indisponível | X | X | X |
| Biblioteca | Ausente | | X | |
| | Presente | X | | X |
| | Disponível | X | | X |
| | Indisponível | | | |
| Televisão | Ausente | | | |
| | Presente | X | X | X |
| | Disponível | X | X | X |
| | Indisponível | | | |
| Data Show | Ausente | | | |
| | Presente | X | X | X |
| | Disponível | X | X | X |
| | Indisponível | | | |
| Computador Professores para | Ausente | X | X | |
| | Presente | | | X |
| | Disponível | | | X |
| | Indisponível | | | |
| Internet disponível | Ausente | X | X | X |
| | Presente | | | |
| | Disponível | | | |
| | Indisponível | | | |

Fonte: Dados da pesquisa

É possível visualizar na Tabela 3 que as escolas Edda de Sousa Gonçalves e Stella Maris têm laboratório de ciências. No entanto, no primeiro caso, o laboratório está indisponível para uso, pois os materiais foram danificados, os reagentes passaram do prazo para utilização, não há manutenção dos materiais danificados e o espaço acabou sendo usado para outros fins como, por exemplo, depósito. No caso da escola Stella Maris, o espaço foi construído fora dos padrões, não há equipamentos, vidrarias ou reagentes e, por esse motivo, nunca funcionou como laboratório, é mais um espaço para depósito da escola. Já a escola Gasparino Batista da Silva não apresenta laboratório de ciências. Essa realidade reflete diretamente nas atividades propostas na sequência didática, não faz sentido, por exemplo, propor experimentos que exigem espaço e materiais específicos de laboratório, assim a sequência apresenta alternativa para suprir a carência do laboratório de ciências, com atividades possíveis de se realizar dentro de sala de aula e no cotidiano do discente.

Quanto ao laboratório de informática, todas as três escolas apresentam, no entanto, por falta de manutenção dos computadores, os espaços encontram-se indisponíveis para uso. A biblioteca está ausente apenas na escola Edda de Sousa Gonçalves. Computadores disponíveis para que o professor possa utilizar na elaboração de suas aulas ou materiais alternativos só estão presentes na escola Stella Maris. Internet está ausente em todas as três escolas. Os únicos recursos presentes e disponíveis para uso em todas as escolas são televisão e Datashow.

Esse é um panorama da estrutura didática que as escolas apresentam, evidenciando a falta de manutenção dos espaços das escolas, o que acarreta limitações didáticas aos professores, refletindo na qualidade de sua aula. No outro extremo da situação, encontra-se o aluno, que, por vezes, já apresenta resistência às aulas “cansativas” e “desinteressantes”, segundo relatos diários destes. Os discentes acrescentam que “fazer prova”, “copiar o assunto do quadro” e “ficar sentado ouvindo o professor” são as atividades menos atrativas para eles. Foi a partir desse panorama que a SD foi produzida.

Assim a SD estruturou-se de maneira a procurar atender às necessidades do professor e do aluno, levando em consideração os aspectos mencionados anteriormente. Uma das dificuldades encontradas durante o trabalho foi justamente tentar reunir atividades interessantes sem o aparato tecnológico ou de laboratório.

A partir do panorama didático traçado, olhamos para as dimensões didática e epistemológica citadas na teoria da engenharia didática e buscamos promover a construção de um conhecimento que integre as duas dimensões. Assim as etapas da SD passam por rearranjos, cujos resultados são discutidos nos tópicos a seguir.

4.2 A CONCEPÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (PRIMEIRA PROPOSTA)

A abordagem problematizadora é uma das bases teóricas da engenharia didática e está prevista na primeira proposta da SD logo nas duas aulas iniciais (conhecendo a temática). As aulas seguintes são caminhos para que o aluno alcance o pleno contato com a temática, associe o conteúdo com o cotidiano (investigando o ambiente), seja protagonista da construção do seu conhecimento e reformule o conhecimento científico a partir da sua relação com o mundo material (organizando as ideias) chegando à aprendizagem significativa (socializando a experiência).

Para melhor compreensão da proposta da sequência didática, as etapas da proposta inicial da SD estão estruturadas de acordo com a Figura 5.



Figura 5: Esquema da estrutura das etapas da Sequência Didática. Fonte: Elaborado pela autora.

A sequência didática proposta está dividida em quatro momentos, totalizando nove aulas.

No primeiro momento, intitulado “conhecendo a temática”, propõe-se a realização de um apanhado geral sobre a temática a partir da apresentação de um vídeo. Ao final, sugere-se que os alunos façam uma pesquisa sobre os fatores de eutrofização. Os assuntos abordados nesta etapa são: Água e sua importância; Poluição da água; Eutrofização e Florescimentos de cianobactérias.

No segundo momento, denominado “investigando o ambiente”, sugere-se que os alunos visitem um corpo hídrico, atividade realizada fora do espaço da escola. O assunto abordado com essa atividade é “Fatores de eutrofização”.

No terceiro momento, chamado de “organizando as ideias”, os alunos são envolvidos em tópicos de discussões a respeito da “Ação humana no ambiente aquático” e da “Relação dos conteúdos com as ações cotidianas”. Ao final da discussão, os alunos são convidados a produzir trabalhos em equipes.

No quarto momento, “socializando a experiência”, os alunos expõem os seus trabalhos nos espaços das escolas. O conteúdo abordado nesta etapa é “Água e cidadania”.

Esta proposta de sequência didática, após submetida à validação pelos professores, foi reformulada em alguns de seus aspectos para atender às especificidades do público que irá potencialmente aplicar a SD e do que irá recebê-la.

4.3 DA VALIDAÇÃO E ANÁLISE COM PROFESSORES

Diante dos aspectos pesquisados, os requisitos que a SD deve contemplar foram elaborados e estão apresentados na tabela 5. A presente SD deve respeitar a dinâmica da escola, podendo ser alterada (**Alterabilidade**) de acordo com a necessidade de quem a utiliza. Ser interdisciplinar (**Interdisciplinaridade**), permitindo a comunicação entre outras

disciplinas. Quanto à **Estruturação didática**, deve estar de acordo com a dinâmica de tempo, estrutura e organização da escola; propor novas metodologias; estar organizada de forma clara e ser aplicável no contexto estudado. Os **Conteúdos/Conceitos** devem ser apresentados de forma clara, sem equívocos, de acordo com o currículo da escola e o tempo previsto. A sequência deve ter **Objetivos de Aprendizagem** claros, simples e recursos de verificação de aprendizagem adequados.

Tabela 4 - Resultado dos requisitos a serem contemplados na Sequência Didática e avaliados pelos professores de Ciências do 6º ano.

(Continua)

| DIMENSÃO | ASPECTO | SIM | NÃO | PARCIALMENTE |
|-----------------------|---|----------------|-----|--------------|
| Alterabilidade | A sequência permite ser alterada de acordo com as necessidades de quem a utiliza? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |
| | Permite a inter-relação com outras disciplinas? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |
| Estruturação didática | O tempo proposto na sequência está de acordo com a dinâmica da escola? | 3 RESPOSTAS | 0 | 2 RESPOSTAS |
| | A sequência propõe novas metodologias? | 5 RESPOSTAS | | 0 |
| | A sequência está organizada de forma clara? | 5 RESPOSTAS | | 0 |
| | Os materiais propostos nas atividades são de fácil acesso? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |
| | A apresentação visual da sequência é agradável? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |
| | A sequência é aplicável? | 4 RESPOSTAS | 0 | 1 RESPOSTA |
| Conteúdos/Conceitos | O conteúdo está de fácil entendimento? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |

Tabela 4 - Resultado dos requisitos a serem contemplados na Sequência Didática e avaliados pelos professores de Ciências do 6º ano.

(Conclusão)

| DIMENSÃO | ASPECTO | SIM | NÃO | PARCIALMENTE |
|---------------------------|--|----------------|----------------|--------------|
| Conteúdos/Conceitos | Há algum equívoco de conceituação? | 0 | 5 RESPOSTAS | 0 |
| | A quantidade de conteúdo está adequada ao tempo proposto? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |
| | Os conteúdos propostos na sequência estão de acordo com o currículo da escola? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |
| | As imagens estão claras? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |
| Objetivos de Aprendizagem | A sequência apresenta objetivos claros a serem alcançados? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |
| | Os objetivos a serem alcançados são simples? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |
| | A sequência apresenta recursos de verificação de aprendizagem adequados? | 5 RESPOSTAS | 0 | 0 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 4, observa-se que todos os cinco professores que participaram da pesquisa consideram a SD apresentada alterável de acordo com as necessidades de quem irá utilizá-la. Esta é uma avaliação positiva, visto que a sequência não está limitada a uma realidade, podendo ser adequada de acordo com o contexto de quem a utiliza.

A SD foi avaliada positivamente por todos os professores do estudo, como interdisciplinar, isto é, a sequência apresentada permite a inter-relação com outras disciplinas, sendo possível aplicá-la não somente nas aulas de ciências, visto que suas abordagens vão além dessa disciplina de Ciências.

Quanto à estruturação didática da SD, os professores, por unanimidade, consideraram que a sequência propõe novas metodologias, estando organizada de forma clara, os materiais

propostos nas atividades são de fácil acesso e que a apresentação visual da SD é agradável. Por outro lado, nos aspectos referentes ao tempo proposto na SD estar de acordo com a dinâmica da escola e à sequência ser aplicável, as respostas não foram tão uniformes.

Quanto ao tempo proposto, dois docentes avaliaram como adequado parcialmente, um professor comentou que *“as aulas se estenderão por muito mais tempo”*, referindo-se à atividade de visita ao corpo hídrico (aulas 3, 4 e 5 relativas ao tópico “Investigando o Cotidiano” da SD, proposta inicialmente e resumida na metodologia), o outro docente relata: *“acredito que para melhor organização, a segunda etapa (Investigando o Cotidiano) deveria organizar-se em 4 aulas, posto que as aulas (de ciências) são em pares”*.

A aplicabilidade da sequência também foi questionada, este aspecto está relacionado com o tempo de execução da SD, nesse sentido, um professor considerou a SD parcialmente aplicável, afirmando que: *“Quanto à sequência ser aplicável, ela é sim, porém, o que talvez seja mais difícil é a saída da escola com os alunos, devido a questões logísticas, como transporte. Haveria alguma sugestão para que pudéssemos fazer observações na própria escola? Experimentos que nos dessem suporte para tais observações?”*

Quanto aos conteúdos e conceitos apresentados na SD, todos os professores julgaram o conteúdo de fácil entendimento, sem equívocos de conceituação, em quantidade adequada ao tempo proposto e de acordo com o currículo da escola. As imagens presentes na SD também foram avaliadas positivamente pelos cinco docentes.

A sequência foi analisada favoravelmente quanto aos objetivos de aprendizagem, sendo estes, claros e simples. Por fim, de acordo com a validação dos docentes, a SD apresenta recursos de verificação de aprendizagem adequados. No entanto, um dos docentes apresentou sugestões sobre atividades de avaliação, que podem ser acrescentadas às mencionadas na SD, segundo o docente: *“ainda como recurso, o aluno pode registrar, no seu ambiente de convívio, a utilização e a importância da água, por meio de textos, fotos ou comentários durante as aulas. Podemos também utilizar como instrumento de avaliação a confecção de livros de historinhas pelos alunos sobre o tema, finalizando a unidade”*.

Dos 16 aspectos relacionados aos requisitos da SD e submetidos à análise pelos professores, apenas dois foram questionados. Eles estão associados à dimensão de estruturação didática da sequência no que tange ao seu tempo de execução. Considerando a SD como um todo, um dos professores afirma: *“A sequência apresentada está bem elaborada com uma estética bem estruturada e com os objetivos e atividades bem interativas e chamativas. Com certeza, os objetivos serão alcançados”*.

Assim, os professores sugeriram as adequações à SD apresentada para a implementação às aulas de Ciências no contexto das três escolas estaduais situadas no

município de Soure. As adequações sugeridas foram: a substituição da visita ao corpo hídrico por uma atividade na própria escola ou, ainda, por uma observação do aluno durante seu cotidiano e ambiente doméstico. Outra adequação sugerida trata-se dos trabalhos a serem desenvolvidos durante a etapa “organizando as ideias”, como descrito anteriormente. Menezes (2016), analisando resultados de validação de uma SD com professores, afirma que há maior preocupação e influência da dimensão didática na SD produzida pelos próprios professores e que as dificuldades interferem na autonomia do professor na escolha do plano de aula.

Dessa forma, a sequência didática foi reelaborada para a sua implementação com os alunos e está descrita a seguir:

4.4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA REFORMULADA

Tema: “Poluição da Água e Cianobactérias”

Objetivos: conhecer e discutir fatores poluidores da água, suas origens, consequências e medidas antipoluição.

Público da sequência: alunos de 6º ano do Ensino Fundamental da rede pública.

O tempo para o desenvolvimento das atividades: oito aulas de 40 minutos.

Justificativa: A temática justifica-se pela problemática crescente da poluição dos corpos hídricos e por ser uma subunidade da unidade do currículo escolar que envolve os conteúdos relacionados à água.

Quadro 3 – Resumo das etapas da sequência didática após a reformulação.

| Momentos/Aulas | Conteúdos | Metodologia e ferramentas |
|---|---|---|
| Conhecendo a temática (2 aulas) | Apresentação da problemática envolvendo os conteúdos sobre a água e sua importância, a poluição da água, a eutrofização e as florações de cianobactérias. | Exibição do vídeo em formato de desenho animado, intitulado: “Poluição das águas e as cianobactérias”. |
| Investigando o cotidiano (2 aulas) | Começa o processo de investigação da realidade do aluno, nessa etapa os discentes são levados a observar seu dia a dia e sua escola, envolvendo o conteúdo relacionado aos fatores de eutrofização. | Utilização de tabela de observação para preenchimento do aluno. |
| Organizando as ideias (2 aulas) | Momento de reforçar os tópicos estudados e tratar sobre a ação humana no ambiente aquático. | Os alunos foram divididos em grupos temáticos e cada grupo realizou um tipo de trabalho. |
| Socializando a experiência – Avaliação (2 aulas) | Etapa de divulgação dos trabalhos produzidos. | Os alunos apresentaram seus trabalhos produzidos na etapa anterior nos espaços de circulação de discentes e docentes. |

Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 DA EXPERIMENTAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E VALIDAÇÃO COM ALUNOS

Foi realizada uma primeira análise das respostas dos alunos antes (pré-teste) e depois (pós-teste) da aplicação da SD, em que as questões respondidas pelos alunos foram classificadas em **não respondida (NR)**, **respondida insatisfatoriamente (RI)**, **respondida parcialmente (RP)** e **respondida satisfatoriamente (RS)**, de acordo com as respostas esperadas descritas na metodologia. Observou-se um aumento no número de respostas consideradas satisfatórias (RS) no pós-teste e uma diminuição de questões respondidas parcialmente (RP) e respondidas insatisfatoriamente, como mostra o gráfico da Figura 6.

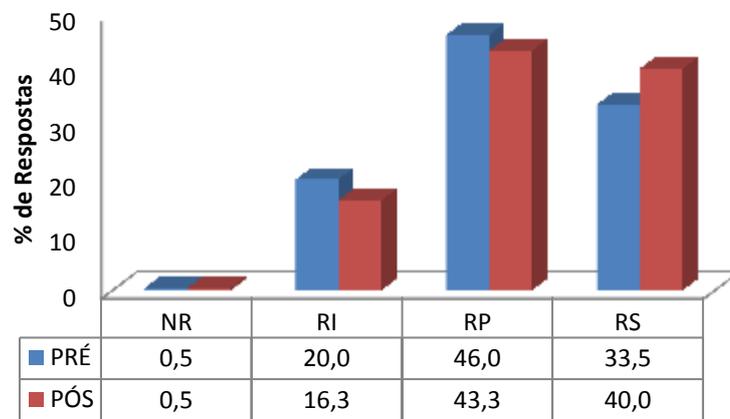


Figura 6 – Gráfico da visão geral das cinco questões respondidas pelos alunos no pré-teste e no pós-teste. NR= questão não respondida, RI= questão respondida insatisfatoriamente, RP= questão respondida parcialmente e RS= questão respondida satisfatoriamente. Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 6 demonstra que o efeito da SD foi positivo, ainda que discreto, no processo de aprendizagem sobre o tema “Poluição da água e cianobactérias” para os discentes de 6º ano.

Analisando separadamente a sexta questão, que foi aplicada somente no pós-teste, também houve uma tendência positiva no sentido do processo de aprendizagem dos alunos sobre o tema. A sexta pergunta questionava sobre conceitos novos aprendidos pelos alunos durante a aplicação da SD, mais de 50% das questões foram respondidas satisfatoriamente, de acordo com a representação gráfica a seguir.

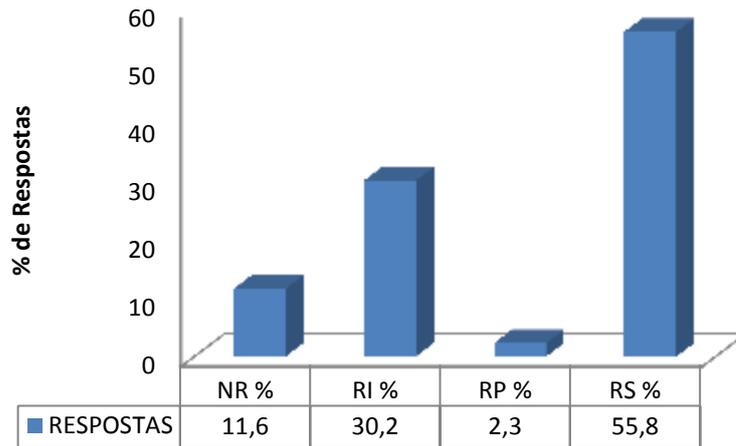


Figura 7 – Gráfico da questão número seis, aplicada somente no pós-teste, que indaga sobre novos conceitos aprendidos na SD. NR= questão não respondida, RI= questão respondida insatisfatoriamente, RP= questão respondida parcialmente e RS= questão respondida satisfatoriamente. Fonte: Dados da pesquisa.

Essa análise dos resultados com base em respostas estabelecidas previamente mostra como o aluno recebeu a SD e seus conteúdos, sem levar em consideração a complexidade do processo de construção do conhecimento a partir do contato com a temática.

Uma segunda análise das respostas dos alunos permitiu verificar seus conteúdos, além de comparar o tipo de concepção e formulação de resposta no pré-teste e no pós-teste. A classificação das respostas não seguiu dessa vez um “gabarito”, foi realizada a partir do que os alunos escreveram. Os resultados encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5: Comparação das respostas dos alunos entre o pré-teste e o pós-teste.

(Continua)

| Categorias de respostas dos alunos | Número de respostas no Pré-teste | Número de respostas no Pós-teste |
|--|---|---|
| Os alunos citaram micro-organismos em suas respostas | 6 | 26 |
| Os alunos não citaram micro-organismos em suas respostas | 35 | 16 |
| Os alunos citaram medidas preventivas para combater a proliferação de cianobactérias | 21 | 30 |
| Os alunos citaram medidas remediadoras para combater a proliferação de cianobactérias | 14 | 5 |
| Nenhum tipo de medida foi citado para combater a proliferação de cianobactérias | 9 | 7 |
| Os alunos referiram-se a conceitos como “eutrofização” e “cianobactérias” em suas respostas | 0 | 24 |

Tabela 5: Comparação das respostas dos alunos entre o pré-teste e o pós-teste.

(Conclusão)

| Categorias de respostas dos alunos | Número de respostas no Pré-teste | Número de respostas no Pós-teste |
|---|---|---|
| Os alunos não se referiram a conceitos como “eutrofização” e “cianobactérias” em suas respostas | 43 | 19 |
| Os alunos citaram a falta de cuidado com a água e a poluição (lixo) como os principais causadores da má qualidade da água | 36 | 41 |
| Os alunos relacionaram as suas atitudes do cotidiano com o impacto na problemática apresentada | 0 | 3 |
| Os alunos não relacionaram as suas atitudes do cotidiano com o impacto na problemática apresentada | 43 | 39 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Antes de analisar a Tabela 5, tem que se levar em consideração que nem todas as questões foram respondidas. Na tabela acima houve um aumento expressivo no pós-teste de respostas citando micro-organismos, evidenciando que os alunos começaram um processo de observação além do que se pode ver.

As perguntas que envolviam medidas a serem tomadas para combater a proliferação de cianobactérias no ambiente aquático foram respondidas de forma que, no pré-teste, houve uma predominância de medidas remediadoras e imediatistas. Já no pós-teste, as medidas predominantes foram as preventivas e mais efetivas no combate à proliferação desses micro-organismos. No pré-teste, nove alunos não propuseram nenhum tipo de medida de combate à proliferação de cianobactérias, enquanto no pós-teste, houve sete alunos. Verificando as repostas, observou-se que os discentes que responderam algo tiveram claramente dificuldade de interpretação quanto à questão que solicitava que elencassem medidas antipoluição. Dos sete alunos que não listaram medidas no pós-teste, seis já haviam dado o mesmo tipo de resposta no pré-teste e um preferiu não responder à questão.

No pré-teste, nenhum aluno fez referência a conceitos como eutrofização e cianobactérias, já no pós-teste, esse número subiu para 24. O que permite afirmar que a SD cumpriu seu objetivo de apresentar e discutir tais conceitos com os alunos.

Apesar de grande parcela das respostas, tanto no pré-teste quanto no pós-teste, citar a falta de cuidado com a água e a poluição (lixo) como os principais causadores da má qualidade da água, a maioria dos alunos não relacionou as suas atitudes do cotidiano com o impacto na problemática apresentada. Com base nesse resultado, pode-se concluir que os discentes compreendem que é a atitude humana que causa os danos ao ambiente aquático, no entanto, eles não se consideram parte desse processo e encaram os problemas como se sempre o outro os causasse.

Com a análise das respostas é possível perceber que os alunos têm novos conhecimentos prévios para continuar o processo de construção do próprio conhecimento. A formulação do novo conhecimento, de acordo com a "*Reconstrução Educacional*" de Kattmann *et al.* (1995), emerge da reformulação do conhecimento científico a partir do que os estudantes sabem, essa reformulação acontece a partir do confronto entre o conhecimento prévio do aluno com o novo conhecimento. De acordo com a "*Reconstrução Educacional*", uma comparação dos itinerários cognitivos efetivamente observados com os preditos pode validar ou desafiar as hipóteses envolvidas na construção de situações de aprendizagem.

Quanto à análise à luz da Engenharia Didática, é dada atenção ao conhecimento científico na forma dos conteúdos, quando se analisam as respostas dos alunos com base em conceitos pré-estabelecidos. Por outro lado, é dada atenção às dificuldades de aprendizagem, às concepções dos alunos e às formas de raciocínio, quando são analisadas as mesmas respostas com base nos conhecimentos prévios dos discentes, sendo possível observar o processo de construção do conhecimento. Nesse sentido, a SD aplicada protagonizou um papel importante na elaboração do conhecimento dos estudantes.

Apresentando uma visão geral do que constitui uma sequência didática, Leach & Scott (2000) mostram, em seu estudo teórico, as dificuldades encontradas na avaliação dos resultados. Eles destacam que grande parte das avaliações da eficácia do ensino é feita aplicando-se pré-testes e pós-testes que permitem levantar considerações sobre os objetivos das SD, principalmente ao definir o grau em que as SD foram bem-sucedidas. Porém, para os autores, estudos que consideram essa perspectiva não permitem avaliar a eficácia do material didático ao ser comparado ao ensino tradicional. Segundo suas análises, para comparar as duas metodologias de ensino (a tradicional e a proposta na SD), é necessário um grau de compatibilidade da população, à qual as sequências serão aplicadas. É importante ter instrumentos de avaliação que não favoreçam a nenhuma das metodologias. Para o presente trabalho, o sistema de pré-teste e pós-teste foi esclarecedor e suficiente para avaliar a SD internamente, focando em sua eficácia para o público a que ela se destinou. No entanto, destacou-se a necessidade de estender a aplicação desta SD em estudos posteriores com outras formas de testá-la, sendo, para este estudo, os resultados obtidos satisfatórios.

Vale ressaltar que durante a execução deste trabalho diversas barreiras foram encontradas no sentido de cumprir com rigor as etapas previstas na metodologia da engenharia didática. Uma das dificuldades foi adaptação das etapas à dinâmica corrida da escola e à pouca disponibilidade de tempo por parte dos professores que se dividiam entre as escolas e os seguidos horários de aula. Na etapa de validação com os professores, só foi possível reuni-los pois estavam nas avaliações finais e os alunos haviam sido liberados logo

após as provas, foi de grande importância também contar com a boa vontade dos docentes em colaborar com as pesquisas. Durante as análises dos dados não é realístico dizer que todos os aspectos foram fielmente contemplados, visto que as dimensões didática e epistemológica têm que se integrar de forma profunda, todas as etapas foram seguidas, mas muitos aspectos ainda devem ser explorados com a mesma profundidade, isso é trabalho para uma vida de magistério e é isso que este trabalho deixou de experiência, minhas ações didáticas a partir dessa vivência passam a ser diferentes de forma positiva. Como Zborowski & Pigatto (2018) afirmaram as contribuições da engenharia didática para o ensino de Ciências são a possibilidade de avaliação contínua das atividades propostas e ponderação das dificuldades ou atitudes dos alunos frente às atividades que são propostas, entre outras contribuições que não só atingem o aluno como também o professor.

5 CONCLUSÕES

Após todas as etapas, a sequência didática foi concluída e mostrou-se uma ferramenta para os professores capaz de facilitar a abordagem prática do tema “Poluição da água e cianobactérias” nas aulas de Ciências com alunos do 6º ano.

Após análise dos resultados, pôde-se concluir que os objetivos do trabalho foram alcançados, pois a sequência didática elaborada no processo foi testada, avaliada e aceita de forma positiva pelos professores de Ciências do 6º ano do Ensino Fundamental das três escolas estaduais envolvidas na pesquisa, reelaborada e implementada posteriormente com os alunos.

Na implementação da SD, concluiu-se que sua utilização no processo de aprendizagem sobre o tema “Poluição da água e cianobactérias” com os discentes de 6º ano foi favorável no contexto aplicado, permitindo aos alunos reconhecerem e discutirem os fatores poluidores da água, suas origens, consequências para o ambiente e para o ser humano, bem como serem capazes de propor soluções para os problemas apresentados.

Para o presente trabalho, que representa o primeiro uso da sequência didática produzida, os resultados mostraram-se satisfatórios. No entanto, não são definitivos, visto que a SD deve ser testada, revista, utilizada e validada futuramente para outros contextos.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas (ANA). 2016. *Conjuntura dos recursos hídricos: informe 2016*. Brasília, DF. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.
- Artigue M. 1996. Ingénierie didactique. In: Artigue M. *et al.* (Org.). *Didactique des mathématiques*. Paris, Delachaux et Niestlé.
- Ausubel D.P. 1963. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, Grune and Stratton.
- Barros L. da S., Pereira U. C., Andrade K. dos S. 2014. Sequência didática: uma proposta metodológica ao ensino de língua materna. In: 18º Congresso Nacional de Linguística e Filologia (CNLF), Rio de Janeiro. Disponível em: http://www2.fct.unesp.br/pos/ensino_fisica/dissertacoes/2015/sergio.pdf. Acesso em: 29 de nov. de 2017.
- Barros-Mendes A., Cunha D. A., Teles R. 2012. Organização do trabalho pedagógico por meio de sequências didáticas. In: Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. *Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares*.
- Bergman B., Rasmussen U., Rai A.N. 2007. Cyanobacterial associations. In: Elmerich C. & Newton W.E. *Associative and endophytic nitrogenfixing bacteria and cyanobacterial associations*. 5ª ed. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer; Academic Publishers. p. 257–301.
- Bittencourt-Oliveira M. do C. 2003. Detection of potential microcystin-producing cyanobacteria in Brazilian reservoirs with a mcyB molecular marker. *Harmful algae*. Piracicaba. 2(1): 51-60. Disponível em: <http://www.lcb.esalq.usp.br/publications/articles/2003/2003hav2n1p51-61.pdf>. Acesso em: 29 de nov. de 2017.
- Carmichael W. W. 1988. Toxins of fresh water algae. In: TU, A.T. (ed.) *Handbook of natural toxins*. New York. p. 121-147.
- Duit R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek M., Parchmann, I. 2012. The model of educational reconstruction – a framework for improving teaching and learning science. In: Jorde D. & Dillon J. *Science education research and practice in Europe: retrospective and prospective*. Rotterdam, Sense Publishers. p. 13-38.
- Giordan M., Guimarães Y.A. F., Massi L. 2011. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências. In: 8º Encontro Nacional de Pesquisa. [Extended abstract] Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0875-3.pdf>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). *Panorama-Source*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/soure/panorama>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.

Komárek J. 2005. Oceanological and hydrobiological studies *In The modern classification of cyanoprokaryotes (Cyanobacteria)*. *Algae*, **34**(3): 5-17

Komárek J. 2006. Cyanobacterial taxonomy: current problems and prospects for the integration of traditional and molecular approaches. *Algae*, **21**(4): 349-375.

Leach J., Scott P. 2000. The concept of learning demand as a tool for designing teaching sequences. *In: Meeting Research-Based Teaching Sequences*, Paris, [Annals]. Disponível em: [http://www.education.leeds.ac.uk/assets/files/research/cssme/LeachScott Sequences.pdf](http://www.education.leeds.ac.uk/assets/files/research/cssme/LeachScott%20Sequences.pdf). Acesso em: 28 out. 2018.

Mantovani S. R. 2015. *Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico*. MS Dissertation. Programa Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015. Disponível em: http://www2.fct.unesp.br/pos/ensino_fisica/dissertacoes/2015/sergio.pdf. Acesso em: 28 de nov. de 2017.

Méheut M. & Psillos D. 2004. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, **26**(5): 515-535. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690310001614762>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.

Méheut M. 2005. Teaching learning sequences tools for learning and/or research. *In: Boersna K., Goedhart M., Jong O., Eijkelhof H. (Ed.). Research and the quality of science education*. Dordrecht, Springer. p. 195-207.

Menezes A. M. 2016. *Sequência de ensino-aprendizagem no processo de formação continuada: contribuições e reflexões de professores em exercício*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (NPGEICIMA), Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana, 72 p.

Moreira M.A., Cabalero M.C., Rodríguez M.L. (orgs.). 1997. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *In: Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo, Actas*. Burgos, España, 19-44.

Olson J.M. 2006. Photosynthesis in the Archean era. *Photosynthesis Research*. **88**(2): 109–117. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11120-006-9040-5>. Acesso em: 30 de nov. de 2017.

Rosa M. D. & Santos J. V. A. 2013. O uso do livro didático nas aulas de ciências: alguns apontamentos com base em textos da área. *In: 6º Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia EREBIO Sul*. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Santo Ângelo (URI). [Extended abstract]. Disponível em: http://santoangelo.uri.br/erebiosul2013/anais/wp-content/uploads/2013/07/comunicacao/13425_47_Marcelo_DAquino_Rosa.pdf. Acesso em: 28 de nov. de 2017.

Sagan, L. 1967. On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology*. **14**(3): 225–274. doi:10.1016/0022-5193(67)90079-.

Santos J. L. B. 2017. *Uma sequência didática para a aprendizagem das noções de trigonometria fundada na teoria das inteligências múltiplas*. MS Dissertation Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (NPGEICIMA), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 139p.

Schopf J.W. 1970. Precambrian microorganisms and evolutionary events prior to the origin of vascular plants. *Biological Reviews*, 45:319–352. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-185X.1970.tb01644.x/full>. Acesso em: 29 de nov. de 2017.

Schopf J.W. 1993. Microfossils of the early Archean Apex chert: new evidence of the antiquity of life. *Science of American Association for the Advancement of Science*, 260:640–646. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e869/7f7be75d953abcd54e67cae5c2e431f58bab.pdf>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.

Schopf J.W. 2012. The fossil record of cyanobacteria, *In: Whitton B.A. (ed.) Ecology of cyanobacteria II: Their diversity in space and time*. Springer, Dordrecht, 15–36. 2012

Silva A. F. da, Souza A. L. L. de 2013. Condições do trabalho escolar: desafios para os sistemas municipais de ensino. *Cadernos de pesquisa*, **150**(43): 772-787.

Silva C. V. 2015. *A prática docente e sua influência na construção de conceitos geométricos: um estudo sobre o ensino e a aprendizagem da simetria ortogonal*. Tese. Doutorado em educação matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 301p.

Sivonen K. 1996. Cyanobacterial toxins and toxin production. *Phycologia*, **35**(6):12-24. Disponível em: <http://www.phycologia.org/doi/abs/10.2216/i0031-8884-35-6S-12.1>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.

Stanier R.Y., Sistrom W.R., Hansen T.A., et al. 1978. Proposal to place the nomenclature of the cyanobacteria (blue-green algae) under the rules of the International Code of Nomenclature of Bacteria. *International Journal of Systematic Bacteriology*. **28**(1):335–336.

Vargas S. L. & Magalhães L. M. 2011. O gênero tirinhas: uma proposta de sequência didática. *Revista Educação em Foco*. **16**(1) 119-143. Disponível em: <http://www.ufjf.br/revistaedufoco/files/2012/08/Texto-05.pdf>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.

Vasconcelos V. M. 2001. Cyanobacteria toxins: diversity and ecological effects. *Limnetica. Asociacion Espafiola de Limnologia, Madrid. Spain*. **20**(1):45-58. Disponível em: http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne20/L20a045_Cyanobacterial_toxins.pdf. Acesso em: 28 de nov. de 2017.

Vasconcelos V. M. 2001. Cyanobacteria toxins: diversity and ecological effects. *In: Boone R.D., Castenholz R.W. e Garrity G.M. Archaea and the Deeply Branching Phototrophic Bacteria* (ed.). Springer, New York, 1:487–494.

Ward D.M. & Castenholz R.W. 2000. Cyanobacteria in geothermal habitats., *In: Whitton B.A. e Potts M. M. The Ecology of Cyanobacteria. The Diversity in Time and Space* (ed.) Kluwer, Dordrecht, p. 37–59.

Wilmotte A. & Herdman M. 2001. Phylogenetic relationships among the cyanobacteria based on 16S RNAr sequences. *In*: Boone R.D., Castenholz R.W., e Garrity G.M. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, (2^aed.). *The Archaea and the deeply branching phototrophic bacteria*, Springer, New York. p. 487–494.

Zabala A. 1998. *A prática educativa: como ensinar*. Trad. Ernani F. da Rosa Porto Alegre, ArtMed. p. 244.

Zborowski C. A. & Pigatto A. G. S. 2018. Contribuições da engenharia didática como metodologia para o ensino de ciências nos anos iniciais. *Vidya*. **38**(2): 71-88. Disponível em: <http://www.periodicos.unifra.br/index.php/vidya/article/view/2491/2189>. Acesso em: 24 de jan. de 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
 MESTRADO PROFISSIONAL

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), do estudo/pesquisa intitulado **Cianobactérias e poluição da água: uma prática no ensino de Ciências Ambientais pela produção de uma sequência didática**, conduzida por Rosa de Fátima Silva Atroch. Este estudo tem por objetivo propor uma sequência didática para facilitar a abordagem prática do tema “Poluição da água e cianobactérias” nas aulas de Ciências do 6º ano do Ensino Fundamental.

Você foi selecionado (a) por ser professor (a) de Ciências do 6º ano e poder contribuir com sua experiência em docência para a construção de uma sequência didática. Sua participação não é obrigatória. A qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará prejuízo.

Sua participação na pesquisa não é remunerada nem implicará em gastos para você. Eventuais despesas podem ser custeadas ou ressarcidas pela pesquisa.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder aos questionários, participar de um encontro na escola sobre sequência didática com duração de duas horas e data a ser definida com a coordenação da escola. Estarão presentes, juntamente com o proponente da pesquisa, os outros professores participantes da pesquisa. Durante as atividades eventualmente haverá registro de imagens que serão utilizadas na pesquisa.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgados em nível individual, visando assegurar o sigilo de sua participação. A pesquisadora responsável se comprometeu a tornar públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma consolidada sem qualquer identificação de indivíduos [ou instituições] participantes.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, da pesquisadora responsável. Seguem os telefones e o endereço institucional da pesquisadora responsável e da orientadora, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Contatos da pesquisadora responsável: Rosa de Fátima Silva Atroch, Celular: (91) 98970-3076, e-mail: rosatroch@hotmail.com. Contatos da orientadora: Maria Paula Schneider, Celular (91) 98805-7008, e-mail: mariapaulacruzschneider@gmail.com..

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa, e que concordo em participar.

Soure, ____ de _____ de ____.

Assinatura do(a) participante: _____

Assinatura da pesquisadora: _____

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PROFESSORES



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
 MESTRADO PROFISSIONAL

Título: **Cianobactérias e poluição da água: uma prática no ensino de Ciências Ambientais a partir de uma sequência didática**

Discente: Rosa de Fátima Silva Atroch

Orientadora: Maria Paula Cruz Schneider

Questionário

Informações gerais

ESCOLA: _____

1- Qual sua formação?

2- Qual (is) disciplina (s) você ministra?

3- Quanto tempo você tem de docência?

Sobre a sequência didática

4- Você sabe o que é uma sequência didática?

() SIM () NÃO

5- Você já utilizou uma sequência didática em suas aulas?

() SIM () NÃO

6- Caso **não tenha** utilizado uma sequência didática em suas aulas, qual (is) motivo (s) impediu (ou impediram) você de utilizá-la? Obs.: Marcar todas as alternativas que se enquadram como motivos.

() NÃO SEI O QUE É UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

() NÃO VEJO NECESSIDADE DE UTILIZAR UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

() A SEQUÊNCIA ESTAVA FORA DA MINHA REALIDADE PRÁTICA.

APÊNDICE C – MATRIZ DE REQUISITOS AVALIADA PELOS PROFESSORES



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
 MESTRADO PROFISSIONAL

Título: Cianobactérias e poluição da água: uma prática no ensino de Ciências Ambientais pela produção de sequência didática

Rosa de Fátima Silva Atroch

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Paula Cruz Schneider

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Ataide Malcher

Analisando a Sequência Didática sobre Cianobactérias e Poluição das Águas

| DIMENSÃO | ASPECTO | SIM | NÃO | PARCIAL- MENTE | COMENTÁRIOS |
|-----------------------|---|-----|-----|-------------------|-------------|
| Alterabilidade | A sequência permite ser alterada de acordo com as necessidades de quem a utiliza? | | | | |
| Interdisciplinaridade | Permite a inter-relação com outras disciplinas? | | | | |
| Estruturação Didática | O tempo proposto na sequência está de acordo com a dinâmica da escola? | | | | |
| | A sequência propõe novas metodologias? | | | | |
| | A sequência está organizada de forma clara? | | | | |
| | Os materiais propostos nas atividades são de fácil acesso? | | | | |
| | A apresentação visual da sequência é agradável? | | | | |
| | A sequência é aplicável? | | | | |
| Conteúdos/Conceitos | O conteúdo está de fácil entendimento? | | | | |
| | Há algum equívoco de conceituação? | | | | |
| | A quantidade de conteúdo está adequada ao tempo proposto? | | | | |
| | Os conteúdos propostos na | | | | |

| | | | | | |
|---------------------------|--|------------|------------|---------------------------|--------------------|
| | sequência estão de acordo com o currículo da escola? | | | | |
| | As imagens estão claras? | | | | |
| DIMENSÃO | ASPECTO | SIM | NÃO | PARCIAL- MENTE | COMENTÁRIOS |
| Objetivos de Aprendizagem | A sequência apresenta objetivos claros a serem alcançados? | | | | |
| | Os objetivos a serem alcançados são simples? | | | | |
| | A sequência apresenta recursos de verificação de aprendizagem adequados? | | | | |

Outras considerações:

APÊNDICE D - PRÉ-TESTE APLICADO AOS ALUNOS

Escola Stella Maris

Cidade: Soure-Pa

Data: ___/___/____

Aluno (a) _____

Turma: _____

Observe as imagens abaixo e responda:



1) Quais as diferenças que você observou entre estas imagens?

2) O que você acha que poderia ter provocado estas diferenças?

3) Você acha que a água da imagem 1 pode ser utilizada pelo homem? Por quê?

4) Você acha que a água da imagem 2 pode ser utilizada pelo homem? Por quê?

5) Caso você ache que alguma das imagens apresenta uma água que não pode ser utilizada, o que você acha que poderia ser feito para que ela não chegue a este ponto?

APÊNDICE E – PÓS-TESTE APLICADO AOS ALUNOS

Escola Stella Maris

Cidade: Soure-Pa

Data: ___/___/____

Aluno (a) _____

Turma: _____

Observe as imagens abaixo e responda:



1) Quais as diferenças que você observou entre estas imagens?

2) O que você acha que poderia ter provocado estas diferenças?

3) Você acha que a água da imagem 1 pode ser utilizada pelo homem? Por quê?

4) Você acha que a água da imagem 2 pode ser utilizada pelo homem? Por quê?

5) Caso você ache que alguma das imagens apresenta uma água que não pode ser utilizada, o que você acha que poderia ser feito para que ela não chegue a este ponto?

6) Cite alguns termos novos que você conheceu durante as nossas aulas e explique-os.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA:

Cianobactérias e Poluição das Águas

Rosa de Fátima Silva Atroch

Orientadora: Dr^a Maria Paula Cruz Schneider

Co-orientadora: Dr^a Maria Ataíde Malcher

O QUE É SEQUÊNCIA DIDÁTICA?

A Sequência Didática (SD) caracteriza-se por uma série de atividades sistematizadas que abordam determinado tema a ser desenvolvido com os alunos. Tais atividades de cunho pedagógico são relacionadas entre si, acontecem por etapas e têm como objetivo o entendimento acerca de um tema (Zabala 1998, Vargas & Magalhães 2011).

Numa SD, para se alcançar os objetivos propostos, são utilizadas múltiplas estratégias como, por exemplo, experimentos, produção de texto, leitura, aula de campo ou dialogada, entre outras (Barros-Mendes et al 2012, Barros et al 2014).

A estrutura de uma sequência didática pode variar bastante, a presente sequência possui tema, conteúdos a serem abordados, objetivos, justificativa, desenvolvimento das aulas e avaliação. Ao final desta sequência são disponibilizados materiais que podem auxiliar no desenvolvimento das aulas.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| Sobre a Poluição das Águas e as Cianobactérias | 1 |
| A Temática e o Currículo | 2 |
| Tema: Poluição da Água | 2 |
| Conhecendo a temática: Aulas 1 e 2 | 3 |
| Investigando o Cotidiano: Aulas 3 e 4 | 4 |
| Organizando as Ideias: Aulas 5 e 6 | 5 |
| Socializando a experiência: Aulas 7 e 8 | 5 |
| Material de Apoio | 6 |
| Referências | 10 |

Sobre a poluição das águas e as cianobactérias

A água é condição para a existência de vida no planeta, participando das inúmeras reações bioquímicas que ocorrem no organismo. Cerca de 70% do corpo humano é composto por água, outros seres vivos, como as águas vivas, possuem entre 95% e 99% de água em sua composição corporal (Oliveira & Molica 2017).

Aproximadamente ¾ da superfície do planeta Terra são cobertos por água, que está distribuída entre rios, lagos, oceanos e geleiras. Há ainda a água subterrânea, de significativa importância para o abastecimento humano. De toda essa água, 97% é salgada (oceanos), restando 3% de água doce, destes, 97% são de água subterrânea. No entanto, menos de 0,1% está disponível em forma de água doce líquida para consumo. Essa pequena porcentagem é destinada para os diversos usos humanos como o uso doméstico, industrial, recreação, agricultura, indústria, hidrelétrica, entre outros. O uso inadequado da água como desperdício e poluição dos corpos hídricos, resulta em diminuição da sua qualidade e quantidade disponível para consumo

(Oliveira & Molica 2017).

Quando a entrada de efluentes orgânicos como esgoto e lixo, por exemplo, é maior do que a capacidade que os ecossistemas aquáticos possuem de degradá-los tem-

pororganismos é chamado de floração e ocorre em ambientes eutrofizados, deixando a água com aspecto esverdeado e com cheiro desagradável, a água torna-se imprópria para consumo (ANA 2016).



Floração de cianobactérias em ambiente eutrofizado. Fonte: Molica 2017.

se um problema instalado. O aumento da quantidade de nutrientes na água oriundos desses materiais orgânicos despejados é chamado de eutrofização. Nesse processo a quantidade de oxigênio dissolvido diminui, a turbidez da água aumenta e ocorre a morte de organismos. Por outro lado, cianobactérias que têm como fonte de energia principalmente fósforo e nitrogênio, podem se multiplicar enormemente. O crescimento exagerado desses mi-

As cianobactérias são seres microscópicos, procarióticos que realizam fotossíntese. Se desenvolvem melhor a temperaturas entre 15°C e 30°C, pH de 6 a 9 e altas concentrações de nutrientes, em especial nitrogênio e fósforo (Bicudo & Menezes 2010). São organismos capazes de se adaptar a diversos ambientes, estando distribuídos na água doce, salgada, ambientes vulcânicos e salinos, por exemplo. Algumas espécies produzem compostos tóxicos chamados de cianotoxinas. Estes compostos promovem danos à saúde humana e são classificados de acordo com sua ação no organismo (Bicudo & Menezes 2010).



Diversidade de cianobactérias. Fotos: Laboratório de Genômica e Biologia de Sistemas-UFFPA



Fonte: BRASIL 1998.

A temática e o Currículo

O documento do Ministério da Educação que direciona o currículo escolar já deixa clara a importância de envolver os estudantes em processos de aprendizagem que levam em consideração a relação dos conteúdos estudados em sala com o cotidiano. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) no âmbito do ensino de Ciências Naturais a mobilização de conhecimentos adquiridos

pela vivência e pela cultura relacionados a muitos conteúdos em situações de aprendizagem na escola é um pressuposto básico para a aprendizagem significativa.

O eixo "Vida e Ambiente" proposto nos PCNs de Ciências Naturais busca promover a ampliação do conhecimento sobre a diversidade da vida nos ambientes naturais ou transformados pelo ser humano tendo em vista a criticidade acerca das

relações homem/natureza.

Apoiados nos PCNs, os livros didáticos de Ciências Naturais do 6º ano, abordam os conteúdos relacionados à água, seus usos e os problemas ambientais oriundos da deficiente gestão dos recursos hídricos e da tensa relação entre as atividades humanas e o ambiente natural. Desta forma, a presente sequência didática, direciona-se às aulas de Ciências do 6º ano do ensino fundamental.

"(...)a escola tem o dever de orientar para os usos e cuidados com este recurso fundamental para a vida no planeta."

Tema: Poluição da água

Objetivos: Conhecer e discutir os fatores poluidores da água, suas origens, consequências e discutir medidas antipoluição.

Justificativa: A poluição da água tem crescido com o aumento das populações humanas e se tornado um problema mundial. Portanto, a escola tem o dever de orientar para os usos e cuidados com este recurso fundamental para a vida no planeta. Muitas cidades e comunidades não dispõem de coleta de esgoto, muito menos de seu tratamento, sendo o ambiente aquático depósito de rejeitos. Os alunos precisam ser levados à uma reflexão sobre a atual situação da água e as consequências de cada atitude do seu cotidiano relativa a utilização e cuidado com a água.

Público: Alunos do 6º ano do ensino fundamental

Tempo estimado: 8 aulas de 40 minutos cada.

Poluição em água do lago.
Foto: overcrew / Shutterstock.com



SEQUÊNCIA DIDÁTICA:
CIANOBACTÉRIAS E POLUIÇÃO
DAS ÁGUAS

Conhecendo a Temática: Aulas 1 e 2

Tempo de realização: 2 aulas de 40 minutos cada

Material necessário: Datashow ou televisão, computador e caixa de som.

Conteúdo:

- A água e sua importância
- A poluição da água
- Eutrofização
- Florescimentos de cianobactérias

Objetivo

- Apresentar a problemática a partir dos conceitos de eutro-

fização. Identificar os principais poluidores da água, os microrganismos que proliferam em ambientes eutrofizados e discutir a importância de cuidar da água, bem como alertar para o perigo de florações de cianobactérias.

Justificativa

A qualidade da água é alvo de preocupação por parte das entidades governamentais e não governamentais tendo em vista o acelerado processo de urbanização e industrialização associado à escas-

sez de coleta e tratamento de esgoto nos municípios brasileiros. É importante que os alunos tenham clara a dimensão da problemática da escassez de água de qualidade e discutam alternativas para o cuidado com a água a partir do conhecimento da temática.



Vídeo didático a ser exibido como introdução a temática

- Desenvolvimento

Desenvolvimento:

- 1-** Antes da exibição do vídeo é importante que os alunos já tenham familiaridade com os termos relacionados à eutrofização e cianobactérias, mas não é obrigatório, pois o vídeo é bem explicativo. Inicialmente faça perguntas básicas para reflexão a respeito do tema. Algumas perguntas que poderão ser feitas estão disponíveis no Material de Apoio 1 desta sequência. Anote as respostas dos alunos ou peça para eles anotarem e entregarem, elas servirão para analisar a evolução conceitual dos alunos.
- 2-** Após essas considerações, exibir o vídeo “A poluição da água e as cianobactérias” que tem duração de 8 minutos e 27 segundos. Em seguida, fazer alguns esclarecimentos e indagações sobre o vídeo.
- 3-** Organizar os alunos em grupos e encaminhá-los para a biblioteca, sala de informática ou mesmo permanecer em sala e providenciar livros e outros materiais que os alunos possam utilizar. Orientá-los para que façam uma pesquisa sobre quais são os fatores que influenciam no processo de eutrofização e na proliferação de cianobactérias. Cada grupo deverá produzir uma tabela de acordo com o modelo do Material de Apoio 2, desta sequência e entregar no mesmo dia.
- 4-** Solicitar que os alunos, ao longo de seu caminho entre a sua casa e a escola, observe ambientes eutrofizado e/ou fontes poluidoras como esgoto e lixo.

“A qualidade da água é alvo de preocupação por parte das entidades governamentais e não governamentais”

Fontes de pesquisa

A seguir, alguns livros e links que poderão ajudar na pesquisa:

Link Cartilha “A poluição das águas e as cianobactérias”: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/195/1/Cartilha%20a%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20das%20%C3%B1guas%20FPE.pdf>

Este link dará acesso direto a uma cartilha desenvolvida pelo Instituto Federal de Educação de Pernambuco em parceria com a Agência Nacional das Águas.

Link Vídeo “A poluição das águas e as cianobactérias”: <https://www.youtube.com/watch?v=poPlwYkNg0g>

Livros didáticos:

Costa A. & Serivano C. N. 2012. *Oficina do Saber: Ciências* — 6º ano. 1. ed. - São Paulo: Leya.

Catavani A, Aguiar J. B., Roselino, F. T. 2015. *Para viver juntos: Ciências da Natureza* — 6º ano. 4. ed. — São Paulo: Edições SM.

Bezerra L. M. 2015. *Universos: Ciências da Natureza* — 6º ano. 3ª ed. — São Paulo: Edições SM.

São livros que tratam da temática e são encontrados facilmente nas bibliotecas das escolas. Além destes, existem muitos outros livros de 6º ano que abordam a temática e também são de fácil acesso.



Cartilha disponível no link

PÁGINA 4



Fonte: Microsoft-Office 2010

Durante a visita, orientar que os alunos identifiquem fontes poluidoras

Investigando o Cotidiano: Aulas 3 e 4

Tempo de realização: 2 aulas seguidas de 40 minutos cada

Material necessário: Tabela de pesquisa dos alunos.

Conteúdo:

- Fatores de eutrofização

Objetivos

Reconhecer na prática os fatores que influenciam no desenvolvimento do processo de eutrofização.

- Desenvolvimento

1- Ainda reunidos em sala é importante lembrá-los de regras básicas de comportamento durante a visita, organizá-los de acordo com os seus grupos, pedir que levem a folha da pesquisa com apoio para escrever e lápis ou caneta para anotações.

2- Levar os alunos para observar a qualidade da água da escola, as condições de armazenamento e distribuição da água, bem como a situação do destino do esgoto da escola. Durante a observação, orientar que os alunos identifiquem fontes poluidoras (lixo, material orgânico, despejo de esgoto...), marquem na tabela produzida durante a pesquisa que realizaram em grupo e registrem o que identificarem.

3- Confrontar o observado em casa e na rua com a observação dentro da escola.

4- Ao fim da aula, solicitar que cada equipe providencie uma folha de papel 40 kg, canetinhas coloridas, lápis de cor e imagens relacionadas ao tema para a próxima aula.

Observações:

Talvez essa atividade leve um pouco mais do tempo previsto, uma alternativa seria negociar com os professores das aulas seguintes e, até, convidá-los para a atividade e propor um trabalho interdisciplinar.

Se não houver um lugar próximo da escola para visitar, será necessário organizar, com antecedência, um transporte (modelo de solicitação de transporte no Material de Apoio 4).

Caso a realidade da turma permita, seria interessante pedir que registrem com fotos e imprimam algumas imagens para serem utilizadas nos painéis da aula seguinte.

Organizando as Ideias: Aulas 5 e 6

Tempo de realização: 2 aulas de 40 minutos cada.

Material necessário: Papel 40 Kg, canetinhas coloridas, lápis de cor e figuras relacionadas à temática.

Conteúdo:

- A ação humana no ambiente aquático

Objetivo

- Relacionar os conteúdos com as ações cotidianas.

- Desenvolvimento

- 1- Inicie a aula solicitando que cada equipe diga palavras ou frases que possam resumir o que foi observado na visita. Discuta com os alunos se eles observaram a presença de influência antrópica nas ruas, em casa e na escola, discorrendo sobre os impactos da ação humana no ambiente aquático com ênfase na eutrofização e floração de cianobactérias.
- 2- Estimular que indiquem medidas a serem tomadas para evitar a poluição da água.
- 3- Após as discussões, solicitar que cada grupo escolha uma forma de expressar o que foi discutido, por exemplo, painel, história, livreto, poesia, música, entre outros. Cada grupo deve usar os fatores e situações observados nas aulas anteriores para criar o seu material. Nessa etapa seria interessante interagir com o (a) professor (a) de Língua Portuguesa para enriquecer a dinâmica.

Socializando a Experiência: Aulas 7 e 8 - Avaliação

Tempo de realização: 2 aulas de 40 minutos cada

Material necessário: Todos os materiais produzidos pelos alunos, fitas adesivas para fixar painéis, mesas para expor as produções.

Conteúdo:

- Água e cidadania.

Objetivos

Externalizar o que foi discutido em sala, tendo os alunos como agentes multiplicadores. O que lhes confere maior responsabilidade sobre a difusão do conhecimento e a problemática compartilhados durante as aulas.

- Desenvolvimento

- 1- Ainda em equipes, organizar os materiais na área de convívio comum dos alunos e funcionários da escola.
- 2- Cada grupo compartilha oralmente e visualmente com a comunidade escolar as informações trocadas durante as aulas, expondo suas produções.

I- SUGESTÃO DE QUESTÕES INICIAIS PARA OS ALUNOS

Por que a água é importante?

Para que usamos a água?

Tem muita água no planeta para nosso consumo?

O que é eutrofização?

O que são cianobactérias?

Água com a cor verde e cheiro ruim é boa para consumo? Por quê?

MODELO DE AUTORIZAÇÃO PARA ATIVIDADE EXTRACLASSE E UTILIZAÇÃO DE IMAGEM

AUTORIZAÇÃO

Eu _____ responsável
vel legal pelo (a) estudante
_____, autorizo sua
participação na atividade extraclasse que ocorrerá no dia
_____ sob a supervisão do (a) professor (a)
_____.

Autorizo também a utilização das imagens produzidas durante a atividade, podendo ser exibidas: parcial ou total em apresentação audiovisual, publicações e divulgações em exposições de cunho educacional.

Cidade, ____ de _____ de 20XX.

Responsável

MODELO DE SOLICITAÇÃO DE TRANSPORTE

ESCOLA (nome da escola)

Ofício nº XX/20XX

Cidade, __de_____de 20XX.

Ao/A: (Órgão que irá ceder o transporte)

Sr. (a) Nome da autoridade

Assunto: Solicitação de transporte para atividade extracurricular

Senhor (a),

No intuito de aproximar os conteúdos trabalhados em sala com o cotidiano do aluno, praticando, assim, a indissociabilidade entre teoria e prática, realizaremos, dentro da disciplina Ciências Físicas e Biológicas, uma atividade extracurricular de visitação ao (a) local no dia / / com o objetivo de observar a eutrofização e os fatores que geram tal evento.

Sendo assim, solicitamos que seja disponibilizado (indicar meio de transporte como: vans, micro-ônibus, ônibus) para transportar os estudantes, com saída do(a) local de saída às h e retorno às h.

Certos de contarmos com Vossa colaboração, elevamos votos de apreço e consideração.

Diretor(a)

Professor(a)

- Agência Nacional de Águas (ANA). 2016. *Conjuntura dos recursos hídricos: informe 2016*. Brasília, DF. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.
- Barros L. da S., Pereira U. C., Andrade K. dos S. 2014. Sequência didática: uma proposta metodológica ao ensino de língua materna. *In: 18º Congresso Nacional de Linguística e Filologia (CNLF)*, Rio de Janeiro. Disponível em: http://www2.fct.unesp.br/pos/ensino_fisica/dissertacoes/2015/sergio.pdf. Acesso em: 29 de nov. de 2017.
- Bicudo C.E.M. & Menezes M. 2010. As algas do Brasil. *In: Forzza, R. C. et al (org.). Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]*. Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Vol. 1.
- Brasil 1998. *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos: Ciências Naturais*. Brasília, DF.
- Oliveira E. J. A. de & Molica J. R. 2017. *Cartilha A poluição das águas e as cianobactérias*. Recife: IFPE, 2017. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/195?mode=full>. Acesso em 12 de dezembro de 2017.
- Vargas S. L. & Magalhães L. M. 2011. O gênero tirinhas: uma proposta de sequência didática. *Revista Educação em Foco*. 16(1) 119-143. Disponível em: <http://www.ufjf.br/revistaedufoco/files/2012/08/Texto-05.pdf>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.
- Zabala A. 1998. *A prática educativa: como ensinar*. Trad. Ernani F. da Rosa Porto Alegre, ArtMed. p. 244.