

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
NÚCLEO DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

FELIPE DE ARAÚJO MESQUITA

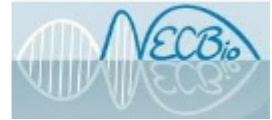
**O TERCEIRO DOMÍNIO DA VIDA: ANÁLISE DO ENSINO
DE *ARCHAEA* EM ESCOLAS DE ENSINO MÉDIO DO
DISTRITO FEDERAL**

Brasília

2021



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Núcleo de Educação Científica - NECBio



LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

FELIPE DE ARAÚJO MESQUITA

O TERCEIRO DOMÍNIO DA VIDA: ANÁLISE DO ENSINO DE *ARCHAEA* EM ESCOLAS DE ENSINO MÉDIO DO DISTRITO FEDERAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Núcleo de Educação Científica do Instituto de Ciências Biológicas como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

Prof^ª. Dr^ª. Marlene Teixeira De-Souza

Orientadora

Brasília

2021

MM582t Mesquita, Felipe de Araújo
O terceiro domínio da vida: análise do ensino de Archaea em escolas de ensino médio do Distrito Federal / Felipe de Araújo Mesquita; orientador Marlene Teixeira De-Souza. -- Brasília, 2021.
75 p.

Monografia (Graduação - Ciências Biológicas, Licenciatura) -- Universidade de Brasília, 2021.

1. Domínio Archaea. 2. Ensino de Microbiologia. 3. Livro Didático. I. De-Souza, Marlene Teixeira, orient. II. Título.

Dedico este trabalho a todos os pesquisadores, que ao longo da história, e atualmente, devotam esforço e tempo para explicar esse esplêndido grupo de microrganismos que são as archaeas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, sobretudo minha mãe Shirlei e meu pai José Airton. Vocês são as pessoas mais importantes na minha vida. Agradeço minha mãe, que nunca mediu esforços para ajudar nos meus estudos, estando sempre disposta para que eu realizasse as minhas atividades acadêmicas da melhor maneira possível. Agradeço pelo incentivo, pelas conversas e pelo apoio que a senhora me proporcionou mesmo nos momentos de dificuldade. Ao meu pai, cujas histórias de sua formação acadêmica em Química na UnB, me incentivaram a entrar nessa grande instituição de ensino. Às minhas irmãs Letícia e Fernanda, que nutro bastante respeito e admiração.

À Universidade de Brasília, que me proporcionou uma ótima formação, não só como profissional, mas também como ser humano; e todos os professores que participaram nessa jornada, especialmente, a professora Marlene que me orientou nesse trabalho da melhor forma possível. Desde que entrei em seu laboratório no início de 2018, venho aprendendo cada vez mais, e sei que novas conquistas aparecerão como fruto dessa parceria. Agradeço também aos professores João Paulo e Cristiane, que dedicaram tempo e esforço para guiar a mim e os demais estudantes na elaboração dos trabalhos; e as professoras Maria Rita e Cynthia Kyaw que de bom grado aceitaram em participar como membros titulares na banca de defesa desse estudo.

Agradeço à Biblioteca Pública do Gama e seus funcionários, que pacientemente e com carinho me ajudaram, para que eu pudesse contatar os livros de Biologia utilizados na escrita dessa pesquisa. Aos coordenadores, professores e estudantes das três escolas que visitei, que apesar da dificuldade atual decorrente da pandemia do novo coronavírus, ajudaram-me na obtenção dos dados nessa pesquisa.

Ao Maycon, grande amigo e companheiro que ao longo desses últimos anos sempre me incentivou a estudar na busca de uma vida melhor. Agradeço o apoio e os momentos de diversão que você tem me proporcionado.

Por fim, agradeço aos meus parceiros de graduação: Ademar, Amanda, Ana Clara, Claysson, Maria Clara, Laís e Pedro Henrique. Obrigado por todos esses anos em que tive a companhia de vocês desde o primeiro semestre de graduação. Agradeço cada momento compartilhado nos trabalhos, campos, nos momentos de lazer e nos momentos difíceis. Todos vocês são uma grande inspiração para mim, e me motivam a seguir meu sonho de biólogo e professor. Eu sei que a amizade de vocês vou levar para toda a vida.

RESUMO

Os membros do domínio *Archaea* são um grupo de microrganismos procariontes. As semelhanças com as bactérias levaram ao agrupamento desses dois domínios de procariotos em uma mesma categoria taxonômica em vários sistemas de classificação ao longo dos anos. Esse caráter histórico influencia o ensino de *Archaea* atualmente. Vários são os desafios ainda presentes no ensino desses microrganismos no nível da educação básica, incluindo livros didáticos, currículos, formação docente, modalidades e ferramentas didáticas. O objetivo desse estudo foi analisar o ensino de *Archaea* no ensino médio em três escolas públicas do Distrito Federal, a partir da perspectiva de professores e estudantes e da análise do conteúdo de livros didáticos. Para isso, foi aplicado um questionário para professores afim de identificar os aspectos que norteiam o ensino desse tema na sala de aula; e um questionário para identificar a compreensão de aspectos teóricos básicos de *Archaea* pelos estudantes. Os livros de Biologia utilizados pelas escolas foram analisados para verificar como as archaeas são abordadas nessas obras. Os resultados mostraram que o ensino desse tema no ensino médio ocorre em um curto período e de forma tradicional e simplista pelos professores. Os estudantes não reconhecem muitas das características básicas desses microrganismos, e ainda tomam as archaeas como bactérias. Os livros didáticos mostraram uma evolução no conteúdo, porém, uma obra analisada ainda adota o sistema de classificação dos seres vivos em cinco reinos e denominam as archaeas como arqueobactérias. Ademais, os aspectos visuais e complementares nos livros ainda carecem de melhorias para atingir os objetivos do ensino sobre o tema e compreensão pelos estudantes.

Palavras-chave: domínio *Archaea*; ensino de Microbiologia; livro didático.

ABSTRACT

Archaea are a group of prokaryotic microorganisms, and similarities to bacteria have led to the joining of these two groups of microorganisms under the same taxonomic category in various classification systems over the years. This historical character influences the teaching of *Archaea* today. There are several challenges still present in teaching these microorganisms at the level of basic education, including didactic books, curricula, teacher training, modalities, and teaching tools. The aim of this study was to analyze the teaching of *Archaea* in high school in three public schools of Distrito Federal from the perspective of teachers and students as well as the analysis of the content of textbooks. For this, a questionnaire was applied to teachers to identify the aspects that guide the teaching of this subject in the classroom. Similarly, a questionnaire to identify students' understanding of basic theoretical aspects of *Archaea* was applied too. Biology books used by schools were analyzed to see how *Archaea* are addressed in these didactic books. The results showed that the teaching of this topic in high school occurs quickly and in a traditional and simplistic way by teachers. The students don't recognize many of the basic characteristics of these microorganisms, and they still identify *Archaea* as *Bacteria*. The didactic books showed an evolution in content; however, one analyzed book still adopts the classification system of living beings in the five kingdoms and denominates the *Archaea* as *Archaeobacteria*. Furthermore, the visual and complementary aspects in the books still need to be improved for a better understanding of the *Archaea* domain by the students.

Keywords: *Archaea* domain; teaching of Microbiology; didactic book.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação dos seres vivos em plantas e animais na antiguidade baseado na mobilidade	17
Figura 2 – Hierarquia dos táxons para classificação dos seres vivos adotados atualmente por pesquisadores (esquerda para direita)	18
Figura 3 – Sistema de classificação de Haeckel (1866) e Copeland (1936)	19
Figura 4 – Os cinco reinos propostos por Whittaker e modificados por Mergulhes e Schwartz	20
Figura 5 – Figura do L2 sobre as relações filogenéticas entre os organismos em cinco reinos	59
Figura 6 – Figura do L2 sobre as relações filogenéticas entre os organismos em domínios	59
Figura 7 – Exercício do L1 sobre filogenia	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sistema de classificação dos seres vivos baseado nos três domínios da vida	21
Quadro 2 - Livros selecionados para análise	34
Quadro 3 - Tabulação para análise das respostas obtidas pelo questionário dos estudantes	35
Quadro 4 - Tabulação para análise das respostas obtidas pelo questionário dos docentes	37
Quadro 5 - Critérios analisados para o conteúdo de <i>Archaea</i> nos livros didáticos	38
Quadro 6 - Presença do conteúdo do domínio <i>Archaea</i> nas aulas dos docentes	39
Quadro 7 - Respostas dos estudantes para a presença do conteúdo de <i>Archaea</i> nas aulas	40
Quadro 8 - Tempo utilizado para o ensino de <i>Archaea</i>	41
Quadro 9 - Aspectos teóricos do conteúdo de <i>Archaea</i> trabalhados pelos professores em aula	43
Quadro 10 - Resposta dos estudantes acerca das características morfológicas de <i>Archaea</i>	43
Quadro 11 - Respostas dos estudantes sobre as características filogenéticas de <i>Archaea</i> .	44
Quadro 12 - Resposta dos docentes para o ensino de <i>Archaea</i> junto a bactérias	45
Quadro 13 - Respostas dos estudantes sobre as características extremófilas de <i>Archaeas</i>	45
Quadro 14 - Respostas dos estudantes sobre a participação no microbiota e patogenicidade de <i>Archaea</i>	46
Quadro 15 - Respostas dos estudantes sobre potencialidades biotecnológicas de <i>Archaea</i>	47
Quadro 16 - Modalidades didáticas utilizadas pelos professores no ensino de <i>Archaea</i> ...	48
Quadro 17 - Ferramentas/espços didáticos utilizados pelos docentes nas aulas do domínio <i>Archaea</i>	49
Quadro 18 - Formação acadêmica dos professores sobre o domínio <i>Archaea</i>	52
Quadro 19 - Resposta dos professores sobre atualizações do domínio <i>Archaea</i>	53
Quadro 20 - Ferramentas utilizadas pelos docentes para atualização sobre <i>Archaea</i>	54
Quadro 21 - Principais resultados da análise dos livros didáticos de acordo com os critérios estabelecidos	55

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Questionário para os estudantes	70
Apêndice B – Questionário para os professores	71
Apêndice C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	73

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

a.C. – antes de Cristo

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CEM – Centro de Ensino Médio

DF – Distrito Federal

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

EJA – Educação de Jovens e Adultos

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

INL – Instituto Nacional do Livro

OMS – Organização Mundial da Saúde

pH – potencial hidrogeniônico

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

rRNA – Ácido Ribonucleico (RNA) ribossomal

SEEDF – Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

Apresentação	13
1. Introdução	14
2. Objetivos	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. Revisão de Literatura	17
3.1 O sistema de classificação dos seres vivos	17
3.2 O domínio <i>Archaea</i>	21
3.3 O ensino de <i>Archaea</i>	23
3.4 O livro didático	25
3.5 Evolução do conteúdo de <i>Archaeas</i> em livros de Biologia	27
4. Metodologia de Pesquisa	30
4.1 Caracterização do tipo de pesquisa	30
4.2 Contexto da realização da pesquisa	30
4.2 Coleta de dados	31
4.3 Aspectos éticos e legais da pesquisa	32
4.4 Escolas participantes	32
4.4.1 Centro de Ensino Médio 01 do Gama	32
4.4.2 Centro de Ensino Médio 02 do Gama	32
4.4.3 Centro de Ensino Médio 417 de Santa Maria	33
4.5 Caracterização dos professores	33
4.6 Escolha dos livros didáticos	33
4.7 Análise de dados	34
4.7.1 Questionário de estudantes	34
4.7.2 Questionário de professores	36
4.7.3 Livros didáticos	38
5. Resultados e Discussão	39
5.1 Presença do tema em aula	39
5.2 Aspectos teóricos básicos de <i>Archaeas</i>	42
5.3 Modalidades e ferramentas didáticas utilizadas	48
5.4 Formação acadêmica e atualizações de docentes	52
5.5 Livros didáticos	54
5.5.1 Aspectos teóricos	55
5.5.2 Aspectos visuais	58
5.5.3 Aspectos complementares	60
6. Considerações Finais	62
7. Referências Bibliográficas	64
Anexo I. Figura do L1 sobre as relações filogenéticas entre os organismos em domínios ...	74
Anexo II. Figura do L1 sobre ambientes detentores de <i>Archaea</i> (Mar Morto)	74
Anexo III. Figura do L1 sobre ambientes detentores de <i>Archaea</i> (Parque Yellowstone)	74
Anexo IV. Figura do L2 sobre ambientes detentores de <i>Archaea</i> (Parque Yellowstone)	75
Anexo V. Figura do L2 sobre ambientes detentores de <i>Archaea</i> (Lago na África)	75

APRESENTAÇÃO

A minha afinidade pela Biologia começou muito cedo, desde quando era criança. Nas viagens de família eu sempre ficava admirado com as paisagens e com os animais que me eram apresentados ao decorrer da estrada. Eu ficava encantado com a singularidade de cada ser vivo que observasse, desde uma ave no céu a uma “simples” formiga vagando pelos diversos cantos. Na minha opinião a natureza é perfeita. Essa perfeição é a clara manifestação da existência de Deus, esse não como uma divindade detentora de poder e devoção, mas sim como a própria essência da vida.

No ensino médio a disciplina de Biologia era a minha favorita. Tanto no segundo, como no terceiro ano, lembro-me que, por coincidência, as duas aulas dedicadas a essa disciplina eram ministradas nos dois últimos horários da sexta-feira. Mesmo assim eu ficava ansioso pelas aulas. Entender como a vida funciona e os múltiplos aspectos associados sempre me deixava curioso. Essa afeição pela Biologia me incentivou a cursar Ciências Biológicas na Universidade de Brasília.

Durante a graduação uma das disciplinas que mais gostei foi a de Microbiologia, o que posteriormente me levou a realizar estágio na área e ingressar atualmente no curso de mestrado do programa de pós-graduação em Biologia Microbiana. Nas aulas de Microbiologia, porém, foi me chamado atenção para um grupo de microrganismos que nunca tinha ouvido falar antes: as archaeas. Percebi que durante o ensino médio nunca foi mencionado esse grupo de microrganismos tão importante, e que apresenta alta diversidade e que nos fornecem muitas respostas para as relações filogenéticas na árvore da vida.

Esse estudo é resultado dessas reflexões e da grande paixão que tenho pela área. Ao identificar a ausência do domínio *Archaea* nas aulas de Biologia quando cursei o segundo ano, em 2014 no Centro de Ensino Médio 01 do Gama, me atçou a curiosidade para voltar em minha antiga escola e outras instituições para saber, sete anos depois, se e como o ensino de archaeas é tratado atualmente.

1. INTRODUÇÃO

O domínio *Archaea*, também popularmente denominado arquea ou archaea, aloca microrganismos procariontes, conhecidos por pleitear ambientes extremos de temperatura, salinidade, pH, ou a combinação destes, para o crescimento e manutenção das atividades vitais da célula (MADIGAN et al., 2016). Embora a extremofilia esteja continuamente associada a esses microrganismos, muitas espécies de archaeas não necessitam de condições extremas para se desenvolverem, sendo encontradas em ecossistemas de condições compatíveis com a vida humana (RIBEIRO, 2015).

As archaeas possuem várias características em comum com células bacterianas – o segundo domínio de seres procariotos, tais como: (i) material genético circular na maioria das espécies; (ii) presença de elementos extracromossomais; (iii) ribossomos 70S e (iv) ausência de organelas membranosas (MADIGAN et al. 2016; TORTORA; FUNKE; CASE, 2016). Essas semelhanças fazem com que archaeas e bactérias sejam agrupadas num mesmo táxon superior em vários sistemas de classificação, como no clássico cinco reinos proposto por Whittaker (1969), e modificados por Margulis e Schwartz (1982).

No final da década de 1970, estudos liderados pelo estadunidense Carl Woese utilizaram sequências de genes de rRNA 16S como marcador universal para definir as relações filogenéticas entre os procariotos, resultando na divisão em dois grupos taxonômicas diferentes – *Archeobacteria* (“bactérias primitivas”) e *Eubacteria* (“bactérias verdadeiras”) (WOESE; FOX, 1977). Em outros sistemas de classificação, como o dos cinco reinos, esses dois grupos de bactérias fazem parte do reino *Monera*. Mais tarde o trabalho foi expandido para além da relação entre procariotos. Para isto, o homólogo funcional de genes de rRNA 16S (sequências de genes de rRNA 18S) de eucariotos foi incluído nas análises, levando Woese e colaboradores a estabelecer um sistema de classificação baseado em três domínios da vida: *Archaea*, *Bacteria* e *Eukarya*, onde membros de *Archaea* e *Bacteria*, apesar de possuírem aspectos metabólicos semelhantes, são alocados em grupos filogeneticamente distintos. Nesse sistema, o domínio *Eukarya* abriga os demais seres vivos eucariotos (WOESE; KANDLER; WHEELIS, 1990).

Contudo, a utilização inicial do termo *Archeobacteria* pelo próprio Woese em 1977 para se referir às archaeas, ainda gera confusões e conceitos equivocados no ensino desse grupo em nível da educação básica. Não obstante, são comuns a utilização do termo *Archeobacteria* para se referir as archaeas e a acomodação desses microrganismos no reino *Monera* em livros didáticos recentes (SANTOS; BRAGA, 2019).

De um modo geral, os livros didáticos abordam os domínios *Archaea* e *Bacteria* no mesmo capítulo. Porém, de acordo com Neves e Oliveira (2016) as obras didáticas de Biologia

não fazem a distinção correta entre ambos, levando os estudantes a associarem de maneira equivocada, que bactérias e archaeas são parte de um mesmo grupo de microrganismos. Somado a esse fato, Azevedo e Neto (2014) mostram que de onze livros analisados, sete utilizavam o sistema de classificação dos seres vivos baseado em cinco reinos, onde bactérias e archaeas são agrupadas conjuntamente, agravando ainda mais essa associação errônea. Quando abordadas, as informações sobre *Archaea* nos livros são limitadas, e não trazem características básicas como morfologia, fisiologia e reprodução, reduzindo-se a associar as archaeas às características extremófilas e sem importância para os seres humanos (NEVEZ; OLIVEIRA, 2016). Outra questão identificada foi a ausência de imagens de microscopia para representar *Archaea* nesses livros, o que prejudica a associação mental desses microrganismos pelos estudantes. Por fim, o mais agravante, são os livros que não trazem qualquer tipo de informação sobre o domínio *Archaea* (NEVES; OLIVEIRA, 2016).

O avanço nas pesquisas científicas, principalmente nas áreas de Bioquímica e Biologia Molecular, reforçam a classificação dos seres vivos proposto por Woese, sendo tal sistema de classificação bem estabelecido atualmente (EME et al., 2017). Dessa forma, o reino *Monera* caiu em desuso e não apresenta mais valor taxonômico. Contudo, muitos professores ainda oferecem informações desatualizadas a esse respeito, principalmente aqueles com formação acadêmica anterior ao descobrimento de células do domínio *Archaea* ou quando o tema era abordado de forma mais superficial nos cursos de graduação (MORESCO et al., 2017).

Outros desafios no ensino de *Archaea*, comum ao ensino de Microbiologia em geral, são a dificuldade de associação dos estudantes a um mundo microbiano não observável a olho nu (KIMURA et al., 2013). O ensino desse tema é ainda realizado de forma tradicional nas escolas públicas brasileiras, caracterizado pelo formato teórico-conceitual e com baixa interação professor-estudante-conteúdo (MEDEIROS et al., 2017). A falta de espaços e material adequados como laboratórios e microscópios, tão importantes para o ensino de Microbiologia, pode não despertar o interesse dos estudantes sobre as archaeas, e levar a uma compreensão mais limitada ainda sobre o assunto (BARBOSA; BARBOSA, 2010).

O ensino sobre o domínio *Archaea* na educação básica no Distrito Federal (DF) se dá normalmente no segundo ano do ensino médio. Entretanto, no documento oficial de Replanejamento Curricular proposto pelo governo do DF em 2021, embora esteja programado o ensino do domínio *Archaea*, esses microrganismos estão agrupados com o domínio *Bacteria* dentro do reino *Monera* (DISTRITO FEDERAL, 2021). Na esfera federal, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em suas habilidades e competências não cita o domínio *Archaea*, mencionando apenas a importância de bactérias, vírus, fungos e protozoários na saúde,

tecnologia e no meio ambiente (BRASIL, 2018). Em documentos oficiais que regem a educação, esses erros conceituais e a inexistência de informações sobre o que deve ser tratado no ensino de *Archaea* podem criar ambiguidades e levar os professores a explicar o conteúdo de forma equivocada e simplista aos estudantes, e, em algumas situações, à ausência do tema nas aulas. Baseando-se em tais premissas, surge a seguinte indagação: como o ensino de *Archaea* é abordado para os estudantes no ensino médio?

O professor e o estudante são duas peças fundamentais no processo de construção do conhecimento. Ambos se influenciam mutuamente estabelecendo a relação e a prática pedagógica (GALIZIA, 2011). O livro didático é uma ferramenta que auxilia essa construção do processo ensino-aprendizagem. Um bom livro, conciso, sem erros conceituais e informações dúbias, pode contribuir substancialmente para a qualidade do ensino (VASCONCELOS; SOUTO, 2003). O professor, o estudante e o livro didático formam nesse estudo uma tríade para se analisar como as archaeas são abordadas no ensino médio no DF, quais as dificuldades encontradas para ensinar esses microrganismos e quais os aspectos que norteiam o ensino desse tema nessa etapa da educação básica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o ensino de *Archaea* no ensino médio em três escolas públicas do DF a partir da perspectiva de professores e estudantes e da análise do conteúdo de livros didáticos.

2.2 Objetivos específicos

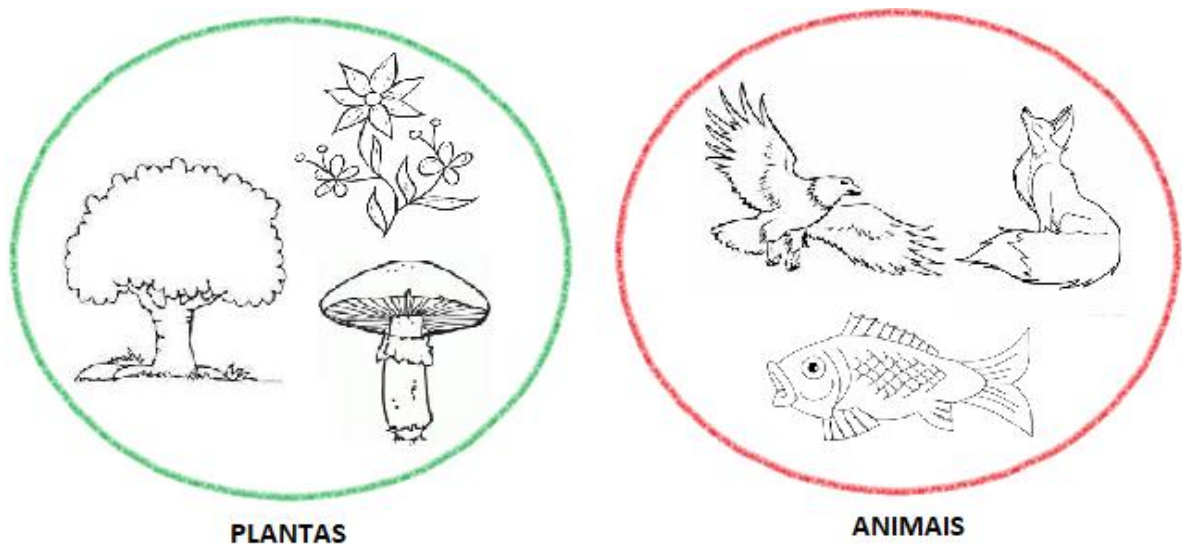
- Identificar se o tema *Archaea* é trabalhado nas aulas do ensino médio;
- Verificar se os estudantes identificam algumas das características básicas desse grupo de microrganismos;
- Verificar quais os conteúdos, modalidades e ferramentas didáticas utilizadas pelos professores no ensino de *Archaea*, bem como o tempo dedicado;
- Verificar a formação acadêmica dos professores sobre *Archaea* e a busca pessoal por atualizações científicas sobre o tema;
- Analisar o conteúdo de *Archaea* em dois livros didáticos de Biologia aprovados pelo PNLD 2018 do ensino médio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O sistema de classificações dos seres vivos

De acordo com os registros mais antigos, Aristóteles (382-322 a.C) e outros naturalistas da Grécia Antiga foram os primeiros a observar e fazer distinções básicas entre os seres vivos observáveis a olho nu. A mobilidade foi utilizada para determinar dois grandes nichos da vida. Os organismos que se moviam eram considerados animais, enquanto os que não se moviam plantas (Figura 1) (KLEPKA; CORAZZA, 2018). Em sua obra *Historia Animalium* (História dos animais), Aristóteles, além de fazer essa comparação, descreveu aproximadamente 550 espécies, diferenciando vertebrados de invertebrados e comparando mamíferos e aves (MARTINS, 2006).

Figura 1 – Classificação dos seres vivos em plantas e animais na antiguidade, baseado na mobilidade



Fonte: elaborada pelo autor.

A divisão dos seres vivos em plantas e animais perdurou por séculos, até mesmo após o surgimento do microscópio de luz no século XVII. O holandês Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) foi um importante fabricante de microscópios e contribuiu significativamente para avanços na área de Biologia Celular. Leeuwenhoek analisava amostras de variados ambientes e identificou um mundo microscópico desconhecido até então. Dentre os microrganismos

observados e descritos por Leeuwenhoek estavam bactérias e eucariotos unicelulares, que foram denominados de *animálculos* (ABARZÚA, 2020).

Entretanto, mesmo com as descobertas de Leeuwenhoek, os *animálculos* tiveram participação diminuta na clássica obra *Systema Naturae* (Sistema Natural) de Carolus Linneaus (1707-1778). Linneaus agrupou os seres vivos nos reinos Animal e Vegetal, e estabeleceu ainda o reino Mineral, para seres inanimados. Mesmo privando os *animálculos*, a grande contribuição de Linneaus foi sistematizar o conhecimento das espécies, sugerir o sistema binomial em latim ou grego e classificar os seres vivos em táxons de maior ou menor abrangência, seguindo uma hierarquia de reino até espécie, preposições utilizadas até os dias atuais, com adaptações (Figura 2).

Figura 2 – Hierarquia dos táxons para classificação dos seres vivos adotados atualmente (esquerda para direita)



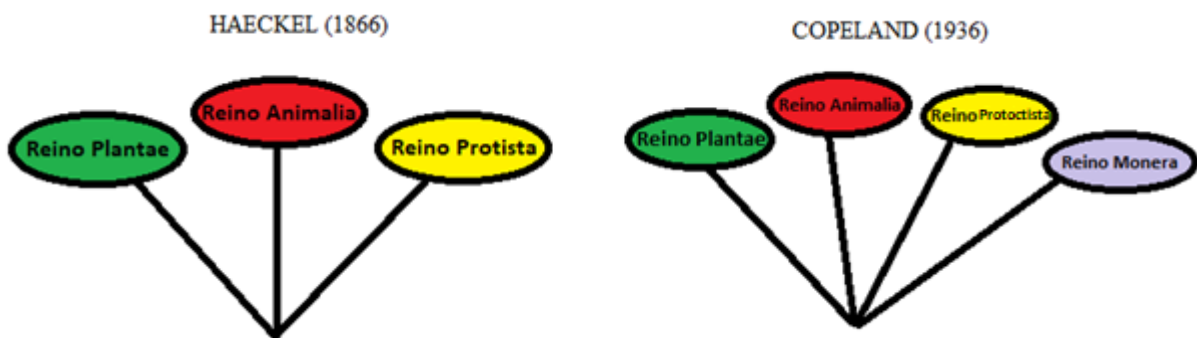
Fonte: elaborado pelo autor.

Linneaus acreditava que os seres vivos eram imutáveis. Influenciado pela religiosidade da época, os organismos teriam sido criados por uma divindade superior e não mudariam ao longo do tempo, conceito que posteriormente ficou conhecido como fixismo (MOREIRA, 2015). Porém, essa ideia foi substituída ao longo dos anos pela Teoria da Evolução, que teve avanços significativos trazidos por Charles Darwin (1809-1882) e Alfred Wallace (1823-1913). Dessa forma, os ideais evolucionistas passaram a influenciar os sistemas de classificações dos organismos vivos, e atualmente, além das características fenotípicas como as morfológicas e fisiológicas, as relações evolutivas entre os organismos passaram a ser fundamentais para construir as relações.

Ernst Haeckel foi um dos primeiros (1834-1919) a adotar a classificação dos seres vivos a partir dos princípios de relação de parentesco. Haeckel, dessa vez, incluiu os *animálculos*, que não se enquadravam em plantas e animais, como constituintes do reino *Protista*. Esse reino abrigaria todos os organismos unicelulares (LEVIT; HOSSFELD, 2019). Este modelo foi aperfeiçoado por Herbert Copeland (1902-1968) em 1936, no contexto de surgimento da

microscopia eletrônica, que possibilitou a distinção de células de microrganismos pela presença ou ausência de envelope nuclear. Os organismos desprovidos desse envoltório, como bactérias e cianobactérias (procariotos) estariam, agora, agrupadas no reino *Monera*, enquanto aqueles que apresentassem esse envoltório como fungos, algas e protozoários (eucariotos) foram alocados no reino *Protoctista*. (Figura 3).

Figura 3 – Sistema de classificação proposto por Haeckel (1866) e Copeland (1936)



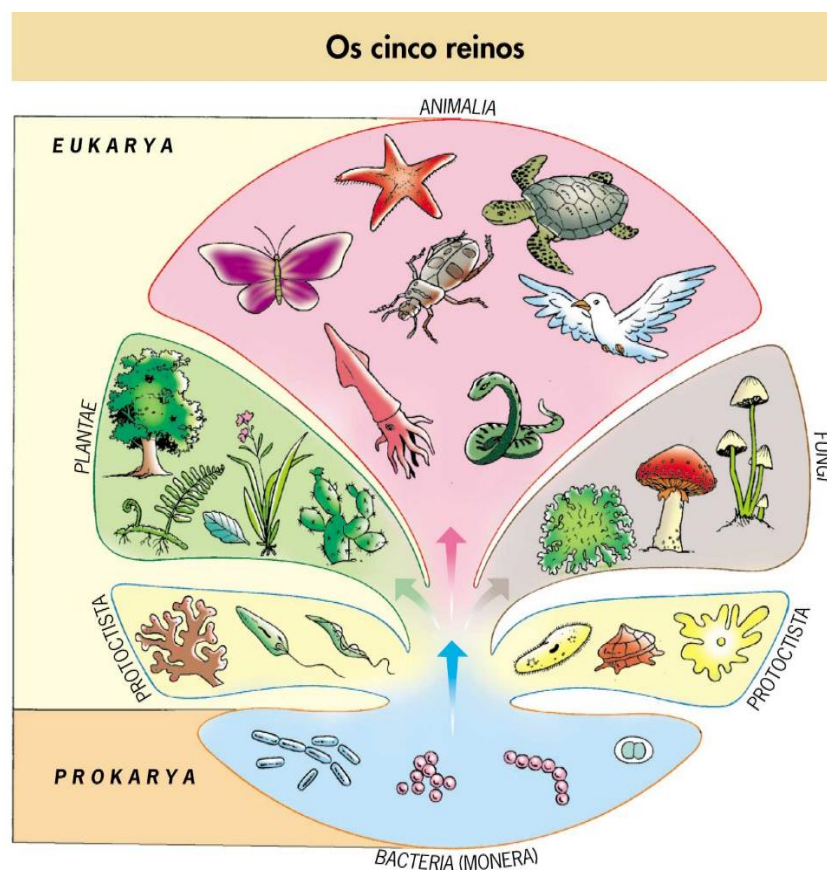
Fonte: elaborada pelo autor

Entretanto, no conceito de reino *Protoctista* de Copeland, havia uma série de limitações. Como abrigar conjuntamente organismos eucarióticos autótrofos (algas) e heterótrofos (fungos e protozoários)? Ou ainda, seres vivos eucarióticos com parede celular (algas e fungos) ou não (protozoários)? Em 1969, Robert Whittaker (1920-1980) realizou novos estudos e propôs um novo sistema de classificação. Ao verificar as características nutricionais dos organismos do reino *Protoctista*, Whittaker concluiu que os fungos, por serem heterótrofos via absorção, podiam ser classificados em um reino próprio (*Fungi*) (WHITTAKER, 1969). Porém, neste sistema de classificação, as algas macroscópicas eram alocadas em conjunto com as plantas terrestres, para que no reino *Protista* abrigasse organismos unicelulares eucariotos (algas microscópicas e protozoários) (WHITTAKER, 1969).

Como algas macroscópicas e plantas terrestres possuem características significativamente distintas, Lynn Margulis (1938-2011) e Karlene Schwartz (1936) modificaram a proposta inicial de Whittaker e reintroduziram as algas macroscópicas no reino *Protista* (MARGULIS; SCHWARTZ, 1982). Quando a modificação foi sugerida, os estudos de Carl Woese (1928-2012) e George Fox (1945), dividindo os procariotos em *Eubacteria* e *Archeobacteria*, já haviam sido publicados (WOESE; FOX, 1977). Dessa forma, as modificações propostas por

Margulis e Schwartz continuam ainda a subdivisão do reino *Monera* nos sub-reinos *Eubacteria* e *Archaea*. O clássico sistema de cinco reinos (Figura 4) tornou-se bastante famoso e foi adotado por muitos cientistas. Embora, atualmente algumas características estejam obsoletas, esse sistema de classificação ainda está presente em livros didáticos de Biologia recentes (AZEVEDO; NETO, 2014; SANTOS; BRAGA, 2019).

Figura 4 – Sistema de classificação de cinco reinos propostos por Whittaker e modificado por Margulis e Schwartz



Fonte: (CÉSAR; SEZAR; CALDINI, 2010)

Carl Woese e colaboradores estão entre os primeiros cientistas a basear os sistemas de classificações dos seres vivos em análises genéticas mais aprimoradas. Com o advento de técnicas avançadas na área de Biologia Molecular, na década de 1990, como sequenciamento de regiões de genes de rRNA 16S e 18S, Woese estabeleceu um novo sistema de classificação dos seres vivos baseado em três domínios: *Archaea*, *Bacteria* e *Eukarya* (WOESE; KANDLER;

WHEELIS, 1990). Dessa forma, como os domínios *Archaea* e *Bacteria* abrigam os microrganismos procariotos, o reino *Monera* perdeu seu valor taxonômico.

Estudos moleculares atuais reforçam o sistema de classificação proposto por Carl Woese e colaboradores (EME et al., 2017). A categoria reino não é adotada nos domínios procarióticos. Os demais microrganismos e outros organismos são alocados no domínio *Eukarya*, e são divididos nos reinos *Plantae*, *Animalia* e *Fungi*. As algas e protozoários constituem grupos independentes (MADIGAN et al., 2016). Os vírus, de natureza acelular e sem marcadores moleculares compatíveis com o sistema de classificação presentes no genoma, não se enquadram em nenhuma dessas categorias. Essa descrição está representada no quadro 1.

Quadro 1 - Sistema de classificação baseado nos três domínios da vida

Domínio	Divisões	Seres vivos
<i>Archaea</i>	-	Arqueas
<i>Bacteria</i>	-	Bactérias
<i>Eukarya</i>	Reino <i>Plantae</i>	Plantas
	Reino <i>Animalia</i>	Animais
	Reino <i>Fungi</i>	Fungos
	Grupos Independentes	Protozoários e Algas

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 O domínio *Archaea*

Archaeas são um grupo de microrganismos procariontes, que apresentam alta biodiversidade, sendo encontradas na natureza com diversos tipos de morfologia, desde cocos, bacilos, espirilos, espiroquetas, até formas menos frequentes (MADIGAN et al., 2016). A bicamada fosfolipídica apresenta estrutura diferenciada se comparada a outros seres vivos, constituindo-se, em algumas espécies, e notadamente as termófilas, de uma única camada de fosfolipídeos, estratégia que permite limitar a fluidez da membrana em temperaturas elevadas (DE ROSA et al., 1994). Além disso, as membranas biológicas da maioria das archaeas não possuem ácidos graxos, sendo formadas a partir de hidrocarbonetos com ligações do tipo éter ao glicerol (MADIGAN et al., 2016).

A parede celular é composta principalmente de pseudomureína, estrutura semelhante ao peptideoglicano encontrada na maioria das bactérias. Podem apresentar ainda, uma camada

adicional externa constituída de proteínas ou glicoproteínas, denominada camada S (OLIVIERA, 2018). Ao analisar os sistemas de processamento da informação genética, percebe-se que as *Archaeas* possuem padrões diferentes de replicação e transcrição do DNA e distinções no processo de tradução de proteínas, se comparadas àqueles de bactérias (CAVICHIOLO, 2011). Em adição, a presença de histonas associada ao material genético de *Archaea* demonstra que essas espécies são filogeneticamente mais relacionadas com os eucariotos (EME et al., 2017). A maioria das espécies apresenta um cromossomo circular e a duplicação do material genético ocorre simultaneamente a partir de várias origens de replicação presentes no genoma, outra característica que distingue das bactérias em geral (MADIGAN et al., 2016).

Células de archaeas podem utilizar desde gás carbônico, hidrogênio, enxofre, acetato ou diversos outros compostos como fonte de energia. Essa diversidade metabólica reflete a habilidade desses microrganismos de se desenvolverem em variados nichos ecológicos. Woese e colaboradores originalmente classificaram as archaeas em dois filos distintos: *Euryarchaeota* e *Crenarchaeota* (WOESE; KANDLER; WHEELIS, 1990). O filo *Euryarchaeota* aloca espécies metanogênicas, redutoras de sulfato, além de halofílicas e termofílicas. O filo *Crenarchaeota* abriga outros membros, principalmente, termofílicos. Atualmente mais estudos estão sendo realizados para esclarecer as relações filogenéticas entre os membros desses dois filos, além da proposição de novos filos para alocar novas espécies descritas (LIST OF PROKARYOTIC NAMES WITH STANDING IN NOMENCLATURE, 1997).

Atualmente as propriedades extremófilas de *Archaea* estimulam pesquisadores a investigar as adaptações fisiológicas que permitem esses microrganismos sobreviverem em condições ambientais inadequadas para a maioria dos seres vivos. Essas propriedades sugerem um alto potencial biotecnológico para a exploração de bioprodutos para a fabricação de cosméticos, enzimas, fármacos, suplementos e sondas moleculares (ALQUÉRES et al., 2007). As enzimas isoladas de espécies adaptadas a condições extremas permanecem biologicamente ativas sob altas temperaturas, salinidade, pH e pressão, aumentando a potencialidade desses biocatalisadores. Genes que codificam essas enzimas têm sido clonados em bactérias mesófilas para adequar as propriedades desses catalisadores para aplicação comercial em larga escala (ALQUÉRES et al., 2007).

As archaeas também estão estritamente relacionadas com os seres humanos. Conjuntamente com espécies de bactérias e fungos, constituem parte fundamental da microbiota humana, onde o sinergismo entre espécies permite que estes procariotos se

proliferem no trato intestinal e auxiliem na regulação. Entretanto, a importância dessa relação carece de maiores esclarecimentos (EINCHINGER et al., 2018).

3.3 O ensino de *Archaea*

O ensino de *Archaea* está incluído no conteúdo programático de Microbiologia na educação básica. A Microbiologia é a área da Biologia que estuda os microrganismos, seres, geralmente, não observáveis a olho nu, incluindo procariotos (archaeas e bactérias), eucariotos (fungos, protozoários e microalgas) e ainda partículas de natureza acelular, os vírus, viroides e prions (MADIGAN et al., 2016). A presença desse conteúdo nos ensinamentos fundamental e médio é respaldada pelos documentos oficiais que regem a educação atualmente. De acordo com a BNCC, a Microbiologia deve ser tratada durante o quarto ano do ensino fundamental, dentro do eixo temático “Vida e Evolução”. Segundo esse documento, o assunto deve ser abordado de modo que os estudantes desenvolvam as seguintes habilidades e competências:

(EF04CI06) Relacionar a participação de fungos e bactérias no processo de decomposição, reconhecendo a importância ambiental desse processo.

(EF04CI07) Verificar a participação de microrganismos na produção de alimentos, combustíveis, medicamentos, entre outros.

(EF04CI08) Propor, a partir do conhecimento das formas de transmissão de alguns microrganismos (vírus, bactérias e protozoários), atitudes e medidas adequadas para prevenção de doenças a eles associadas (BRASIL, 2018, p. 339).

Embora espécies de archaeas sejam um grupo de microrganismos e estejam indiretamente contempladas nas habilidades acima, percebe-se que não são mencionadas na BNCC. Nesse documento, o estudo de Microbiologia é voltado, principalmente, para bactérias, fungos, protozoários e vírus. Essa ausência se relaciona com a percepção de que archaeas e bactérias estão alocadas na mesma categoria taxonômica. Dessa forma, estariam incluídas no currículo, o que do ponto de vista conceitual é equivocado. A privação do conteúdo sobre *Archaea* já inicia, dessa maneira, na etapa do ensino fundamental. Segundo Moresco, Barbosa e Rocha (2017), quando questionados sobre tipos de microrganismos existentes, os estudantes desta etapa citaram apenas bactérias, fungos, protozoários e vírus, em detrimento de archaeas. Essa ausência de conteúdo iniciada no ensino fundamental continua até o ensino médio. Nessa etapa, a BNCC não caracteriza as archaeas e os demais microrganismos de forma apropriada, o que dificulta a seleção dos conteúdos para serem abordados em sala de aula pelos professores (BRASIL, 2018).

No DF, o conteúdo programático do Currículo em Movimento da Educação Básica do Ensino Médio de 2014 aborda o ensino de Microbiologia no 2º ano, como parte do

multiletramento de “Lógica, Análise e Representação”. Os conteúdos são: “Características gerais e ciclo de reprodução dos vírus [...] bactérias [...] protozoários [...] e fungos.” (DISTRITO FEDERAL, 2014, p. 54). Novamente, como na BNCC, as archaeas não são citadas. Embora se possa argumentar que essas estejam indiretamente ligadas ao ensino de bactérias nesses currículos, a ausência de um tópico separado, pode levar os professores a não assimilar a obrigação de ensinar o tema, ou simplesmente esquecer de incluir em aula. Embora antigo, esse currículo é usado ainda como base por muitos professores atualmente e reflete como tem sido realizado o ensino de Microbiologia em escolas públicas do DF em anos recentes.

Em 2021, em decorrência da crise sanitária mundial causada pelo SARS-CoV-2, e a consequente migração para o ensino remoto emergencial, a Diretoria de Ensino Médio da Subsecretaria de Educação Básica da Secretaria de Estado de Educação do DF (SEEDF) formulou o Replanejamento Curricular para priorizar os conteúdos dos componentes curriculares no ensino médio no período da pandemia (DISTRITO FEDERAL, 2021). Dentro do conteúdo programático de Biologia, no segundo ano, o ensino de Microbiologia engloba fungos, protozoários, vírus e os domínios *Bacteria* e *Archaea*. Contudo, esses últimos como integrantes do reino *Monera*. A importância desse currículo baseia-se no reconhecimento do domínio *Archaea* como uma categoria própria de microrganismos. Porém, ao caracterizá-los dois domínios procarióticos como integrantes do reino *Monera* há um erro conceitual grave, visto que o táxon domínio é superior a reino na hierarquia de classificação dos seres vivos (Figura 2). No domínio *Bacteria*, os conteúdos desse documento são descritos com mais propriedade. Há programado o ensino de: “[...] características, diversidade e reprodução das bactérias; importância econômica das bactérias; [...] (bacterioses) e antibióticos” (DISTRITO FEDERAL, 2021, p. 39). Já no domínio *Archaea* não há menção de conteúdo específico, o que pode levar professores a transparecer o conteúdo de *Archaea* de forma simplista e propensas a erros.

Por se tratar de microrganismos, espécies alocadas no domínio *Archaea* são seres abstratos para muitos estudantes (MORESCO; BARBOSA; ROCHA, 2017). O ensino desse tema nas escolas públicas ainda ocorre de forma descritiva e teórica, o que limita a compreensão dos estudantes sobre *Archaea* e a relação dessas com seu cotidiano. De acordo com Moresco e colaboradores (2017), em geral professores não apresentam familiaridade com atividades em laboratório, incluindo o manuseio de microscópios, o que pode desfavorecer consideravelmente aulas práticas – importantes em todos os níveis do ensino de Microbiologia e, conseqüentemente, de *Archaea*. Para Albuquerque e colaboradores (2012) o emprego de metodologias alternativas como vídeos, debates e aulas práticas no ensino de Microbiologia é

essencial para despertar o interesse dos estudantes e promover uma aprendizagem mais eficiente. Embora a carência de material e espaços adequados seja a realidade de muitas escolas públicas no DF, diversos estudos mostram metodologias alternativas rápidas e com baixo custo para realização de aulas práticas nessa área do conhecimento (CÂNDIDO et al., 2015; SILVA, 2015; GUEDES, 2019).

De acordo com Caetano e Pereira (2018), professores normalmente abordam archaeas juntamente com as bactérias no ensino médio. Os principais assuntos trabalhados no ensino conjunto desses dois grupos são: (i) características gerais dos procariontes; (ii) bacterioses; (iii) educação ambiental e (iv) atualidades (CAETANO; PEREIRA, 2018). Porém, a principal fonte para preparação das aulas de acordo com 89,4% dos professores consultados é o livro didático, que, em geral, trazem informações limitadas sobre *Archaea* (SANTOS; BRAGA, 2019). A falta de atenção de professores e a restrição de informações adicionais provenientes de outras fontes podem levar a uma transmissão superficial e errônea do conteúdo. De fato, as bacterioses, assunto abordado nas aulas dos professores entrevistados no estudo de Caetano e Pereira (2018), não possuem relação com *Archaea*, pois patologias associadas a esses microrganismos ainda não são bem caracterizadas (MADIGAN et al., 2016). Além disso, filogenia, ecologia e potencialidades biotecnológicas, temas importantes no ensino de *Archaea*, estão ausentes no conteúdo dos professores incluídos neste estudo (CAETANO; PEREIRA, 2018).

As relações filogenéticas entre os organismos podem, ainda, ser alvo de equívocos pelos próprios educadores. Um estudo realizado com 15 professores de Biologia, graduados entre 1994 e 2010, mostrou que, ao estabelecer as relações filogenéticas dos seres vivos, nenhum dos docentes mencionou o sistema de classificação baseado nos três domínios da vida: *Archaea*, *Bacteria* e *Eukarya* (MORESCO et al., 2017). A maioria dos professores ainda consideravam os procariotos como integrantes do reino *Monera*, e alguns mencionaram archaeas e bactérias como integrantes do reino *Protista* e *Animalia*.

Em síntese, o caráter histórico da associação entre bactérias e archaeas como integrantes da mesma categoria taxonômica reflete os principais desafios encontrados na atualidade para o ensino desse grupo de microrganismos na educação básica. Esses desafios perpassam a formação acadêmica dos professores, currículos, livros, modalidades e ferramentas didáticas.

3.4 O livro didático

O livro didático é uma importante ferramenta de construção do conhecimento nas instituições de ensino básico no Brasil e apresenta diversos recursos, como textos, exercícios, imagens/figuras/ilustrações, experimentos, entre outros (BASSO; TERRAZZAN, 2015). A

apresentação de conteúdo de forma lógica e sequencial nos livros direciona professores para o preparo das aulas e permitem atualizações sobre as novidades científicas em diversas áreas do conhecimento (SANTOS; BRAGA, 2019). Atualmente, mesmo com os avanços tecnológicos e a facilidade em obter informações originárias de fontes alternativas, como a *internet* e os livros digitais, o livro didático impresso continua sendo essencial na educação nacional. De fato, o livro didático é um dos instrumentos mais utilizados, senão o único, em várias escolas públicas no Brasil (DOMINGUINI, 2010).

Ao longo da história, o público atendido pelo livro didático sempre gerou controvérsias. Até a segunda metade do século XIX, o livro era de uso exclusivo de professores. Entretanto, observou-se a necessidade de os livros serem utilizados diretamente pelos estudantes. Esse entendimento modificou a linguagem demasiadamente técnica utilizadas nos livros para adaptar-se ao público geral (FREITAS; RODRIGUES, 2008).

No Brasil, o livro didático está inserido no contexto educacional desde 1937, quando foi criado o Instituto Nacional do Livro (INL) para executar as políticas públicas brasileiras do livro didático e apoiar a construção de bibliotecas públicas no país (FNDE, 2017). Em 1985, com a edição do Decreto nº 91.542 foi criado o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). A partir de 1997, toda responsabilidade de execução política do PNLD passou a ser de responsabilidade do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Com essa política, o Ministério da Educação passou a adquirir livros didáticos de alfabetização, língua portuguesa, matemática, ciências, estudos sociais, história e geografia, de forma continuada, para todos os estudantes do ensino fundamental (FNDE, 2017). O Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) foi instituído em 2003. Os primeiros livros didáticos foram distribuídos dois anos mais tarde, para os componentes curriculares de língua portuguesa e matemática. Os livros didáticos de Biologia só se tornaram acessíveis aos estudantes do ensino médio em 2007 (FNDE, 2017).

Coordenado em ciclos trienais pelo PNLD, a escolha do livro didático é um momento importante para a escola, pois permite que os docentes avaliem e escolham os livros, que atendem ao trabalho pedagógico da instituição (BASSO; TERRAZZAN, 2015). Sabe-se que o processo de escolha deve ser democrático e discutido entre os docentes, que são os detentores do conhecimento teórico-prático profissional, da maturidade e experiência. Assim, esta estratégia promove a melhor escolha, baseada na realidade dos alunos (BASSO; TERRAZZAN, 2015). Entretanto, reivindicações envolvendo o processo de escolha de livros didáticos são frequentes entre docentes. A falta de acessibilidade, manuseio do Guia do Livro Didático, além

de escolhas realizadas no último momento podem levar à adoção de livros de menor qualidade (BASSO; TERRAZZAN, 2015).

De acordo com Silva e Meglhoratti (2020), os estudos científicos que trazem análises mais precisas de livros didáticos de Biologia na última década apontam a necessidade de maior integração do conteúdo, abordagem sistêmicas dos fenômenos biológicos e contextualização de temas a partir de um caráter histórico contidos nessas obras. A falta de integração com a realidade local do aluno leva, também, a uma compreensão menos articulada e significativa da Biologia. Dessa maneira, a escolha apropriada de um livro didático deve ser realizada de modo a minimizar essas limitações (SILVA; MEGLHIORATTI, 2020).

Apesar dessas barreiras, o livro didático ainda continua exercendo grande influência em professores que atuam na educação básica, constituindo-se uma ferramenta institucional e socialmente reconhecida, que auxilia na formação de jovens na educação brasileira. O livro didático de Biologia é o principal produto, que milhares de jovens no Brasil têm acesso às explicações biológicas no espaço formal da escola.

3.5 Evolução do conteúdo sobre *Archaea* em livros de Biologia

Utilizando sequências de genes de rRNA 16S e 18S, em 1990, Carl Woese e colaboradores propuseram o atual sistema de classificação dos seres vivos, baseado em três domínios da vida: *Bacteria*, *Archaea* e *Eukarya* (WOESE; KANDLER; WHEELIS, 1990). Os avanços nas pesquisas científicas desde então reforçam os fundamentos do sistema, que é bem estabelecido atualmente (EME et al., 2017). Dessa forma, o antigo reino *Monera* caiu em desuso e não mais apresenta valor taxonômico.

A classificação de archaeas em um domínio próprio foi proposto em 1990, porém, como os livros de Biologia abordaram esse assunto ao longo dos anos subsequentes? Na 6ª edição do livro “Bio”, Lopes (1997) adota o sistema de classificação dos seres vivos em cinco reinos propostos por Whittaker em 1969 e modificados por Margulis e Schwartz. Nessa obra a autora não cita *Archaea* direta ou indiretamente, e define o reino *Monera* da seguinte maneira:

Reino Monera: organismos procariontes, unicelulares, coloniais ou não, autótrofos (fotossintetizantes ou quimiossintetizantes) ou heterótrofos. Os heterótrofos obtêm seus alimentos por absorção. Esse reino compreende as bactérias e as algas azuis (atualmente denominadas cianobactérias) (LOPES, 1997, p. 192).

O termo “alga azul” adotado pela autora é também utilizado pelos autores Morandini e Belinello (1999) na obra “Biologia Volume Único”, onde as archaeas também não são mencionadas. *Monera* é assim definido pelos autores: “O reino Monera é formado por seres

vivos muito primitivos, unicelulares e procariontes. Esse reino é dividido em dois filis: **Esquizófito** (bactérias) e **Cianófito** (algas azuis)” (MORANDINI; BELINELLO, 1999, p. 92). A definição do reino *Monera* nesse livro é ambígua, pois ao citarem “algas azuis” os autores correlacionam com cianobactérias, dando margem para compreensão de que algas, seres eucariotos, são integrantes de um grupo taxonômico que aloca exclusivamente organismos procariontes. Atualmente, embora a taxonomia dos microrganismos seja complexa e alvo de alterações constantes, as cianobactérias (algas azuis) são acomodadas no filo *Cyanobacteria* e mais de dois filis bacterianos já foram descritos (LIST OF PROKARYOTIC NAMES WITH STANDING IN NOMENCLATURE, 1997).

Amabis e Martho (2001) citam as archaeas em sua obra “Conceitos de Biologia”. Entretanto, esses autores utilizam o sistema de classificação de cinco reinos, e alocam as archaeas no reino *Monera* juntamente com as bactérias. Inclusive, nessa obra dos autores apresetam archaeas como arqueobactérias:

O **reino Monera** reúne seres procarióticos e unicelulares de tamanho microscópico: **as bactérias**. Nesse reino é incluído um importante grupo de bactérias fotossintetizantes, as **cianobactérias**. [...] Atualmente, graças à contribuição da Biologia Molecular, sabemos que o reino Monera inclui dois grupos de organismos procarióticos bem diferentes: eubactérias e arqueobactérias [...] (AMABIS; MARTHO, 2001, p.8)

Essa obra é muito importante ao reconhecer um grupo específico e diferenciado de “bactérias”, até então, não mencionado em obras anteriores. Contudo, percebe-se que as archaeas são reconhecidas como bactérias e não alocadas em um domínio próprio de microrganismos, sendo que apenas as características extremófilas são exploradas:

[...] as arqueobactérias vivem em condições ambientais extremamente rigorosas e pouco convidativas aos outros seres vivos, [...] por exemplo, vivem apenas em poças de água dezenas de vezes mais salgada que a água do mar. Outras arqueobactérias, as termoacidófilas, habitam fontes termais ácidas, [...] ou fendas vulcânicas nas profundezas dos oceanos. Existem ainda arqueobactérias metanogênicas, que vivem em pântanos e no tubo digestivo de cupins e de animais herbívoros, e que produzem gás metano (AMABIS; MARTHO, 2001, p. 23)

A caracterização de archaeas como arqueobactérias nessa obra remete aos primeiros trabalhos publicados por Woese em 1977 que demonstra a divisão de procariontes em duas categorias taxonômicas diferentes – *Archeobacteria* e *Eubacteria* (WOESE; FOX, 1977), e não na proposta de três domínios da vida de 1990 aceita atualmente. Outro erro é apontar as archaeas como microrganismos típicos de ambientes exclusivamente inóspitos à maioria dos seres vivos. Na 3ª edição do livro “Fundamentos da Biologia Moderna”, apesar de Amabis e Martho (2002)

relacionarem novamente archaeas apenas a características extremófilas, ambos autores fazem uma reconsideração muito importante:

Atualmente todos os seres vivos procarióticos estão incluídos no reino Monera. Essa classificação, no entanto, tem sido objeto de críticas pelo fato de haver dois grupos bem distintos de seres procarióticos: as **arqueobactérias** e as **eubactérias**. As diferenças bioquímicas entre esses dois grupos de organismos são tantas que alguns cientistas sugeriram que o termo bactéria fosse retirado do nome do primeiro grupo, que então passaria a ser chamado apenas de **arquea** (AMABIS; MARTHO, 2002, p. 183).

Embora, citadas nessas obras, livros de anos posteriores continuaram não mencionando as archaeas. A abordagem ou não de *Archaea* nos livros de Biologia varia, dessa maneira, de autor para autor. Na obra “Biologia em Foco” de Carvalho (2002, p. 278) “o reino *Monera* é dividido em dois grandes grupos: bactérias e cianobactérias”. Já na 2ª edição do livro “Biologia” de Uzunian e Birner (2004) é descrito que “o reino Monera é formado por bactérias e cianobactérias, seres muito simples cuja característica mais marcante é o fato de não apresentarem um núcleo diferenciado.” (UZUNIAN; BIRNER, 2004, p. 281).

Em 2007, os livros didáticos de Biologia tornaram-se acessíveis para os estudantes no ensino médio. Algumas dessas obras aprovadas para distribuição em escolas do Brasil foram: “Biologia” – 1ª edição, de Lopes e Rosso (2005) (PNLEM 2009) e “Biologia” – 10ª edição de César, Sezar e Caldini (2010) (PNLEM 2012). Em ambos os livros os autores reconhecem o sistema de classificação em três domínios de Carl Woese e colaboradores, porém, adotam e utilizam a classificação em cinco reinos:

Em 1990, o microbiologista **Carl R. Woese** propôs uma nova classificação dos seres vivos com base na análise do RNAr, um tipo de RNA presente em todos os seres vivos e, portanto, bastante útil como base de comparação. Nessa proposta, os seres vivos são classificados em três grandes grupos ou domínios, uma categoria taxonômica criada por Woese e que é superior a reino. Esses domínios são **Archaea**, **Bacteria** e **Eucarya**. [...] Levando em conta o atual status da classificação dos seres vivos, em que ainda há pouco consenso sobre as definições dos reinos, vamos adotar a classificação em cinco reinos (LOPES; ROSSO, 2005, p. 188).

O Reino Monera, como já vimos, abriga exclusivamente **organismos unicelulares procariontes**. Nesse reino estão agrupados dois tipos distintos de organismos: as **eubactérias** (ou Bacteria) e as **arqueobactérias** (ou *Archaea*). Estes grupos são geneticamente tão diferentes entre si, quanto cada um deles o é em relação aos eucariontes. [...] Não priorizaremos, aqui, o *status* taxonômico desses organismos. Por conveniência, adotaremos a ideia de um único reino (Monera), subdividido em dois grupos: o das arqueobactérias e o das eubactérias (CÉSAR; SEZAR; CALDINI, 2010, p. 24 e 25).

Os livros didáticos de Biologia recentes possuem uma série de limitações sobre o conteúdo de *Archaea*. Como observado nas obras citadas, o domínio *Archaea* é definido como bactérias integrantes do reino *Monera*. A contínua adoção de cinco reinos e a utilização do termo “arqueobactérias”, mesmo com o reconhecimento dos três domínios de Woese leva os estudantes a associarem de maneira inexata *archaeas* e bactérias. Ademais, quando conteúdos envolvendo morfologia, reprodução, potencialidades biotecnológicas e relação com os seres humanos são tratados, apenas as bactérias são citadas como detentoras dessas características. A descrição de *Archaea* permanece limitada à relação com ambientes extremos. Dessa maneira, a abordagem do conteúdo do terceiro domínio da vida nos livros didáticos de forma apropriada é essencial para que esse tema seja corretamente ensinado na educação básica.

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

4.1. Caracterização do tipo de pesquisa

Quanto a forma de abordagem, este estudo tem caráter analítico, tanto qualitativo como quantitativo. A pesquisa qualitativa visa compreender os fenômenos mediante descrições, interpretações e comparações (FONTELLES et al., 2009). O caráter qualitativo nesse estudo se deu por meio de uma pesquisa bibliográfica cuja “[...] base é análise de material já publicado. Esse tipo de pesquisa é utilizado para compor a fundamentação teórica a partir da avaliação atenta e sistemática de livros [...]” (FONTELLES et al., 2009, p.7). Ao analisar o conteúdo teórico sobre o domínio *Archaea* em livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018 pudemos comparar como esse conteúdo é abordado nos diferentes livros didáticos de Biologia, e, ainda, destacar ausência, informações errôneas e relevantes, que influenciam o ensino de *Archaea* no nível médio.

A pesquisa quantitativa de natureza analítica utiliza variáveis em forma de dados numéricos para classificação e análise dos resultados (FONTELLES et al., 2009). Dessa maneira, busca explicar um fato dentro de um grupo e as relações de causa e efeito. A partir de questionários, o caráter quantitativo desse estudo ocorreu por meio de pesquisa de campo visando compreender como e quais os conteúdos são ensinados, além do nível de familiaridade do tema *Archaea* entre estudantes e professores.

4.2 Contexto de realização da pesquisa

Em dezembro de 2019, uma nova espécie de coronavírus, o SARS-CoV-2, causador da covid-19 foi identificado na China. A modernização dos meios de transporte e a maior

movimentação de pessoas em escala mundial, somado a facilidade de transmissão do vírus, levou a Organização Mundial da Saúde (OMS) a declarar estado de pandemia em março de 2020 (UNA-SUS, 2020). Vários países, incluindo o Brasil, passaram a adotar medidas de isolamento físico para diminuir a disseminação do vírus. Uma dessas medidas foi a adoção do ensino remoto emergencial como nova realidade do processo de ensino-aprendizagem (BARBOSA et al., 2020).

No DF a paralização das aulas nas escolas públicas se acometeu até a efetiva adoção das plataformas digitais em junho de 2020 (UMBELINO; LISBOA; MARTINS, 2020). Nesse período foi lançado pelo governo distrital o Programa Escola em Casa DF. Porém, sem adesão completa das escolas e desencontro de informações entre a SEEDF e as coordenações regionais de ensino (NAKATA, 2020). Este estudo foi realizado de forma presencial em decorrência da adoção do ensino híbrido nas escolas do DF em agosto de 2021 após o Governo do DF divulgar protocolos para o retorno às aulas de forma presencial durante a pandemia (AGUIAR, 2021).

4.3 Coleta de dados

Para coleta de dados foram construídos, e aplicados de forma presencial, em setembro de 2021, dois questionários adequados para os alvos desse estudo: estudantes (Apêndice A) e docentes (Apêndice B). A aplicação dos questionários seguiu os critérios estabelecidos pelos coordenadores e professores entrevistados, frente a disponibilidade de tempo e/ou preferência. De acordo com documentos oficiais da SEEDF o conteúdo programático sobre o domínio *Archaea* ocorre no segundo ano (DISTRITO FEDERAL, 2014, 2021). Dessa forma, para evitar possíveis desencontros de não abordagem do conteúdo no presente ano desse estudo para turmas de segundo ano, o questionário dos discentes (Apêndice A) foi aplicado para 79 estudantes do terceiro ano do ensino médio regular, todos com idade superior a 18 anos, em três escolas públicas do DF: Centro de Ensino Médio 01 do Gama, Centro de Ensino Médio 02 do Gama e Centro de Ensino Médio 417 de Santa Maria. O questionário para docentes (Apêndice B) foi aplicado para cinco professores de Biologia, ou áreas afins, das respectivas escolas e designados nesse estudo como P1, P2, P3, P4 e P5.

A aplicação dos questionários envolvendo os estudantes em horário de aula ocorreu de forma previamente estabelecida entre o pesquisador/aplicador, a coordenação e professores do terceiro ano. Os professores de Biologia envolvidos nesse estudo são professores do segundo ano, e responderam ao questionário em intervalos entre as aulas ou no início/final do expediente. No Centro de Ensino Médio 01 do Gama os questionários foram aplicados para 34 estudantes do turno matutino e para um professor de Biologia do segundo ano do turno matutino

(P1). No Centro de Ensino Médio 02 do Gama para 15 estudantes do turno matutino e três professores de Biologia do segundo ano, um do turno matutino (P2) e dois do turno vespertino (P3 e P5). No Centro de Ensino Médio 417 de Santa Maria o questionário foi aplicado para 30 estudantes do turno vespertino, e para o professor de Biologia do segundo ano do turno vespertino (P4).

Os questionários foram aplicados de forma presencial em turmas caracterizadas pelo ensino híbrido, em que a metade dos estudantes estavam presente em aula, enquanto os demais em seus domicílios. O questionário de estudantes continha duas questões para alunos, subdivididas em cinco itens. O questionário para professores continha oito questões. Todas as questões de ambos os questionários eram de múltipla escolha (Apêndice A e B).

4.4 Aspectos éticos e legais da pesquisa

Previamente a entrega dos questionários foi entregue aos discentes e docentes o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice C). Apenas os questionários de estudantes maiores de 18 anos e de professores que preencherem o termo concordando em participar na pesquisa foram considerados nesse levantamento.

4.5 Escolas participantes

4.5.1 Centro de Ensino Médio 01 do Gama

O Centro de Ensino Médio 01 do Gama (CEM 01) é uma escola distrital localizada na Entre Quadras (EQ) 18/21, Setor Leste da Região Administrativa do Gama (RA-II). A escola atende estudantes do ensino médio regular e na modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA). O público atendido pelo CEM 01 compreende alunos da própria região administrativa e de comunidades provenientes de municípios do entorno de Brasília (DISTRITO FEDERAL, 2017). A composição da escola é bastante diversificada quanto à etnia, renda, hábitos escolares e acesso à *internet*. Essa diversidade leva a escola a adotar um projeto pedagógico que promova a “cidadania, igualdade de direitos e respeito à diversidade sociocultural, étnico-racial, etária e geracional, de gênero e orientação afetivo-sexual.” (DISTRITO FEDERAL, 2017, p. 8).

4.5.2 Centro de Ensino Médio 02 do Gama

O Centro de Ensino Médio 02 do Gama (CEM 02) é uma escola distrital localizada na EQ 27/36, Setor Central da Região Administrativa do Gama (RA-II). A escola atende estudantes do ensino médio regular nos períodos matutino, vespertino e noturno. Uma

característica da escola é o desenvolvimento de projetos interdisciplinares para desenvolver habilidades em variadas áreas de ensino. Porém, de acordo com o Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola, as áreas de Matemática e Ciências da Natureza, ainda constituem um grupo de disciplinas que os alunos apresentam dificuldade (DISTRITO FEDERAL, 2016). Alguns dos objetivos da escola são “articular o desenvolvimento de estratégias e ações educacionais plurais e diversas no sentido de valorizar os múltiplos potenciais dos alunos e professores” e “ampliar a gestão democrática com pluralidade e transparência” (DISTRITO FEDERAL, 2016, p. 21).

4.5.3 Centro de Ensino Médio 417 de Santa Maria

O Centro de Ensino Médio 417 (CEM 417) é uma das quatro escolas públicas que oferecem o ensino médio regular na Região Administrativa de Santa Maria (RA-XIII). Além da comunidade local, a escola atende comunidades provenientes de municípios do entorno de Brasília (DISTRITO FEDERAL, 2014). O CEM 417 busca desenvolver nos alunos o senso crítico para exercício efetivo da cidadania como agente transformador da realidade social. Segundo o PPP da escola:

Uma de nossas principais preocupações é em conscientizar os estudantes do CEM 417 que no futuro eles terão grandes responsabilidades no intuito de melhorar a cidade, na forma de: representantes, lideranças, trabalhadores, moradores etc. E sendo assim, promovemos ações em nossa escola que proporcionem condições para que reflitam sobre a necessidade de adotarem, o quanto antes, a cidade como seu lar, preservando-a, participando de mudanças importantes e decisões que possam afetar a vida dos seus moradores. (DISTRITO FEDERAL, 2014, p.9)

4.6 Caracterização dos professores

Os cinco professores (P1, P2, P3, P4 e P5) que responderam ao questionário nesse estudo, possuem licenciatura plena em Ciências Biológicas. A composição desse grupo de docentes é heterogênea. A faixa etária varia de 30-35 anos (P3); 35-45 anos (P4 e P5); 45-60 anos (P1 e P2). Os professores P3, P4 e P5 possuem pós-graduação *sensu stricto* em alguma área da Biologia.

4.7 Escolha dos livros didáticos

Os dois livros didáticos de Biologia selecionados para esse estudo são aqueles utilizados pelas três escolas e disponibilizado para os estudantes. Ambos foram aprovados pelo PNLD 2018 do Ensino Médio (BRASIL, 2017). Para análise nesse estudo, os livros foram cedidos pela própria escola ou um dos professores. A coleta de dados para análise dos livros didáticos foi

realizada nos capítulos correspondentes à classificação dos seres vivos e do domínio *Archaea*. Os dados referentes aos livros como autores, título, volume e ano estão descritos no quadro 2.

Quadro 2 - Livros selecionados para análise

Nome do livro	Autores	Volume	Edição	Ano	Escola adotada
BIO	Sônia Lopes Sérgio Rosso	02	3 ^a	2016	CEM 01 CEM 02
Biologia	Vivian L. Mendonça	02	3 ^a	2016	CEM 417

Fonte: elaborado pelo autor.

4.8 Análise de Dados

4.8.1 Questionário de estudantes

O questionário de estudantes (Apêndice A) é composto por duas perguntas, uma delas, subdividida em cinco itens. A fim de verificar se os estudantes tiveram contato prévio com o tema *Archaea* em sala de aula e se eles identificavam algumas das características básicas desses microrganismos, foram adotadas duas categorias nessa análise: (i) presença do tema em aula e (ii) aspectos teóricos básicos de *Archaea*". Esta última categoria contendo cinco subcategorias, adaptada de Silva e Júnior (2017) que destacam os aspectos básicos para estudo de um organismo: (i) estrutura e morfologia; (ii) filogenia; (iii) abordagem ecológica; (iv) aplicação biotecnológica e (v) relação com o ser humano. Para analisar a categoria "presença do tema em aula" a primeira pergunta do questionário de estudantes apresentava quatro opções estabelecidas previamente. Enquanto os "aspectos teóricos básicos de *Archaea*" foram analisados a partir de cinco subitens, correspondentes a cada subcategoria. Para esses itens os alunos podiam optar por julgar os itens em C (Certo), E (Errado) ou NS (Não sei). Essas informações estão presentes no quadro 3, que segundo Bartelmebs (2013) é uma forma adequada de organizar as categorizações. Para cada quadrante foi anotado o número de respostas.

Não cabe a esse estudo atuar de forma comparativa entre as três escolas, dessa forma, os dados coletados dos estudantes das instituições estão igualmente mensurados na mesma questão ou item.

Quadro 3 - Tabulação para análise das respostas obtidas pelo questionário dos estudantes¹

Categoria/ subcategoria	Pergunta	Número de respostas			
		Sim, porém, bem rapidamente. Atualmente não lembro de bastante coisas sobre o tema.	Sim, o professor trouxe várias informações sobre o tema. Hoje em dia lembro de muitas coisas sobre arqueas.	Não lembro se o professor abordou o conteúdo em sala de aula.	Nunca foi abordado ou mencionado sobre esses microrganismos na aula de Biologia ou em outras disciplinas.
Presença do tema em aula	No ensino médio você já ouviu falar ou teve contato nas aulas de biologia com as archaeas?				
Aspectos teóricos básicos de <i>Archaea</i>	Julgue os itens.	C (Certo)	E (Errado)	NS (não sei)	
<i>Estrutura e morfologia</i>	As archaeas são procariontes, ou seja, não possuem envoltório nuclear delimitando o material genético circular. (CERTO)				
<i>Filogenia</i>	As archaeas são bactérias, podendo ser chamadas de arqueobactérias. Elas fazem parte do reino <i>Monera</i> . (ERRADO)				
<i>Aspectos ecológicos</i>	As archaeas são extremófilas, sendo encontrados exclusivamente em ambientes inóspitos. (ERRADO)				

¹ As perguntas do quadro foram adaptadas do questionário dos estudantes (Apêndice A), para melhor a apresentação e visualização dos dados.

Quadro 3. Tabulação para análise das respostas obtidas pelo questionário dos estudantes (continuação)

Aspectos teóricos básicos de <i>Archaea</i>	Julgue os itens.	C (Certo)	E (Errado)	NS (não sei)
<i>Potencialidades biotecnológicas</i>	As archaeas são pouco estudadas por serem extremófilas, por isso, o potencial biotecnológico delas é pouco explorado. (ERRADO)			
<i>Relação com o ser humano</i>	As archaeas não são consideradas patogênicas. Elas fazem parte, inclusive, da microbiota humana. (CERTO)			

Fonte: elaborado pelo autor.

4.8.2 Questionário de professores

O questionário de professores foi composto por oito questões de múltipla escolha. As respostas possíveis foram estabelecidas previamente (Apêndice B). Para a análise, os dados também foram categorizados. A categorização pelos aspectos semelhantes nesse caso permite uma interpretação dos resultados adquiridos. As categorias adotadas foram: i) presença do tema em aula, ii) modalidades e ferramentas didáticas utilizadas, iii) conteúdos abordados e iv) formação acadêmica e atualizações. As respostas dos cinco professores participantes nesse estudo (P1, P2, P3, P4 e P5) foram tabuladas de acordo com o quadro 4. Em razão da pandemia causada pelo SARS-CoV-2, e a migração temporária do ensino para o modelo remoto emergencial (BARBOSA et al, 2020), no contexto de elaboração desse estudo, as respostas obtidas de professores foram consideradas sob a perspectiva de atividades docentes não apenas nos anos de 2020 e 2021, mas sim em toda sua jornada como profissionais da educação.

Quadro 4 - Tabulação para análise das respostas obtidas pelo questionário dos docentes²

Categoria	Pergunta	Opções de respostas
Presença do tema em aula	Você como professor de Biologia ou de disciplina afim, aborda o conteúdo de <i>Archaea</i> em suas aulas?	<input type="checkbox"/> Sim. Costumo lecioná-lo todos os anos nos conteúdos programáticos; <input type="checkbox"/> Não. Esse conteúdo geralmente não é abordado nas minhas aulas; <input type="checkbox"/> Varia de ano para ano, porém, na maioria das vezes consigo lecioná-lo aos estudantes; <input type="checkbox"/> Varia de ano para ano, porém, na maioria das vezes não leciono aos estudantes.
	Quanto tempo nas aulas você dedica para ensinar sobre <i>Archaea</i> ?	<input type="checkbox"/> 01 aula ou menos; <input type="checkbox"/> 02 aulas; <input type="checkbox"/> 03 aulas; <input type="checkbox"/> 04 aulas ou mais; <input type="checkbox"/> Não abordo esse tema em sala de aula.
Modalidades e ferramentas didáticas utilizadas	Quais os tipos de modalidade didática que você emprega ao dar aulas sobre <i>Archaea</i> ?	<input type="checkbox"/> Aula expositiva; <input type="checkbox"/> Aula prática; <input type="checkbox"/> Aula demonstrativa; <input type="checkbox"/> Aula de Campo; <input type="checkbox"/> Debates e/ou Discussão; <input type="checkbox"/> Trabalho em grupo; <input type="checkbox"/> Não abordo o tema em sala de aula.
	Quais as ferramentas/espacos didáticos que você utiliza ao dar aulas sobre o domínio <i>Archaea</i> ?	<input type="checkbox"/> Quadro <input type="checkbox"/> Slides <input type="checkbox"/> Vídeos <input type="checkbox"/> Matérias jornalísticas <input type="checkbox"/> Laboratório; <input type="checkbox"/> Jogos; <input type="checkbox"/> Livro didático; <input type="checkbox"/> Área externa a sala de aula; <input type="checkbox"/> Exercícios; <input type="checkbox"/> Textos; <input type="checkbox"/> Não abordo o tema em sala de aula;
Conteúdos abordados	Quais os aspectos teóricos você aborda normalmente em suas aulas sobre <i>Archaea</i> ou em aulas anteriores/posteriores sobre o tema?	<input type="checkbox"/> Estrutura e Morfologia; <input type="checkbox"/> Filogenia; <input type="checkbox"/> Aspectos ecológicos; <input type="checkbox"/> Potencialidades biotecnológicas; <input type="checkbox"/> Relação com seres humanos; <input type="checkbox"/> Não abordo o tema em sala de aula.
	Quando esse assunto é ministrado em suas aulas, <i>Archaea</i> é abordado junto com o domínio <i>Bacteria</i> ?	<input type="checkbox"/> SIM; <input type="checkbox"/> NÃO; <input type="checkbox"/> Não abordo esse tema em sala de aula.
Formação acadêmica e atualizações	Você considera que teve uma boa formação acadêmica para ministrar aulas sobre <i>Archaea</i> ?	<input type="checkbox"/> Sim. Durante minha formação acadêmica tive bons professores e aulas aprofundadas sobre o tema; <input type="checkbox"/> Acho que obtive parcialmente uma boa formação sobre o assunto; <input type="checkbox"/> Não. Tive poucas aulas sobre o tema e não tive aprofundamento do assunto; <input type="checkbox"/> Não lembro se durante minha formação acadêmica foi ministrado aulas sobre o assunto; <input type="checkbox"/> Realizei minha formação acadêmica ainda quando as contribuições de Carl Woese na década de 1990 não estavam tão difundidas, e por isso, não tive aprofundamento no tema.
	Você costuma atualizar-se sobre novos assuntos relacionados às archaeas?	<input type="checkbox"/> SIM; <input type="checkbox"/> NÃO. Se SIM, onde: <input type="checkbox"/> Pelas atualizações e novidades dos livros didáticos; <input type="checkbox"/> Pelas informações nos veículos de comunicações como jornal, documentários e reportagens na internet; <input type="checkbox"/> Participando de congressos nacionais e/ou internacionais de microbiologia; <input type="checkbox"/> Fazendo leitura de periódicos em revistas científicas.

² As perguntas e respostas do quadro foram adaptadas do questionário dos docentes (Apêndice B), para melhor apresentação e visualização dos dados.

4.8.3 Livros didáticos

A análise de livros didáticos segue critérios e padrões diferentes determinados por diversos autores. O critério adotado neste estudo é adaptado de Silva e Júnior (2017) e é dividido em “aspectos teóricos”, “visuais” e “complementares” (Quadro 5). Todos esses aspectos foram analisados a partir de capítulos dedicados a *Archaea* e o sistema de classificação dos seres vivos. Quanto aos aspectos teóricos foram analisados os conteúdos básicos para entendimento de um organismo: (i) morfologia, fisiologia e reprodução; (ii) filogenia; (iii) abordagem ecológica; (iv) potencialidades biotecnológicas e (v) relação com o ser humano (SILVA, JÚNIOR, 2017). Os aspectos visuais foram julgados quanto a: (i) qualidade, (ii) escala, (iii) conteúdo e (iv) relação texto-imagem. Já os aspectos complementares, foram julgados quanto: (i) as atividades, (ii) os textos complementares e (iii) a sugestão de outras fontes (SILVA; JÚNIOR, 2017). Para facilitar a compreensão do leitor, será adotado a sigla “L1” para o livro didático “BIO” de Sônia Lopes/Sérgio Rosso e “L2” para o livro didático “Biologia” de Vivian L. Mendonça (Quadro 2). Em cada aspecto os livros foram julgados em “abordado sem falhas”, “abordado com falhas” e “não abordado”.

Quadro 5 - Critérios analisados para o conteúdo de *Archaea* nos livros didáticos

Critérios para análise		Livros analisados	
		L1	L2
<i>Aspectos teóricos</i>	Morfologia, fisiologia e reprodução		
	Filogenia		
	Abordagem ecológica		
	Potencialidades biotecnológicas		
	Relação com o ser humano		
<i>Aspectos visuais</i>	Qualidade (nitidez e cor)		
	Escala		
	Conteúdo da imagem		
	Relação texto-imagem		
<i>Aspectos complementares</i>	Atividades propostas		
	Atividades experimentais		
	Textos complementares		
	Sugestão em outras fontes		

Fonte: (SILVA; JÚNIOR, 2017) com adaptações.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cinco professores participantes deste estudo assinaram o TCLE (Apêndice C) e as respostas foram contabilizadas. Dentre os 79 questionários recolhidos de discentes, um não assinou o TCLE. Por esta razão foram consideradas as respostas obtidas de 78 estudantes.

5.1 Presença do tema em aula

Quando os professores foram questionados se o domínio *Archaea* é trabalhado em suas aulas, quatro dos cinco professores afirmaram que sim (P1, P2, P3, P5). O professor P4 alegou que não costumava lecionar esse assunto para seus estudantes. O tema esteve ausente em suas aulas no ano de 2020 (Quadro 6).

Quadro 6 - Presença do conteúdo do domínio *Archaea* em aulas dos docentes participantes deste estudo

Pergunta	Opções de respostas	Professores
Você como professor de Biologia ou de disciplina afim, aborda o conteúdo de <i>Archaea</i> em suas aulas?	Sim. Costumo lecioná-lo todos os anos nos conteúdos programáticos	P1, P2, P3, P5
	Não. Esse conteúdo geralmente não é abordado nas minhas aulas	
	Varia de ano para ano, porém, na maioria das vezes consigo lecioná-lo aos estudantes	
	Varia de ano para ano, porém, na maioria das vezes não leciono aos estudantes	P4

Fonte: elaborado pelo autor

Como observado, o ensino do domínio *Archaea* no ensino médio é adotado pela maioria dos docentes que participaram desse estudo. A presença desse tema em sala de aula é importante, pois as archaeas contribuem para diversos processos biológicos na biosfera, como ciclagem de nutrientes e decomposição, além de possuírem alto potencial biotecnológico (TORTORA; FUNKE; CASE, 2016; ALQUÉRES et al., 2017). A ausência do ensino sobre *Archaea* nesse nível do ensino limita a compreensão desses fenômenos pelos estudantes, o que dificulta correlacionar a importância desses microrganismos com o seu cotidiano. De acordo com o P4, a ausência de abordagem do conhecimento envolvendo *Archaea* nos conteúdos programáticos determinados pela escola é um dos motivos para que o mesmo não ministre o tema. Ao não listarem de forma explícita o ensino sobre *Archaea*, o Currículo em Movimento da Educação Básica do Ensino Médio do DF e a BNCC, contribuem para esse fato. Nesses

currículos o ensino de Microbiologia é voltado apenas para bactérias, fungos, protozoários e vírus em detrimento de archaeas (DISTRITO FEDERAL, 2014; BRASIL, 2018).

Apesar do domínio *Archaea* estar presente no conteúdo de aulas ministradas por grande parte dos docentes analisados, 38 (48,7%) estudantes afirmaram não se lembrar se o professor havia abordado o conteúdo em sala de aula, enquanto 36 (46,1%) estudantes afirmaram que o professor havia passado o conteúdo rapidamente, porém, não se lembravam mais do assunto. Afirmaram, também, que o conteúdo não foi trabalhado em sala de aula 2 (2,5%) estudantes, mesmo percentual obtido para os que afirmaram que o professor trouxe várias informações sobre o tema (Quadro 7).

Quadro 7 - Respostas dos estudantes para a presença do conteúdo de *Archaea* em aulas

Pergunta	Número de respostas dos estudantes			
	Sim, porém, bem rapidamente. Atualmente não lembro de bastante coisas sobre o tema.	Sim, o professor trouxe várias informações sobre o tema. Hoje em dia lembro de muitas coisas sobre <i>Archaea</i> .	Não lembro se o professor abordou o conteúdo em sala de aula.	Nunca foi abordado ou mencionado sobre esses microrganismos na aula de Biologia ou em outras disciplinas.
No Ensino Médio você já ouviu falar ou teve contato nas aulas de Biologia com as archaeas?	36 (46,1%)	2 (2,5%)	38 (48,7%)	2 (2,5%)

Fonte: elaborado pelo autor.

Os estudantes participantes nesse estudo cursaram o segundo ano do ensino médio em 2020, e estão dentro do contexto de ensino remoto (BARBOSA et al., 2020). Porém, de acordo com Broilo e Neto (2021, p. 147) “não há um preparo devido para que os profissionais da área da educação em todos os níveis de ensino estejam completamente prontos para atuarem na educação remota com destreza”. Nascimento e colaboradores (2020) destacam também que uma quantidade razoável de estudantes de instituições públicas no Brasil não possui condições mínimas necessárias para acompanhar as atividades de ensino remoto. Muitos não têm acesso a equipamentos necessários para transmissão de dados ou mecanismos de transmissão, como *internet* e sinal de TV digital (NASCIMENTO et al., 2020), o que pode explicar, pelo menos

em parte, a grande quantidade de alunos (48,7%) que afirmou não lembrar se o conteúdo sobre *Archaea* havia sido tratado em aula.

Além disso, o modelo de ensino tradicional tem levado ao esquecimento do conteúdo pelos estudantes (CÂNDIDO et al., 2015). De acordo com Santos e Silva (2006), jovens que terminam a educação básica mostram um esquecimento total dos conteúdos de Ciências da Natureza aprendidos na escola. Por fim, a ausência do conteúdo de *Archaea* nas aulas do professor P4 também ajuda explicar por que alguns estudantes afirmaram não recordar da presença do tema em aula (Quadro 6).

Os 36 (46,1%) estudantes que mencionaram que o assunto havia sido trabalhado em aula rapidamente converge com os resultados obtidos dos professores, pois P3, P4 e P5 declararam ministrar normalmente uma aula de 50 minutos, ou menos, sobre o domínio *Archaea* (Quadro 8).

Quadro 8 - Tempo utilizado para o ensino de *Archaea*

Pergunta	Opções de respostas	Professores
Normalmente quanto tempo nas aulas você dedica para ensinar sobre <i>Archaea</i> ?	01 aula ou menos	P3, P4, P5
	02 aulas	P2
	03 aulas	
	04 aulas ou mais	P1
	Não abordo esse tema em sala de aula	

Fonte: elaborada pelo autor

Como para os demais organismos, em Microbiologia o ensino sobre as *Archaeas* deve ser realizado de maneira a promover uma conexão com o cotidiano do aluno (KIMURA et al., 2013). A pouca disponibilidade de tempo utilizada é reflexo da estrutura escolar deficiente e ausência de material adequado, bem como a grande quantidade de conteúdos de Biologia que devem ser abordados em poucas aulas no segundo ano, restringindo a ação dos professores e levando a uma compreensão simplista sobre o tema (SILVA; BASTOS, 2012). A adoção de uma aula ou menos é claramente insuficiente para transmitir os principais conteúdos sobre *Archaea*, que contemplem desde morfologia, filogenia, aspectos ecológicos, potencialidades biotecnológicas até a relação com seres humanos de maneira adequada. Caetano e colaboradores (2021) apontam que o ensino de Microbiologia na educação básica vem

ocorrendo de forma superficial, o que limita a conexão do conteúdo com a realidade como discutido por Kimura e colaboradores (2013). Quantidade maior de tempo para dedicar ao ensino de *Archaea*, a exemplo dos professores P1 e P2, é essencial. Entretanto, apesar do tempo dedicado por esses docentes, observa-se nesse estudo que muitos estudantes não se recordam do ensino sobre o tema, seja em decorrência do ensino remoto ou das metodologias de ensino adotadas.

5.2 Aspectos teóricos básicos de archaeas

De acordo com Silva e Júnior (2017) existem aspectos básicos importantes na compreensão de qualquer microrganismo. A estrutura e morfologia compreende os aspectos celulares. A filogenia estabelece as relações de parentesco e a história evolutiva da espécie. Os aspectos ecológicos mostram a relação do organismo com o meio ambiente e com os outros seres vivos. O estudo dos microrganismos deve também inventariar como esses estão relacionados com seres humanos e as suas potencialidades biotecnológicas (SILVA; JÚNIOR, 2017). Quando questionados, os docentes sobre quais desses aspectos estavam presentes em suas aulas, nenhum professor afirmou trabalhar com todos eles. A unanimidade foi abordar aspectos estruturais e morfológicos de *Archaea* (Quadro 9).

Como em bactérias, as *archaeas* possuem formas variadas desde cocos, bacilos, espiroquetas, entre outras formas menos usuais. A constituição da parede celular é variada contendo desde pseudomureína ou outros compostos, e, na maioria das vezes, adicionalmente uma estrutura proteica mais externa denominada camada S (MADIGAN et al., 2016). As archaeas são microrganismos procariontes e apresentam em sua maioria, material genético circular. Essa é uma característica básica na distinção dos seres vivos baseado nos três domínios da vida. Porém, quando questionado, 39 (50%) estudantes afirmaram não saber se as archaeas são procariontes, 24 (30,7%) afirmaram corretamente que sim, enquanto 15 (19,3%) afirmaram que não (Quadro 10).

Quadro 9 -Aspectos teóricos do conteúdo de *Archaea* trabalhados em aula pelos professores envolvidos nesse estudo

Pergunta	Opções de respostas	Professores
Quais os aspectos teóricos você aborda normalmente em suas aulas sobre <i>Archaea</i> ou em aulas anteriores/posteriores sobre o tema?	Estrutura e Morfologia	P1, P2, P3, P4, P5
	Filogenia	P1, P2, P3, P5
	Aspectos ecológicos	P2, P3, P4, P5
	Potencialidades biotecnológicas	P1, P5
	Relação com seres humanos	P1, P2, P4

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 10 - Resposta dos estudantes acerca das características morfológicas de *Archaea*

Pergunta	Número de respostas		
	CERTO	ERRADO	NÃO SEI
As <i>Archaeas</i> são procariontes, ou seja, não possuem envoltório nuclear delimitando o material genético circular. (CERTO)	24 (30,7%)	15 (19,3%)	39 (50%)

Fonte: elaborada pelo autor

Percebe-se que aproximadamente 70% dos estudantes participantes não compreendem ou não sabem a característica básica de archaeas – ausência de envoltório nuclear. Mesmo o tema sendo trabalhado por todos os professores (Quadro 9), verificou-se essa defasagem, que abrange desde as características da estrutura celular, até a apresentação da informação genética (cromossomo circular na maioria dos procariotos) (TORTORA; FUNKE; CASE, 2016). Esse resultado é similar a outras pesquisas que apontam dificuldade de distinção de organismos procariotos e eucariotos pelos estudantes (FRANÇA; SOVIERZOSKI, 2018). Os assuntos trabalhados nas áreas de Biologia Celular e Microbiologia continuam ainda abstrato para muitos alunos na educação básica, pois englobam o estudo de características não mensuráveis pelos discentes (KIMURA et al., 2013; BARBOSA; BARBOSA, 2010).

Outro assunto teórico abordado nesse estudo foram os aspectos filogenéticos, cuja presença é essencial no ensino do domínio *Archaea*, pois a partir das análises de sequências de

genes de rRNA 16S, e mais tarde com a inclusão de homólogos funcionais de eucariotos, foi proposta a classificação dos seres vivos em três domínios da vida (WOESE; KANDLER; WHEELIS, 1990). No entanto, 37 (47,4%) estudantes do ensino médio participantes desta pesquisa, afirmaram de maneira equivocada que *Archaea* é um grupo específico de bactérias, e que faz parte do reino *Monera* (Quadro 11).

Quadro 11 - Respostas dos estudantes sobre as características filogenéticas de *Archaea*

Pergunta	Número de respostas		
	CERTO	ERRADO	NÃO SEI
As <i>Archaea</i> são bactérias, podendo ser chamadas de arqueobactérias. Elas fazem parte do reino <i>Monera</i> . (ERRADO)	37 (47,4%)	12 (15,3%)	29 (37%)

Fonte: elaborada pelo autor.

As características metabólicas e morfológicas em comum entre bactérias e archaeas levaram ao agrupamento desses microrganismos em vários sistemas de classificação, como o de cinco reinos, propostos por Whittaker (1969). Livros didáticos recentes de Biologia conceituam as archaeas como arqueobactérias e as agrupam dentro do reino *Monera* (LOPES; ROSSO, 2005; CÉSAR; SEZAR; CALDINI, 2010; AZEVEDO; NETO, 2014; NEVES; OLIVEIRA, 2016). Os avanços científicos atuais, porém, contestam essas informações, sendo formalmente estabelecidos dois domínios distintos de procariotos (*Archaea* e *Bacteria*). Apesar disso, verifica-se que os estudantes ainda possuem uma visão desatualizada de *Archaea*, alocando-as dentro do reino *Monera* como arqueobactérias. Esse equívoco é tão contundente, que os 37 (47,4%) estudantes que afirmaram que archaeas são bactérias ultrapassam os 29 (37%) estudantes que responderam “não sei”. Os resultados mostram que o ensino sobre *Archaea* pode estar ocorrendo de modo inadequado. De fato, quando questionados, quatro docentes (P1, P2, P4 e P5) relataram que abordam o conteúdo sobre *Archaea* em conjunto com o de bactérias (Quadro 12), o que pode levar a essa associação inexata se não for feita a correta distinção.

Quadro 12 - Resposta dos docentes para o ensino de *Archaea* em conjunto com bactérias

Pergunta	Opções de respostas	Professores
Quando esse assunto é ministrado em suas aulas, as <i>Archaeas</i> são abordadas dentro o domínio <i>Bacteria</i> ?	Sim	P1, P2, P4, P5
	Não	P3

Fonte: elaborado pelo autor.

Esses resultados estão de acordo com o estudo de Caetano e Pereira (2018) que mostram que professores normalmente abordam bactérias e archaeas conjuntamente em suas aulas; e com o estudo de Moresco e colaboradores (2017), que aponta que os docentes ainda consideram as archaeas e bactérias como integrantes do reino *Monera*. Esses professores com formação acadêmica entre 1994 e 2010, posterior a proposição do atual sistema de classificação dos seres vivos não citaram os três domínios da vida propostos por Woese (MORESCO et al., 2017). Verifica-se, dessa maneira, que o professor mais jovem que participou dessa pesquisa (P3) (ver item 4.5), foi o único que trabalhava os temas archaeas e bactérias em separado, possivelmente, reflexo da formação acadêmica mais atual.

O próximo aspecto teórico trabalhado nesse estudo foram os ecológicos. Ao questionar estudantes se archaeas são encontradas exclusivamente em ambientes inóspitos para a maioria dos seres vivos, 51 (65,3%) estudantes responderam que não sabiam. Outros 14 (17,9%) estudantes responderam corretamente que não, enquanto 13 (16,8%) estudantes afirmaram erroneamente que sim (Quadro 13).

Quadro 13 - Respostas dos estudantes sobre as características extremófilas de *Archaeas*

Pergunta	Número de respostas		
	CERTO	ERRADO	NÃO SEI
As <i>Archaeas</i> são extremófilas, sendo encontrados exclusivamente em ambientes inóspitos. (ERRADO)	13 (16,8%)	14 (17,9%)	51 (65,3%)

Fonte: elaborada pelo autor.

Uma característica bem ressaltada sobre archaeas é a extremofilia, ou seja, a capacidade de se desenvolverem em ambientes considerados “inóspitos” para a maioria dos seres vivos

(MADIGAN et al., 2016). A descrição original de *Archaea*, como pertencentes ao grupo taxonômico *Archeobacteria*, em sua etimologia, traz esses microrganismos como “bactérias primitivas”. Isso porque as primeiras descrições de *Archaea* foram relacionadas a espécies encontradas em ambientes “extremos” como poças salgadas, fontes termais ácidas ou vulcânicas e minas ácidas de carvão (BROCK et al., 1972; DARLAND et al., 1970), ambientes considerados compatíveis com o do surgimento da vida na Terra. Dessa forma, esse caráter ficou vinculado exageradamente com o domínio *Archaea*, como observado em livros didáticos de Biologia ao longo dos anos (AMABIS; MARTHO, 2001, 2002; LOPES; ROSSO, 2005; NEVES; OLIVEIRA, 2016). No entanto, vários estudos apontam que archaeas são encontradas em ecossistemas compatíveis com a vida humana e de outros seres vivos como solos, pântanos, aquários e partes do corpo humano (SAUDER et al., 2011; RIBEIRO, 2015). O fato de 51 (65,3%) estudantes afirmarem não saber se as archaeas são encontradas exclusivamente em ambientes “inóspitos”, revela que os professores podem não abordar esse assunto de maneira a evidenciar a ubiquidade desses microrganismos.

Como mencionado anteriormente, as archaeas podem ser encontradas em várias partes do corpo humano, sendo inclusive, parte da microbiota residente, em conjunto com bactérias e fungos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2016). Até o presente, ainda não foram descritos, com segurança, o caráter patogênico de archaea para humanos e outros animais. Quando questionado essas informações, 42 (53,8%) dos estudantes afirmaram não saber sobre esta relação. Alegaram que essa assertiva é correta 18 (23,1%) estudantes, mesmo número que afirmou erroneamente que as archaeas são patogênicas e que não fazem parte da microbiota humana (Quadro 14).

Quadro 14 - Respostas dos estudantes sobre a participação no microbiota e patogenicidade de *Archaea*

Pergunta	Número de respostas		
	CERTO	ERRADO	NÃO SEI
As <i>Archaeas</i> não são consideradas patogênicas. Elas fazem parte, inclusive, da microbiota humana. (CERTO)	18 (23,1%)	18 (23,1%)	42 (53,8%)

Fonte: elaborada pelo autor.

A relação de microrganismos com os seres humanos é essencial para o estudante — receptor das informações — ligar o conteúdo com o seu cotidiano (KIMURA et al., 2013). Atualmente, archaeas metanogênicas são alvos de estudos em razão da alta quantidade de metano produzido e liberado na atmosfera, que aumenta o efeito estufa e acarreta o aquecimento global (IPCC, 2014). Esse é apenas um exemplo de como microrganismos podem estar conectados com os seres humanos, mesmo que indiretamente. O entendimento desses processos é a ponte de conexão com a realidade do estudante. Entretanto, a assertiva do questionário sobre microbiota e patogenicidade de *Archaea*, que aborda uma relação direta desses microrganismos com o ser humano apresentou um alto índice dos estudantes que responderam “não sei” (53,8%) (Quadro 14). Esse aspecto é trabalhado apenas por três professores (P1, P2 e P4) (Quadro 9), o que pode explicar essa alta porcentagem. De acordo com Pessoa e colaboradores (2012), em geral na educação básica os microrganismos são associados apenas como fonte de doenças. Essa associação ultrapassada leva os estudantes a crer que archaeas, por serem microrganismos, sejam também agentes patogênicos, como observado na resposta de 18 (23,1%) alunos que julgaram o item como errado.

O último aspecto teórico relacionado ao domínio *Archaea* analisado nesse estudo foi as potencialidades biotecnológicas. As repostas dos estudantes variaram e 36 (46,2%) alegaram não saber se o potencial biotecnológico de archaeas é explorado, em seguida 25 (32%) estudantes afirmaram, equivocadamente, que o potencial desses microrganismos é pouco explorado e 17 (21,8%) alegaram, corretamente, que há exploração em larga escala dessas potencialidades (Quadro 15).

Quadro 15 - Respostas dos estudantes sobre potencialidades biotecnológicas de *Archaea*

Pergunta	Número de respostas		
	CERTO	ERRADO	NÃO SEI
As <i>Archaeas</i> são pouco estudadas por serem extremófilas, por isso, o potencial biotecnológico delas é pouco explorado. (ERRADO)	25 (32%)	17 (21,8%)	36 (46,2%)

Fonte: elaborada pelo autor.

Segundo Alquéres e colaboradores (2007) as propriedades extremófilas de archaeas estimulam a investigação das adaptações fisiológicas desses microrganismos para sobreviverem em ambientes considerados extremos. Essas propriedades provêm alto potencial biotecnológico e permitem a exploração destas espécies na produção de cosméticos, enzimas, fármacos, suplementos e sondas moleculares. As DNA polimerases isoladas de espécies de archaeas termófilas do gênero *Thermococcus* vem auxiliando, por exemplo, avanços significativos na área de Biologia Molecular, permitindo a otimização de amplificação de sequências de DNA pela técnica *polymerase chain reaction* (PCR) ou reação em cadeia da polimerase (FUJIWARA et al., 2016).

Percebe-se que nesse estudo a maioria dos estudantes (46,2%) afirmou não saber se as archaeas possuem aplicação biotecnológica. Esse percentual se intensifica ao considerar os estudantes que alegaram que as archaeas são pouco exploradas (32%), maior do que afirmaram a alta exploração biotecnológica desses microrganismos (21,8%). De todos os aspectos teóricos esse é o de menor presença nas aulas dos professores, sendo trabalhadas pelos professores P1 e P5, apenas (Quadro 9). A ausência desse tema no ensino médio limita a importância de archaeas no cotidiano dos estudantes e leva a uma dificuldade na compreensão sobre os membros desse domínio.

5.3 Modalidades e ferramentas didáticas utilizadas

Quando questionados sobre as modalidades didáticas utilizadas no ensino envolvendo o domínio *Archaea*, a aula expositiva foi unanimidade entre todos os cinco docentes envolvidos. Trabalho em grupo foi a segunda modalidade didática mais utilizada por 4/5 professores (P1, P2, P3 e P4). Apenas o professor P2 alegou usar debates e/ou discussão em suas aulas sobre *Archaea*. As demais modalidades (aula prática, aula demonstrativa e aula de campo), não são trabalhadas por nenhum dos docentes incluídos nesse estudo (Quadro 16).

Quadro 16 - Modalidades didáticas utilizadas pelos professores no ensino de *Archaea*

Pergunta	Opções de respostas	Professores
Quais os tipos de modalidade didática que você emprega ao dar aulas sobre <i>Archaea</i> ?	Aula expositiva	P1, P2, P3, P4, P5
	Aula prática	
	Aula demonstrativa	
	Aula de campo	
	Debates e/ou discussão	P2
	Trabalho em grupo	P1, P2, P3, P4

Fonte: elaborado pelo autor.

As ferramentas/espços didáticos utilizadas pelos professores foram um pouco mais variadas. Foram citados quadro, *slides*, vídeos, livro didático, exercícios e textos. Matérias jornalísticas, atividades em laboratório, jogos e área externa a sala de aula não foi citado por nenhum professor como ferramenta ou espaço didático utilizado em aulas (Quadro 17).

Quadro 17 - Ferramentas/espços didáticos utilizados pelos docentes em aulas sobre o domínio *Archaea*

Pergunta	Opções de respostas	Professores
Quais as ferramentas/espços didáticos que você utiliza ao dar aulas sobre o domínio <i>Archaea</i> ?	Quadro	P1, P2, P3, P4
	<i>Slides</i>	P1, P2, P3, P4, P5
	Vídeos	P1, P2, P3
	Matérias jornalísticas	
	Laboratório	
	Jogos	
	Livro didático	P1, P2, P3
	Área externa a sala de aula	
	Exercícios	P1, P2, P4
	Textos	P2

Fonte: elaborado pelo autor.

Diversos autores destacam que o ensino de Microbiologia, que inclui *Archaea*, vem ocorrendo de modo tradicional nas escolas públicas brasileiras (BARBOSA; BARBOSA, 2010; KIMURA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2017). Essa abordagem de ensino é caracterizada pela forma teórica e conceitual em que os conteúdos são transmitidos, resultando em pouca assimilação e rápido esquecimento do tópico pelos estudantes (CÂNDIDO et al., 2015). A aula teórica promove pouca interação entre docentes e discentes, e leva à formação de estudantes passivos sem pensamento crítico (MEDEIROS et al., 2017). Verifica-se nesse estudo, que os professores vêm trabalhando o ensino de *Archaea* nesse formato tradicional. Todos os professores mencionaram o uso de aulas expositivas (Quadro 16), destaque para o professor P5 que afirmou utilizar apenas aula expositiva e *slides* para ensinar sobre *Archaea* (Quadro 16 e 17). De acordo com Rolt, Bartolotto e Dallabona (2014), as aulas expositivas possuem uma

série de limitações e podem ser ultrapassadas, dependendo do contexto. A prática docente não deve se limitar apenas a essa modalidade de ensino para que não ocorra cansaço físico, mental e repetições desnecessárias (LEPIENSKI; PINHO, 2015).

Esse formato tradicional, porém, nem sempre é o favorito dos professores, que, no entanto, decidem adotá-lo em decorrência das dificuldades de material e espaços adequados nas escolas públicas. Muitas vezes o sistema de ensino disponibiliza basicamente a sala, quadro, giz e o livro didático, o que restringe as opções de trabalho pelo docente (LEPIENSKI; PINHO, 2015). Como observado, o quadro e o livro didático foram as ferramentas destacadas pelos professores no ensino sobre *Archaea*, somado a alguns itens de mais fácil aquisição como exercícios e textos (Quadro 17).

A segunda modalidade de ensino mais utilizada de acordo com os professores nessa pesquisa são os trabalhos em grupo. Ao trabalharem em equipes, os estudantes orientam-se mutuamente, apoiam e dividem tarefas. Isso leva ao debate de ideias e socialização, apontado por Damiani (2008) como aspectos essenciais na construção da aprendizagem. Os debates e discussões aprofundam também essa socialização. O argumento de ideias expostas em sala de aula leva à construção de autonomia no estudante como indivíduo detentor de opiniões, e deve ser promovido para construção do cidadão e ou mudanças de pensamento (LEITÃO, 2000). Entretanto, apenas o professor P2 afirmou trabalhar esse tipo de modalidade em sala de aula (Quadro 16).

Ao longo do tempo, os recursos tecnológicos também vêm sendo incorporados de maneira ávida na educação. Não obstante, é comum o uso de projetores, que permite o uso de *slides*, vídeos entre outras ferramentas. Como observado nas respostas de todos os docentes, os *slides* constituem uma ferramenta popular no ensino do tema *Archaea* (P1, P2, P3, P4 e P5). Os vídeos são normalmente utilizados por três docentes (P1, P2 e P3). Os *slides* permitem uma projeção com alta resolução, destaque de cores e imagens, importantes para o ensino de *Archaea*. Contudo, de acordo com Lepiensi e Pinho (2015), o educador deve ficar atento para o uso exagerado dessa ferramenta, que resulta em aulas exaustivas e continuístas. Para Barbosa e Oliveira (2015), os vídeos devem ser utilizados para tornar o aprendizado mais agradável ao aluno. Como essa ferramenta está presente no cotidiano do aluno, via *internet* e mídias digitais, o uso deve ser encorajado em aulas (PEREIRA; REZENDO FILHO; BEZERRA, 2013).

As modalidades de ensino como aula prática, aula demonstrativa e aula de campo; e recursos como jogos didáticos são importantes para o estudo do domínio *Archaea* e Microbiologia em geral. Entretanto, observa-se que nenhum docente nesse estudo afirmou utilizar essas modalidades e/ou recursos (Quadro 17). Ao contrário das aulas tradicionais, essas

modalidades e ferramentas de ensino aguçam a curiosidade do estudante e o coloca como protagonista na construção do conhecimento (MEDEIROS et al., 2017). As aulas práticas permitem o contato direto entre aluno e conteúdo e exercita habilidades e competências como concentração, criatividade, organização e cooperação (MEDEIROS et al., 2017). No entanto, essa modalidade didática é limitada pela condição de laboratórios abandonados ou mal aproveitados nas escolas públicas (LEPIENSKI; PINHO, 2015). De fato, nenhum docente nessa pesquisa utiliza o laboratório no ensino de *Archaea* (Quadro 17), embora nas três escolas haja espaço físico (laboratório de ciências) para que essas atividades práticas sejam desenvolvidas (DISTRITO FEDERAL, 2014; 2016; 2017).

Muitos estudos mostram que várias modalidades didáticas como aulas práticas e demonstrativas, além de atividades em áreas externas, podem ser realizadas, mesmo com condições precárias de laboratórios de escolas públicas (CÂNDIDO et al., 2015; SILVA, 2015; GUEDES, 2019). De acordo com Flores e colaboradores (2020), caldo de carne industrializado, água e gelatina sem sabor podem ser utilizados para preparação de meios para o cultivo de microrganismos. Estufas e microscópios construídos de maneira alternativa também são propostos por esses autores para contornar a ausência desses equipamentos na escola (FLORES et al., 2020). Evidencia-se nesses casos que a imaginação e a dedicação do professor são essenciais para a construção de uma aula mais criativa e dinâmica no ensino sobre o domínio *Archaea*.

Nota-se, também, que mesmo as ferramentas de ensino de mais fácil aquisição, como matérias jornalísticas e jogos, não são utilizadas pelos professores analisados nesse estudo (Quadro 17). As matérias jornalísticas são importantes para mostrar como esses microrganismos são tratados em veículos de comunicação e demonstrar a conexão entre as archaeas e o cotidiano dos estudantes. Já os jogos como atividade lúdica contribuem para a cognição, afeição, socialização, motivação e criatividade dos alunos (MIRANDA, 2002). Os jogos podem ser moldados para trabalhar qualquer assunto no ensino de Biologia, e poderiam ser utilizadas no ensino de *Archaea* para transcender a transmissão-recepção tradicional do conteúdo detectado nesse estudo.

De forma geral, as modalidades de ensino e ferramentas didáticas utilizadas pelos cinco professores participantes desse estudo apontam que o ensino de *Archaea* em escolas do ensino médio do DF, ocorre de forma tradicional e conteudista, como apontado por diversos autores (BARBOSA; BARBOSA, 2010; KIMURA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2017). As modalidades e ferramentas que exigem mais esforço e criatividade de professores não são utilizadas pelos docentes participantes. O formato tradicional leva ao rápido esquecimento do

conteúdo de *Archaea* pelos estudantes como discutido por Cândido e colaboradores (2015) e possivelmente evidenciado nos resultados do item 5.2 desse estudo.

5.4 Formação acadêmica e atualizações de docentes

Foi perguntado para os docentes participantes desse estudo se durante a graduação foram ministradas aulas sobre o domínio *Archaea*, de forma que pudessem se sentir capacitados para trabalhar o conteúdo em sala de aula (Quadro 18).

Quadro 18 - Formação acadêmica dos professores sobre o domínio *Archaea*

Pergunta	Opções de respostas	Professores
Você considera que teve uma boa formação acadêmica para ministrar aulas sobre <i>Archaea</i> ?	Sim. Durante minha formação acadêmica tive bons professores e aulas aprofundadas sobre o tema	P3
	Acho que obtive parcialmente uma boa formação sobre o assunto	P4, P5
	Não. Tive poucas aulas sobre o tema e não tive aprofundamento do assunto	P1, P2
	Não lembro se durante minha formação acadêmica foi ministrado aulas sobre o assunto	
	Realizei minha formação acadêmica ainda quando as contribuições de Carl Woese na década de 1990 não estavam tão difundidas, e por isso, não tive aprofundamento no tema.	

Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se que as respostas seguiram um padrão influenciado pela idade do docente. Os professores P1 e P2, com idade mais avançadas que os demais (ver item 4.5), afirmaram que não tiveram aprofundamento do assunto em suas formações acadêmicas. Da mesma forma, os professores P4 e P5, que apresentam uma idade intermediária do grupo de participantes alegaram que obtiveram uma formação parcial do assunto, enquanto o professor P3, o mais jovem entre os cinco, foi mais contundente e afirmou que durante a formação acadêmica teve bons professores e aulas aprofundadas sobre o domínio *Archaea*. Infere-se, dessa forma, que esse assunto vem sendo trabalhado gradualmente de forma mais apropriada nos cursos de graduação ao longo dos anos.

O sistema de classificação dos seres vivos em três domínios foi proposto em 1990 por Carl Woese e colaboradores e impactou a visão sobre relações evolutivas entre os seres vivos, notadamente, os procariotos, e conseqüentemente a formação docente dos cursos de Biologia. Um estudo realizado após analisar a ementa de disciplinas voltadas para o ensino de microrganismos em 14 instituições de ensino superior público no Brasil, constatou-se que o ensino de Microbiologia nessas instituições é voltado para vírus, fungos, protozoários e um predomínio de bactérias (ODA; DELIZOICOV, 2011). De acordo com essas ementas o domínio *Archaea* não é bem explorado, porém não reflete se esse conteúdo está presente ou ausente em aulas ministradas no ensino superior.

Dentro desse contexto, Moresco e colaboradores (2017) destacam a importância da formação continuada de professores para o ensino de Microbiologia. Os autores desenvolveram uma oficina para que professores da educação básica na etapa do ensino médio pudessem se atualizar na área, bem como estratégias para o ensino desse tema (MORESCO et al., 2016). A pesquisa científica sobre as archaeas é muito dinâmica e evolui rapidamente, por isso, os professores devem se manter atualizados para que possam aprimorar a prática profissional (BENEDICTO; SILVA, 2018). Os professores P1, P2 e P3 declaram que se atualizam sobre o domínio *Archaea*, enquanto os professores P4 e P5 citaram que não se atualizam sobre esse tema (Quadro 19).

Quadro 19 - Resposta dos professores sobre atualizações do domínio *Archaea*

Pergunta	Opções de respostas	Professores
Você costuma atualizar-se sobre novos assuntos relacionados às <i>Archaeas</i> ?	Sim	P1, P2, P3
	Não	P4, P5

Fonte: elaborado pelo autor.

Quando questionado, onde se atualizavam sobre o assunto, as respostas dos professores P1, P2 e P3 foram variadas. Foram citados desde o livro didático (P1 e P2), veículos de comunicação (P1 e P2), congressos de Microbiologia (P1) e revistas científicas (P1, P2, P3) (Quadro 20).

Quadro 20 - Ferramentas utilizadas pelos docentes para atualização sobre *Archaea*

Pergunta	Opções de respostas	Professores
Como você normalmente se atualiza sobre o tema?	Em livros didáticos	P1, P2
	Veículos de comunicação (jornal, documentário, reportagens, <i>internet</i>)	P1, P2
	Em Congressos nacionais e/ou internacionais de Microbiologia	P1
	Em periódicos de revistas científicas	P1, P2, P3

Fonte: elaborado pelo autor.

Existem vantagens e desvantagens na utilização das ferramentas aqui descritas. Os livros são práticos e facilmente obtidos pelos professores. Por outro lado, muitos livros ainda trazem informações limitadas e inexatas sobre o domínio *Archaea* (DOMINGUINI, 2010; SANTOS; BRAGA, 2019). Assim como os livros, os veículos de comunicação também são de fácil acessibilidade pelos docentes, porém as informações nesses ambientes são limitadas e passíveis de sensacionalismo (PONCE, 2018). Congressos de Microbiologia e revistas científicas, por sua vez, trazem informações mais precisas e atuais sobre essa área do conhecimento. Contudo, a grande quantidade de assuntos que os professores de Biologia devem se atualizar e a falta de recursos financeiros dificulta ou mesmo impossibilita o acesso a esses eventos e periódicos científicos. Assim, deve ser empregado criticidade e discricção para adoção conjunta desses meios, de forma a garantir da melhor maneira, informações de qualidade na atualização dos docentes (BENEDICTO; SILVA, 2018).

5.5 Livros didáticos

O quadro 21 resume os principais resultados obtidos a partir da análise do conteúdo de *Archaea* nos livros didáticos de Biologia selecionados nesse estudo.

O conteúdo de *Archaea* nos livros didáticos aqui analisados estão presentes em dois capítulos. No L1 esses procariotos são citados no capítulo 1: “Evolução e classificação” (LOPES; ROSSO, 2016, p.11) e no capítulo 3: “Procariontes” (LOPES; ROSSO, 2016, p.43). No L2 as archaeas são mencionadas no capítulo 1: “Classificação dos seres vivos” (MENDONÇA, 2016, p. 11) e no capítulo 3: “Moneras” (MENDONÇA, 2016, p.40). Percebe-se, dessa forma, que o conteúdo é trabalhado em um capítulo voltado para evolução e filogenia e outro voltado para as características gerais de archaeas.

Quadro 21 - Principais resultados da análise dos livros didáticos de acordo com os critérios estabelecidos

Critérios para análise		Livros analisados	
		L1	L2
<i>Aspectos teóricos</i>	Morfologia, fisiologia e reprodução	Abordado com falhas	Não abordado
	Filogenia	Abordado sem falhas	Abordado com falhas
	Abordagem ecológica	Abordado sem falhas	Abordado sem falhas
	Potencialidades biotecnológicas	Abordado sem falhas	Não abordado
	Relação com o ser humano	Abordado sem falhas	Não abordado
<i>Aspectos visuais</i>	Qualidade (nitidez e cor)	Abordado sem falhas	Abordado sem falhas
	Escala	Não abordado	Não abordado
	Conteúdo da Imagem	Abordado sem falhas	Abordado com falhas
	Relação texto-imagem	Abordado com falhas	Abordado com falhas
<i>Aspectos complementares</i>	Atividades propostas	Abordado com falhas	Abordado com falhas
	Atividades experimentais	Não abordado	Não abordado
	Textos complementares	Abordado sem falhas	Não abordado
	Sugestão em outras fontes	Não abordado	Não abordado

Legendas: ■ Abordado sem falhas ■ Abordado com falhas ■ Não abordado . Fonte: elaborado pelo autor

5.5.1 Aspectos teóricos

No L1, as archaeas são trabalhadas ao longo de todo o capítulo 3, conjuntamente com as bactérias. Porém, os autores esclarecem a distinção entre os membros dos dois domínios, e quando se referem a ambos utilizam o termo “procariontes”. Essa distinção é importante, pois de acordo com Neves e Oliveira (2016) os livros didáticos em anos recentes não fazem essa distinção, levando a interpretações equivocadas sobre as relações evolutivas entre os dois domínios de procariontes. A morfologia, fisiologia e reprodução de células do domínio *Archaea* nessa obra são tratadas em diversas ocasiões como apresentado nos trechos a seguir: “A maioria dos procariontes é unicelular, com células medindo entre 0,5 μm e 5 μm , muito menores que as células eucarióticas” (LOPES; ROSSO, 2016, p.45); “As arqueas, além das formas de cocos, bacilos e as helicoidais, como as espiroquetas e os espirilos, há espécies com forma não usual [...] como a espécie *Pyrodictium abyssii*, que tem aspecto de disco” (LOPES; ROSSO, 2016, p.46); “Nas arqueas, a composição da parede celular varia nas diferentes espécies, podendo ser,

por exemplo, de polissacarídeos complexos associados a proteínas, mas não há peptideoglicano” (LOPES; ROSSO, 2016, p.47).

Ao longo do capítulo são descritas espécies metanogênicas, halofílicas, termofílicas, bem como os aspectos fisiológicos relacionados. Entretanto, o L1 não cita a definição de organismos procariontes em nenhum momento. Os procariontes são microrganismos desprovidos de um envoltório nuclear delimitando o material genético, o que os distingue dos eucariotes (MADIGAN et al., 2016). Essa ausência reforça os resultados obtidos por Cardoso e colaboradores (2017), onde os estudantes não sabiam o que eram células procarióticas e eucarióticas, e com os resultados obtidos nesse estudo (ver item 5.2). Sobre a variabilidade genética de archaeas, Lopes e Rosso (2016, p.53) afirmam: “Com relação à reprodução, esses organismos parecem apresentar apenas bipartição. Não são conhecidos mecanismos que envolvam transferência de material genético, sendo que a variabilidade genética deve surgir só por mutação”.

Porém, tal como ocorre no domínio *Bacteria*, membros de *Archaea* também são capazes de adquirir material genético por transferência horizontal por meio de transformação, conjugação e transdução (FUCHSMAN et al., 2017). O livro L2 não aborda nenhuma desses eventos. Os aspectos morfológicos, fisiológicos e reprodução, quando citados nessa obra, só estão relacionados com as bactérias, o que abre margem para o desconhecimento desses assuntos pelos estudantes. Observa-se que a ausência desses temas em livros didáticos mais antigos, persistem em obras didáticas mais atuais (NEVES; OLIVEIRA, 2016; SANTOS; BRAGA, 2019). Quanto a filogenia, o L2 reconhece a classificação dos seres vivos em três domínios da vida, porém, adota os cinco reinos: “A classificação dos seres vivos é um assunto polêmico, havendo pouco consenso entre os cientistas. A que vamos adotar baseia-se nos cinco reinos estabelecidos pelas biólogas Lynn Margulis e Karlene Schwartz.” (MENDONÇA, 2016, p.19) Sobre o sistema de classificação em três domínios, o L2 cita:

Uma das propostas mais aceitas atualmente é a da equipe de microbiologistas liderados por Carl Woese, da Universidade de Illinois (EUA), que, em 1977, apresentou a organização dos seres vivos em três grandes agrupamentos chamados domínios: dois domínios constituídos por seres procariontes (*Archaea* e *Bacteria*), e um domínio constituído por todos os seres eucariontes (*Eukarya*). Cada domínio está subdividido em reinos, muitos correspondentes aos filos do sistema de cinco reinos já conhecido (MENDONÇA, 2016, p.21).

O L2 erra também ao afirmar que os domínios estão subdivididos em reinos. Os domínios *Archaea* e *Bacteria* não adotam essas subdivisões (MADIGAN et al., 2016). A utilização de cinco reinos, nessa obra, pode levar os estudantes a associarem de maneira equivocada archaeas

e bactérias. Inclusive, a autora afirma: “As arqueas, também chamadas arqueobactérias (arqueo = antigo), receberam esse nome porque, até pouco tempo atrás, considerava-se que este seria o grupo mais primitivo de bactérias.” (MENDONÇA et al., 2016, p. 41). Entretanto, o sistema em três domínios, já é bastante estabelecido, ao contrário do que a autora afirma (EME et al., 2017). O L2 acaba trazendo os mesmos erros encontrados em outros estudos com análise desse tema em livros didáticos de Biologia ao fazer uso do reino *Monera* e não distinguir archaeas e bactérias (AZEVEDO; NETO, 2014, NEVES; OLIVEIRA, 2016; SANTOS; BRAGA, 2019). O L1, por sua vez, é bem claro nas suas colocações:

Como já comentamos no capítulo 1, todos os procariontes eram tradicionalmente agrupados no Reino Monera, porém, desde os trabalhos de Woese na década de 1970, a existência desse táxon vem sendo contestada, e atualmente a tendência é considerar os procariontes em dois Domínios: **Archaea** e **Bacteria**. Os dados moleculares disponíveis mostram que as arqueas estão mais intimamente ligadas aos eucariontes do que às bactérias (LOPES; ROSSO, 2016, p. 44).

Os aspectos ecológicos em ambas as obras analisadas trazem boa contextualização da ubiquidade de *Archaea*. As primeiras descrições desse grupo de microrganismos em locais considerados inóspitos para a maioria dos seres vivos levaram a associação equivocada de que as *Archaeas* são encontradas exclusivamente nesses ambientes, como detectado em livros de Biologia (AMABIS; MARTHO, 2001; 2002). Infere-se que houve uma melhoria sobre esse assunto em obras mais atuais. O livro L1 cita: “[...] há registros de arqueas vivendo em ambientes onde as condições não são adversas.” (LOPES; ROSSO, 2016, p. 53). O L2 aborda: “pesquisas recentes indicam que o grupo das arqueas é muito mais diversificado do que se imaginava e que, ao longo de sua evolução, provavelmente não esteve restrito a ambientes extremos.” (MENDONÇA, 2016, p. 41). Essa mudança de paradigma contribui para o melhor entendimento desse aspecto no ensino do domínio *Archaea*.

As potencialidades biotecnológicas e a relação com seres humanos nas obras, porém, foram abordadas de maneiras distintas. O livro L2 dedica menos de uma página para descrever especificamente *Archaea*, e esses aspectos não são citados nessa obra. Isso limita a compreensão da importância desses microrganismos, principalmente em temas que estão diretamente ligados aos seres humanos (KIMURA et al., 2013). O livro L1, por outro lado, destaca a importância de enzimas isoladas de espécies termófilas – utilizadas na técnica de PCR – além da relação de archaeas metanogênicas no aquecimento global e como espécies mutualísticas ou comensais em eucariotos. Este último aspecto é assim abordado no livro: “No caso das arqueas, não se conhecem espécies patogênicas, mas há as que vivem em mutualismo e mesmo como comensais com eucariontes.” (LOPES; ROSSO, 2016, p. 44).

Percebe-se que nos aspectos teóricos, o livro L1 traz um salto maior na qualidade no conteúdo do domínio *Archaea*. Não há ambiguidade com as bactérias, e todos os critérios foram abordados, ainda que com alguns erros. O livro L2 é mais restrito e não traz considerações importantes sobre morfologia, fisiologia, reprodução, aplicação biotecnológica e relação com seres humanos. Além disso, há utilização do termo “arqueobactéria” na obra para se referir a archaeas, termo em desuso na área científica.

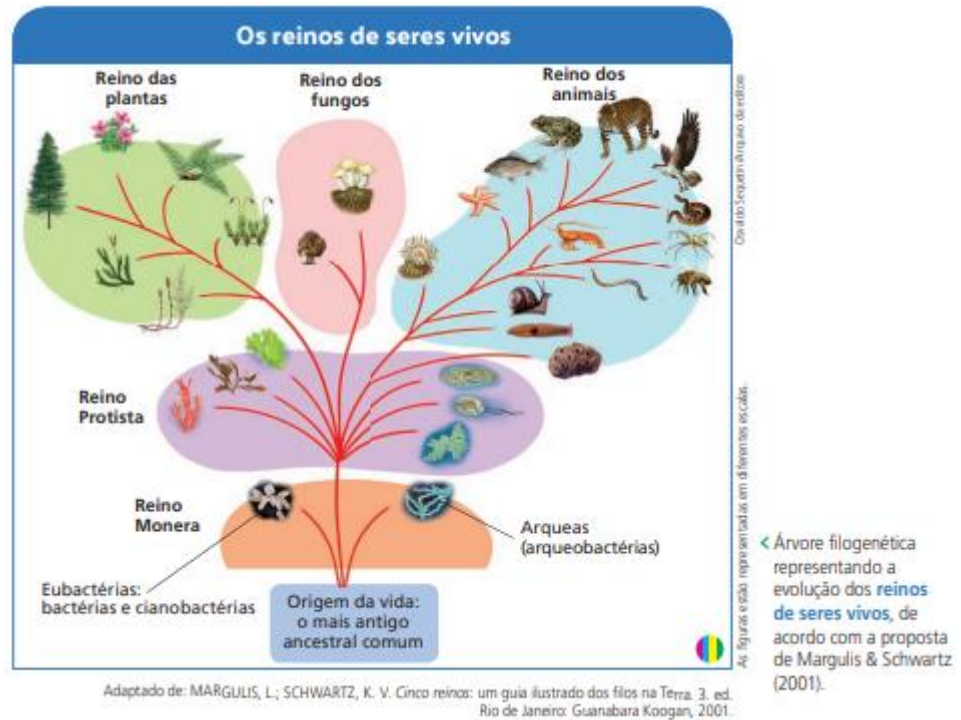
5.5.2 Aspectos visuais

As figuras utilizadas nos capítulos dos livros L1 e L2, para o conteúdo de *Archaea* representam as relações filogenéticas desses microrganismos na árvore da vida e os ambientes em que podem ser encontradas, notadamente aqueles com condições inóspitas para outros seres vivos. A figura que representa as relações filogenéticas no L1 (Anexo I) aponta os três domínios da vida de forma coerente e correta. No livro L2 há duas figuras para representar esse caráter evolutivo (Figura 5 e 6).

A primeira figura do L2 (Figura 5) representa a árvore na vida no sistema de cinco reinos e há a utilização do termo “arqueobactéria”, como já mencionado, não mais utilizado (MADIGAN et al., 2016; EME et al., 2017). A segunda figura (Figura 6) representa dessa vez, a classificação dos seres vivos nos três domínios da vida, o que é o mais correto a ser trabalhado para não confundir os estudantes. Verifica-se que as relações filogenéticas entre os organismos estão bem representadas.

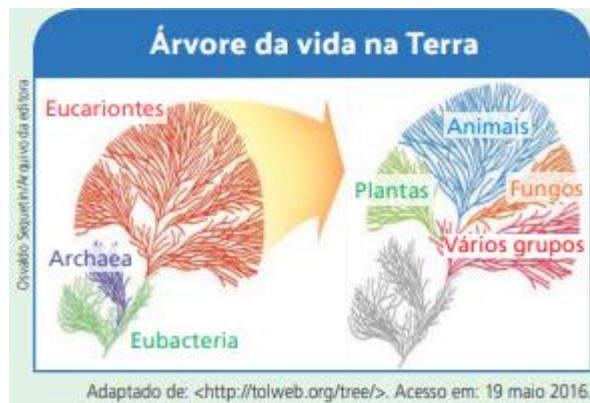
As figuras que representam os locais em que as archaeas podem ser encontradas, em ambos os livros, se limitou aos ambientes “extremos”. No livro L1, a primeira figura destaca ambientes salinos como o Mar Morto (Anexo II), e o Parque Nacional de Yellowstone nos Estados Unidos (Anexo III). No L2, o parque de Yellowstone, também é representado (Anexo IV) e um lago de água salgada na África (Anexo V). Embora, os livros L1 e L2 afirmem que as archaeas não são encontradas exclusivamente nesses ambientes “inóspitos”, as figuras apresentadas nas obras foram desses ambientes mais incomuns. Verifica-se, dessa maneira, que esses espaços representados podem ser ampliados para ambientes mais usuais, para traduzir adequadamente a ubiquidade de *Archaea* em livros didáticos.

Figura 5 - Figura do L2 sobre as relações filogenéticas entre os organismos no sistema de cinco reinos



Fonte: MENDONÇA, 2016.

Figura 6 - Figura do L2 sobre as relações filogenéticas entre os organismos no sistema de domínios



Fonte: MENDONÇA, 2016

Todas as figuras apresentadas foram posicionadas corretamente, após ou ao lado das informações que associadas, o que é importante para a correlação imagem-texto (COUTINHO et al., 2010). O L2, porém, não apresentou as legendas de maneira adequada como observado nas figuras 5 e 6. Em todas as figuras não foi observado numeração, o que pode dificultar a

leitura, identificação da figura e na compreensão do momento exato da relação da imagem com o texto (VASCONCELOS; SOUTO, 2003). O L1 também apresentou falha na relação texto-imagem. Ao abordar a morfologia de *Archaea*, é citado o exemplo da espécie *Pyrodictium abyssii*, que apresenta a morfologia rara em forma de disco. Contudo, a obra não apresentou ilustração para mostrar ao estudante essa morfologia diferenciada. Dentro desse contexto, os dois livros não trazem nenhuma figura de microscopia eletrônica de *Archaea*. Estas, quando presentes, ilustravam apenas bactérias. Esses resultados convergem com os de Neves e Oliveira (2016) e Santos e Braga (2019), que também apontam essas ausências. Por consequência, ambos os livros não possuíam escala nas figuras do domínio *Archaea*. A falta de representação desses microrganismos em microscopia, dificulta a associação de *Archaea* com a vida real, tornando essa categoria taxonômica mais abstrata para os estudantes (BARBOSA; BARBOSA, 2010; KIMURA et al., 2013).

Quanto a qualidade (nitidez e cor), as imagens do L1 e L2 se mostraram bem-sucedidas. As cores são vivas, e com boa qualidade na impressão. Foram utilizadas cores variadas, desde azul e amarelo até roxo. Esse aspecto é essencial, pois as imagens, quando apresentam essas qualidades, aguçam a curiosidade dos estudantes e tornam a leitura mais prazerosa (VASCONCELOS; SOUTO, 2003).

5.5.3 Aspectos complementares

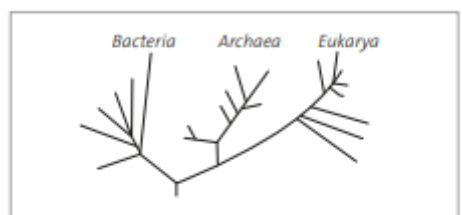
As atividades propostas nos livros didáticos L1 e L2 estavam presentes, porém, em quantidade insatisfatória. O livro L1 trouxe apenas duas questões relacionadas a archaeas, enquanto, o livro L2 trouxe apenas uma questão. O L2 pergunta: “Alguns biólogos referem-se às arqueas como “bactérias extremófilas”, termo que significa “afinidade pelo extremo”. Por que utilizar esse termo para descrever arqueas?” (MENDONÇA, 2016, p. 52) Essa questão aborda as características ecológicas de *Archaea*, entretanto de maneira simplista, e de forma a reforçar a associação desses microrganismos como os únicos habitantes desses ambientes de condição extrema a maioria dos seres vivos. A questão formulada pelos autores do livro L1, descontroem essa relação:

A espécie *Sulfolobus acidocaldarius* pertence ao domínio *Archaea* e vive em ambientes terrestres especiais, onde ocorre liberação de vapores de enxofre (por exemplo, crateras de vulcões). Os indivíduos dessa espécie são aeróbios e desenvolvem-se melhor em temperaturas entre 75 °C e 80 °C. Os demais procariontes da tabela pertencem ao domínio Bacteria. Com base nessas informações, na tabela e no gráfico, comente a frase: “Se um ambiente apresenta condições ambientais extremas, somente as arqueas serão encontradas nele” (LOPES; ROSSO, 2016, p. 57).

A questão formulada pelos autores do L1 leva os estudantes a raciocinarem de forma a desmistificar esses microrganismos como os únicos integrantes de ambientes “inóspitos”. De acordo com Vasconcelos e Souto (2003) os exercícios devem problematizar os conhecimentos para atingirem seu objetivo. A segunda questão do L1 também leva a problematização, ao questionarem as relações filogenéticas de *Archaea* em substituição a classificação de abordagem ecológica distribuído os seres vivos em cinco reinos (Figura 7).

Figura 7 - Exercício do L1 sobre filogenia

4. (UnB-DF)



O esquema acima ilustra o sistema de classificação dos seres vivos com base em aspectos filogenéticos definidos por meio da comparação das sequências de RNA ribossômico de diferentes organismos. Os organismos do domínio *Bacteria* e *Archaea* são procariontes e os do domínio *Eukarya* são eucariontes. Com base nessas informações e no esquema apresentado, é correto afirmar que os organismos:

- a) dos três domínios evoluíram de ancestrais diferentes.
- b) do domínio *Archaea* são constituídos de células com envoltório nuclear.
- c) do domínio *Eukarya* evoluíram a partir de um organismo do domínio *Archaea*.
- d) do domínio *Eukarya* estão filogeneticamente mais próximos dos organismos do domínio *Archaea* que dos organismos do domínio *Bacteria*.

Fonte: LOPES; ROSSO, 2016

Essa questão trabalha com os três domínios propostos por Woese e colaboradores, de modo a destacar a proximidade evolutiva entre os domínios *Archaea* e *Eukarya*, o que é importante no ensino de relações moleculares. Porém, de forma geral, as duas obras necessitam de maior integração de conteúdos nos exercícios propostos. Outros temas como morfologia, fisiologia, reprodução, aplicação biotecnológica estão ausentes, o que diminui o contato dos alunos com esses conteúdos.

A presença de atividades experimentais e sugestão em outras fontes esteve ausente nos dois livros. Para Vasconcelos e Souto (2003) as atividades experimentais práticas são essenciais para a ação investigativa do estudante e do pensamento científico. Essas atividades levam o aluno a proposição de hipóteses, coleta de dados e a tirar suas próprias conclusões. Ademais,

auxilia o professor no surgimento de ideias para elaboração de metodologias alternativas de ensino (BARBOSA; BARBOSA, 2010). As sugestões em outras fontes, por outro lado, são importantes para formação do aluno como sujeito construtor do próprio conhecimento. Ao propor a busca em fontes alternativas, a curiosidade do aluno é aguçada, e as informações do livro podem ser complementadas, ou quando ausentes, apresentadas aos estudantes. Ao não trazerem esses aspectos, os dois livros didáticos analisados nesse estudo limitam os elementos discutidos acima e o ensino do domínio *Archaea*.

O último aspecto analisado nesse estudo foram os textos complementares. O livro L2 não inclui esses textos. O livro L1, por sua vez, traz dois textos complementares com o título “Colocando em foco”. A estratégia utilizada nessa obra foi trazer aspectos teóricos do conteúdo de *Archaea* como curiosidade para serem trabalhados. O primeiro texto tem o título: “Aquecimento global, *Archaea* metanogênicas e bactérias metanotróficas – qual a relação?” (LOPES; ROSSO, 2016, p. 53). Esse texto aborda a produção de metano por archaeas, e a subsequente utilização desse composto pelas bactérias metanotróficas para produção de dióxido de carbono, como fenômeno importante para redução de metano na atmosfera. Esse texto é relevante, pois destaca aspectos fisiológicos e ecológicos de archaeas simultaneamente, e trazem o assunto para complementar a discussão do livro. O segundo texto complementar: “Biotecnologia e arqueas das fontes termais” (LOPES; ROSSO, 2016, p. 54), destaca o potencial biotecnológico desses microrganismos, ao citar a utilização de enzimas isoladas de espécies termófilas para aplicação na técnica de PCR.

Em síntese, de forma geral o livro L1 trabalhou o assunto domínio *Archaea* de maneira mais adequada. Todos os aspectos teóricos foram trabalhados, mesmo apresentando erros. Entretanto, esse livro trouxe ausências importantes nos aspectos complementares e visuais. O L2 também apresentou ausência e erros nestes aspectos, e trabalhou o assunto de maneira mais simplista no aspecto teórico, omitido várias informações essenciais.

Os resultados obtidos nesse estudo não tem por objetivo desmerecer o trabalho e empenho que foi feito na confecção dessas obras didáticas, e sim analisar como o conteúdo de *Archaea* é trabalhado em livros didáticos mais recentes, de modo a alertar os docentes e discentes sobre essas limitações.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Archaeas são um grupo de microrganismos procariontes, e as semelhanças com as células bacterianas levou à alocação desses dois grupos de microrganismos em uma mesma categoria taxonômica em vários sistemas de classificação, desde aquele proposto por Haeckel, em 1866,

até o de cinco reinos proposto por Whittaker (1969) e modificado por Margulis e Scwartz em 1982. Esse caráter histórico influencia o ensino de *Archaea* até os dias atuais. Não obstante, são comuns a utilização do termo “arqueobactérias” para se referir às *Archaea* em livros didáticos recentes de Biologia, a acomodação no mesmo *táxon* com bactérias (reino *Monera*) e ausências importantes nos conteúdos lecionados em sala de aula.

Em 1990, utilizando sequências de genes de rRNA 16S e 18S, Woese propôs o sistema de classificação dos seres vivos baseados em três domínios da vida: *Bacteria*, *Archaea* e *Eukarya*. A partir de então, as archaeas passam a ser reconhecidos como uma categoria exclusiva, e consequentemente, o reino *Monera* perde o valor taxonômico. Entretanto, vários são os desafios ainda presentes no ensino desses microrganismos no nível da educação básica, incluindo desde livros, currículos, formação docente, modalidades até ferramentas didáticas.

Este estudo mostrou que, atualmente, as archaeas são ensinadas pela maioria dos docentes analisados em escolas de ensino médio do DF, porém, o tempo dedicado ao tema é insuficiente e vem ocorrendo de modo superficial. O ensino de *Archaea* ocorre de forma tradicional e teórica, sem adoção de modalidades e ferramentas alternativas de ensino que instiguem os alunos a se apropriarem do conteúdo de forma adequada. A maioria dos estudantes afirma não se lembrar se as archaeas haviam sido trabalhadas em aula, e muitos discentes não sabiam as características teóricas básicas desse grupo de microrganismos, desde morfologia, ecologia, propriedades biotecnológicas e relações com os seres humanos.

As archaeas são vistas ainda pelos estudantes como um tipo particular de bactérias e integrantes do reino *Monera*. Essa concepção pode ser passada de modo equivocado pelos docentes, que costumam trabalhar os dois conteúdos juntos no ensino médio. Esses fenômenos são resultados de uma formação acadêmica inadequada do tema e ausência de atualizações por alguns professores.

Na análise de dois livros didáticos de Biologia aprovados pelo PNLD 2018, embora tenha ocorrido melhoras na adaptação do conteúdo sobre o domínio *Archaea*, verificou-se a permanência do termo arqueobactérias e adoção do reino *Monera* em uma obra analisada. Os livros possuem também uma carência nos aspectos visuais e complementares, o que limita uma compreensão apropriada do assunto pelos estudantes. Conclui-se que o ensino sobre o domínio *Archaea* em escolas de ensino médio no DF ainda carece de otimização. Porém, é importante reconhecer que a presença desse assunto em aulas é o primeiro passo para superar essas dificuldades.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABARZÚA, C.G.O. Leeuwenhoek y sus animálculos. **Revista chilena de infectología**, v. 37, n. 6, p. 762-766, 2020.
- AGUIAR, M. Secretaria de Educação do DF anuncia planos de volta às aulas presenciais. **Correio Braziliense**, 2021. Disponível em < <https://www.correiobraziliense.com.br/euestudante/educacao-basica/2021/07/4939896-secretaria-de-educacao-do-df-anuncia--plano-de-volta-as-aulas-presenciais.html> > Acesso em 26 de out. de 2021.
- ALQUÉRES, S.M.C et al. Exploring the biotechnological applications in the *Archaeal* domain. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 38, p. 398-405, 2007.
- AMABIS, J.R.; MARTHO, G.R. **Conceitos de Biologia**. 1ª ed., São Paulo: Moderna, 2001.
- AMABIS, J.R.; MARTHO, G.R. **Fundamentos da Biologia Moderna**. 3ª ed., São Paulo: Moderna, 2002.
- AZEVEDO, T; NETO, L.S. Bacteriologia na Educação Básica: como este tema é abordado nos livros didáticos? **Acta Scientiae**, v. 16, n. 3, p. 631-647, 2014.
- BARBOSA, A.T.; FERREIRA, G.L.; KATO, D.S. O ensino remoto emergencial de Ciências e Biologia em tempos de pandemia: com a palavra as professoras da Regional 4 da SBENBIO (MG/GO/TO/DF). **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 13, n. 2, p. 379-399, 2020.
- BARTELMEBS, R. C. Analisando os dados na pesquisa qualitativa. **Metodologias de Estudos e Pesquisas em Educação III**, 2013. Disponível em < http://www.sabercom.furg.br/bitstream/1/1453/1/Texto_analise.pdf > Acesso em 26 de set. de 2021.
- BASSO, L.D.P.; TERRAZZAN, E.A. Organização e realização do processo de escolha de livros didáticos em escolas de educação básica. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 9, n. 3, p. 256-272, 2015.
- BENEDICTO, E.C.P.; SILVA, P.R.L. Discussões acerca das formas de atualização de professores de química do Ensino Médio. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 13, p. 282-287, 2018.
- BRASIL. **PNLD 2018: apresentação – guia de livros didático**. Brasília, DF: MEC, 2017.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BROCK, T.D. et al. *Sulfolobus*: a new genus of sulfur-oxidizing bacteria living at low pH and high temperature. **Arch. Mikrobiol**, v. 84, n. 1, p. 54-68, 1972.
- BROILO, L.; NETO, G.B. Pandemia 2020 e a EaD: o impacto do Covid-19 no ensino brasileiro. **Educação, Cultura e Comunicação**, v. 12, n. 23, p. 139-150, 2021.
- CAETANO, G. L.; PEREIRA, G. R. O ensino sobre as bactérias e as arqueas na educação básica: proposição de um curso de formação docente. **Lat Am J Sci Educ**, v. 6, n. 12019, p. 1-9, 2019.

- CÂNDIDO, M. S. C. et al. Microbiologia no ensino médio: Analisando a realidade e sugerindo alternativas de ensino numa escola estadual paraibana. **Ensino, Saúde e ambiente**, v. 8, n. 1, p. 57-73, 2015.
- CARVALHO, W. **Biologia em Foco volume único**. 1ª ed., São Paulo: FTD, 2002.
- CAVICCHIOLI, R. *Archaea* — timeline of the third domain. **Nature Reviews Microbiology**, v. 9, n. 1, p. 51-61, 2011.
- CÉSAR, S.J.; SEZAR, S.; CALDINI, N. **Biologia volume 2**. 10ª ed., São Paulo: Saraiva, 2010.
- COUTINHO, F.A. et al. Análise do valor didático de imagens presentes em livros de Biologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 53, 2010.
- DAMIANI, M.F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar em revista**, n. 31, p. 213-230, 2008.
- DARLAND, G. et al. A thermophilic, acidophilic mycoplasma isolated from a coal refuse pile. **Science**, v. 170, n. 3965, p. 1416-1418, 1970.
- DE ROSA, M. et al. Lipids of the *Archaea*: a new tool for bioelectronics. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 9, n. 9-10, p. 669-675, 1994.
- DISTRITO FEDERAL. **Currículo em Movimento da Educação Básica – Ensino Médio**. Brasília, DF: SEEDF, 2014.
- DISTRITO FEDERAL. **Projeto Político Pedagógico 2014 CEM-417**. Brasília, DF: CEM 417, 2014.
- DISTRITO FEDERAL. **Educar na diversidade**. Brasília, DF: CEM 01, 2017.
- DISTRITO FEDERAL. **Replanejamento Curricular 2021 – Ensino Médio**. Brasília, DF: SEEDF, 2021.
- DOMINGUINI, L. Fatores que evidenciam a necessidade de debates sobre o livro didático. **Congresso Internacional de Filosofia e Educação**, 2010. Disponível em <https://www.ucs.br/ucs/tplcinfe/eventos/cinfe/artigos/artigos/arquivos/eixo_tematico7/Fatores%20que%20Evidenciam%20a%20Necessidade%20de%20Debates%20sobre%20o%20Livro%20Didatico.pdf> Acesso em 25 de set. de 2021.
- EICHINGER, C.M. et al. *Archaea* are interactive components of complex microbiomes. **Trends in microbiology**, v. 26, n. 1, p. 70-85, 2018.
- EME, L. et al. *Archaea* and the origin of eukaryotes. **Nature Reviews Microbiology**, v. 15, n. 12, p. 711-723, 2017.
- FLORES, I.A. et al. Análise do desenvolvimento de bactérias em meio de cultura caseiro. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 12, n. 2, 2020.
- FONTELLES, M. J. et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista paraense de medicina**, v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009.

- FREITAS, N.K.; RODRIGUES, M.H. O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo. **DAPesquisa**, v. 3, n. 5, p. 300-307, 2008.
- FUCHSMAN, C.A. et al. Effect of the environment on horizontal gene transfer between bactéria and *Archaea*. *PeerJ – Life & Environment*, 2017. Disponível em < <https://peerj.com/articles/3865/>> Acesso em: 25 de set. de 2021.
- FNDE. **Fundo Nacional do desenvolvimento da educação**, 2017. Histórico. Disponível em < <http://www.fnde.gov.br/component/k2/item/518-hist%C3%B3rico#:~:text=O%20Programa%20Nacional%20do%20Livro,com%20outra%20denomina%C3%A3o%2C%20em%201937.&text=1937%20%2D%20O%20Decreto%2DLei%20n%C2%BA,o%20Instituto%20Nacional%20do%20Livro.> > Acesso em 25 de set. de 2021.
- FRANÇA, J.P.R.; SOVIERZOSKI, H.H. Conhecimentos dos estudantes sobre a célula animal. **70ª Reunião Anual da SBPC**, 2018. Disponível em < http://www.sbpcnet.org.br/livro/70ra/trabalhos/resumos/3050_1f57fab6cfeec4e3cbcab87bc23e277cb.pdf > Acesso em 04 de out. de 2021.
- FUJIWARA, A. et al. Application of a Euryarchaeota-specific helicase from *Thermococcus kodakarensis* for noise reduction in PCR. **Applied and environmental microbiology**, v. 82, n. 10, p. 3022-3031, 2016.
- GALIZIA, F.S. A relação entre professor, aluno e currículo em sala de aula / Fernando Stanzione Galizia. - São Carlos: EdUFSCar, 2011. 73 p. - (Coleção UAB-UFSCar)
- GUEDES, M.R.A. Proposta de metodologia alternativa para o ensino de Microbiologia no Ensino Médio, 2019. Disponível em < [1281-37-2632-1-10-20190222 \(1\).pdf](#) > Acesso em: 25 de set. de 2021.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Geneva: IPCC, 2014. 151 p.
- KIMURA, A. H. et al. Microbiologia para o ensino médio e técnico: contribuição da extensão ao ensino e aplicação da ciência. **Revista Conexão UEPG**, v. 9, n. 2, p. 254-267, 2013.
- KLEPKA, V; CORAZZA, M.J. A natureza da classificação dos seres vivos na Grécia antiga. **Diálogos (Maringá)**, v. 22, n. 2, p. 202-224, 2018.
- LEITÃO, S. The potential of argument in knowledge building. **Human Development**, v. 43, n. 6, p. 332-360, 2000.
- LEPIENSKI, M.L.; PINHO, K.E.P. Recursos Didáticos no Ensino de Biologia e Ciências. Dissertação – Programa Desenvolvimento Educacional – PDE, 2011. Disponível em < <http://www.diadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/400-2.pdf>. > Acesso em 26 de set. de 2021.
- LEVIT, Georgy S.; HOSSFELD, Uwe. Ernst Haeckel in the history of biology. **Current Biology**, v. 29, n. 24, p. 1276-1284, 2019.
- LOPES, S. **Bio volume único**. 6ª ed., São Paulo: Saraiva, 1997.

- LOPES, S.; ROSSO, S. **Biologia volume único**. 1ª ed., São Paulo: Saraiva, 2005.
- LOPES, S.; ROSSO, S. **Bio, volume 2**. 3ª ed., São Paulo: Saraiva, 2016.
- LPSN. **List of prokaryotic names with standing in nomenclature**, 1997. Domain. Disponível em < <https://lpsn.dsmz.de/domain> > Acesso em 4 de out. de 2021.
- MADIGAN, M.T. et al. **Microbiologia de Brock**. 14ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2016.
- MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K.V. **Five kingdoms. An illustrated guide to the phyla of life on Earth**. 1ª ed., San Francisco: Freeman, 1982.
- MARTINS, R.A. Descrições de aves: uma comparação entre Aristóteles e Plínio, o Velho. **Filosofia e História da Biologia**, v. 1, n. 1, p. 297-323, 2006.
- MEDEIROS, L.P. et al. Reconhecendo a Microbiologia no nosso dia a dia pelo método PBL por estudantes do ensino médio. **Luminária**, v. 19, n. 01, p. 34-43, 2018.
- MENDONÇA, V.L. **Biologia: os seres vivos: volume 2**. 3ª ed., São Paulo: AJS, 2016.
- MIRANDA, S. No fascínio do jogo, a alegria de aprender. **Ciência hoje**. v.28, n. 168, p. 64-66, 2002.
- MORANDINI, C.; BELINELLO, L.C. **Biologia volume único**. 1ª ed., São Paulo: Atual, 1999.
- MOREIRA, C. Fixismo. **Revista de Ciência Elementar**, v. 3, n. 4, 2015.
- MORESCO, T. R. et al. Ensino de microbiologia experimental para Educação Básica no contexto da formação continuada. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 435-457, 2017.
- MORESCO, T. R.; BARBOSA, N.B.; BARBOSA, J.B.T. Ensino de microbiologia e a experimentação no ensino fundamental. **Revista Contexto & Educação**, v. 32, n. 103, p. 165-190, 2017.
- NAKATA, C.H. Coronavírus: como a pandemia escancarou a desigualdade e paralisou a educação no Distrito Federal. **Revista Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa**, v. 2, n. 3, p. 72-83, 2020.
- NASCIMENTO, P.M. et al. Acesso domiciliar à internet e ensino remoto durante a pandemia, **Ipea**, 2020. Disponível em < <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10228>. > Acesso em 25 de set. de 2021.
- NEVES, D.B.; OLIVEIRA, M.C.A Domínio *Archaea* e Bacteria nos livros didáticos de Biologia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), **Academia**, 2016. Disponível em < http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2016/TRABALHO_EV058_MD1_SA93_ID1464_17052016010719.pdf > Acesso em 25 de set. de 2021.
- OLIVEIRA, T.R. **Caracterização estrutural e funcional de proteínas de camada S de *Haloferax volcanii***, 119 f. Tese (Doutorado em Biologia Molecular) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

ODA, W.; DELIZOICOV, D. Docência no Ensino Superior: as disciplinas Parasitologia e Microbiologia na formação de professores de Biologia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 3, p. 101-122, 2011.

PEREIRA, M.V.; REZENDE FILHO, L.A; BEZERRA, T. A. M. Investigando a produção de vídeos por estudantes de ensino médio no contexto do laboratório de física. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 2731-2736, 2013.

PONCE, A.R.H.A **O papel dos comunicados de imprensa no sensacionalismo em notícias de ciências**, 186 f. Dissertação (Mestrado em Comunicação de Ciência) – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2018.

RIBEIRO, H.R.M. **Cultivo e filogenia molecular de *Archaea* a partir de amostras de aquário de água doce**, 87 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Molecular) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ROLT, V.A.; BARTOLOTO, E.; DALLABONA, K.G. A utilização de metodologias diferenciadas no ensino de Ciências e Biologia em duas escolas da rede pública do município de Criciúma. **Maiêutica**, v. 2, n. 1, p. 123-138, 2014.

SANTOS, C. R.; BRAGA, H.F. Abordagem das bactérias extremófilas em livros didáticos de biologia do ensino médio. **Scientia Plena**, v. 15, n. 9, p. 1-9, 2019.

SAUDER, L.A. et al. Aquarium nitrification revisited: Thaumarchaeota are the dominant ammonia oxidizers in freshwater aquarium biofilters. **PLoS one**, v. 6, n. 8, p. e23281, 2011.

SILVA, A.C; JUNIOR, N.M. Análise do conteúdo de fungos nos livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista Ciências & Ideias**, v. 7, n. 3, p. 235-273, 2017.

SILVA, J.A. **Microbiologia no ensino fundamental e o uso de metodologias em sala de aula que favoreçam uma aprendizagem mais significativa: um desafio atual**, 54 f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia) – Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-PB, 2015.

SILVA, L.N.; MEGLHIORATTI, F.A. Análise de livros didáticos de Biologia em periódicos de ensino: o que trazem as pesquisas? **VIDYA**, v. 40, n. 1, p. 259-278, 2020.

TORTORA, G.J.; CASE, C.L.; FUNKE, B.R. **Microbiologia**. 12^a ed., Porto Alegre: Artmed, 2016.

UMBELINO, T.; LISBOA, A.P.; MARTINS, I. SEEDF: aulas a distância serão obrigatórias a partir de 29 de junho. **Correio Braziliense**, 2020. Disponível em < https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/ensino_educacaobasica/2020/06/03/interna-educacaobasica-2019,860801/see-df-aulas-a-distancia-serao-obrigatorias-a-partir-de-29-de-junho.shtml > Acesso em 25 de set. de 2021.

UNA-SUS. **Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde**, 2020. Organização Mundial de Saúde declara pandemia do novo coronavírus. Disponível em < https://www.unasus.gov.br/noticia/organizacao-mundial-de-saude-declara-pandemia-de-coronavirus_ > Acesso em 26 de set. de 2021.

UZUNIAN, A.; BIRNER, E. **Biologia volume único**. 2^a ed., São Paulo: Harbra, 2004.

VASCONCELOS, S.D.; SOUTO, E. O livro didático de Ciências no Ensino Fundamental proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003.

WHITTAKER, R.H. New concepts of kingdoms of organisms. **Science**, v. 163, n. 3863, p. 150-160, 1969.

WOESE, C.R; FOX, G.E. Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 74, n. 11, p. 5088-5090, 1977.

WOESE, C.R; KANDLER, O; WHEELIS, M.L. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains *Archaea*, *Bacteria*, and *Eucarya*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 87, n. 12, p. 4576-4579, 1990.

Apêndice A. Questionário para os estudantes

Pergunta 01. As arqueas são um grupo de microrganismos muito estudados atualmente. Durante o Ensino Médio você já ouviu falar ou teve contato nas aulas de Biologia ou em disciplinas afins com esse grupo de microrganismos?

- Sim, porém, bem rapidamente. Atualmente não lembro de bastante coisas sobre o tema.
- Sim, o professor trouxe várias informações sobre o tema. Hoje em dia lembro de muitas coisas sobre arqueas.
- Não lembro se o professor abordou o conteúdo em sala de aula.
- Nunca foi abordado ou mencionado sobre esses microrganismos na aula de Biologia ou em outras disciplinas.

Pergunta 02. Sobre as arqueas, julgue os itens abaixo. Em cada item você pode marcar apenas uma opção de acordo com os seguintes comandos: C (Certo), E (Errado), NS (Não sei).

- C E NS As arqueas são microrganismos procariontes, ou seja, não possuem envoltório nuclear delimitando o material genético circular.
- C E NS As arqueas são um grupo específico de bactérias, e por isso podem ser chamadas também de arqueobactérias. Elas fazem, dessa forma, parte do reino Monera.
- C E NS As arqueas são um grupo de microrganismos extremófilos, sendo encontrados exclusivamente em ambientes inóspitos como fontes termais e vulcões.
- C E NS As arqueas são pouco estudadas em razão da sua natureza extremófila, e por isso, o potencial biotecnológico desses microrganismos é ainda pouco explorado.
- C E NS Apesar de serem microrganismos, as arqueas não são consideradas patogênicas, ou seja, fonte de doenças em seres humanos e outros animais. Elas fazem parte, inclusive, da microbiota humana.

Apêndice B. Questionário para os professores

Pergunta 01. De acordo com documentos oficiais que regem a educação básica no Distrito Federal, o conteúdo do domínio *Archaea* é um tema que deve ser abordado na educação básica na etapa do Ensino Médio. Você como professor de Biologia ou de disciplina afim, aborda esse conteúdo nas aulas?

- Sim. Costumo lecioná-lo todos os anos nos conteúdos programáticos;
 Não. Esse conteúdo geralmente não é abordado nas minhas aulas;
 Varia de ano para ano, porém, na maioria das vezes consigo lecioná-lo aos estudantes;
 Varia de ano para ano, porém, na maioria das vezes não leciono aos estudantes.

Caso você tenha marcado as duas últimas opções, no ano passado (2020), você abordou esse tema em sala de aula? SIM; NÃO.

Pergunta 02. Normalmente quanto tempo nas aulas você dedica para ensinar sobre arqueas? (Considere que 01 aula corresponde a 50 minutos).

- 01 aula ou menos;
 02 aulas;
 03 aulas;
 04 aulas ou mais;
 Não abordo esse tema em sala de aula.

Pergunta 03. Quando esse assunto é ministrado em suas aulas, as arqueas são geralmente abordadas em conjunto com o domínio Bacteria?

- SIM; NÃO; Não abordo esse tema em sala de aula.

Pergunta 04. Quais os tipos de modalidade didática que você geralmente emprega ao dar aulas sobre arqueas? (Mais de uma opção pode ser marcada, considere também as modalidades utilizadas antes da pandemia).

- Aula expositiva; Aula prática; Aula demonstrativa; Aula de Campo;
 Debates e/ou Discussão; Trabalho em grupo; Não abordo o tema em sala de aula.

Pergunta 05. Quais as ferramentas/espços didáticos que você utiliza normalmente ao dar aulas sobre o domínio *Archaea*? (Mais de uma opção pode ser marcada, considere também as modalidades utilizadas antes da pandemia).

- Quadro Slides Vídeos Matérias jornalísticas Laboratório; Jogos;
 Livro didático; Área externa a sala de aula; Exercícios; Textos; Não abordo o tema em sala de aula;

Outros: _____

Pergunta 06. Quais os aspectos teóricos abaixo você aborda normalmente em suas aulas sobre arqueas ou em aulas anteriores/posteriores sobre o tema? (Mais de uma opção pode ser marcada)

<input type="checkbox"/>	Estrutura e Morfologia;	Estrutura celular, características genéticas e as diferenças nos processos de replicação, transcrição e tradução, comparado as bactérias.
<input type="checkbox"/>	Filogenia;	Relações filogenéticas baseadas em sequências de gene de RNA ribossomal e emprego dos Domínios da vida: <i>Archaea</i> , <i>Bacteria</i> , <i>Eukarya</i> .
<input type="checkbox"/>	Aspectos ecológicos;	Descrição de arqueas extremófilas (temperatura, pH, pressão, salinidade) e arqueas presentes em ecossistemas de condição compatível com a vida humana.
<input type="checkbox"/>	Potencialidades biotecnológicas;	Produção de cosméticos, enzimas, fármacos, suplementos e sondas moleculares.
<input type="checkbox"/>	Relação com seres humanos.	Participação na microbiota humana e ausência de patologias de tais microrganismos.

Não abordo o tema em sala de aula.

Pergunta 07. Você considera que teve uma boa formação acadêmica de natureza teórica para ministrar aulas sobre o domínio *Archaea*?

- Sim. Durante minha formação acadêmica tive bons professores e aulas aprofundadas sobre o tema;
- Acho que obtive parcialmente uma boa formação sobre o assunto;
- Não. Tive poucas aulas sobre o tema e não tive aprofundamento do assunto;
- Não lembro se durante minha formação acadêmica foi ministrado aulas sobre o assunto;
- Realizei minha formação acadêmica ainda quando as contribuições de Carl Woese na década de 1990 não estavam tão difundidas, e por isso, não tive aprofundamento no tema.

Pergunta 08. Você costuma atualizar-se sobre novos assuntos relacionados às arqueas?

SIM; NÃO.

Se SIM, como normalmente você se atualiza sobre o tema? (Mais de uma opção pode ser marcada)

- Pelas atualizações e novidades dos livros didáticos;
- Pelas informações nos veículos de comunicações como jornal, documentários e reportagens na internet;
- Participando de congressos nacionais e/ou internacionais de microbiologia;
- Fazendo leitura de periódicos em revistas científicas.
- Outros: _____

Apêndice C. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



Universidade de Brasília - UnB
 Instituto de Ciências Biológicas - IB
 Núcleo de Educação Científica – NECBio

Prezado(a) estudante ou docente, você está sendo convidado a participar desta pesquisa com o tema *O terceiro domínio da vida: Análise do ensino de Archaea em escolas de Ensino Médio do Distrito Federal*, elaborada e supervisionada pelo estudante da Universidade de Brasília, Felipe de Araújo Mesquita, graduando em Ciências Biológicas, sob orientação da Professora Dra. Marlene Teixeira De-Souza. O objetivo dessa pesquisa é analisar o ensino de arqueas no ensino médio em escolas públicas do Distrito Federal a partir da perspectiva de professores e estudantes e da análise do conteúdo de livros didáticos. A coleta de dados sob a perspectiva de professores e alunos desse estudo se dará pelo presente questionário adequado para sua categoria, sendo sua participação muito importante para realização dessa pesquisa. Solicito a sua autorização para apresentar os resultados deste questionário como parte do Trabalho de Conclusão de Curso do presente pesquisador. Seu nome será mantido em absoluto sigilo. Essa pesquisa não possui riscos previsíveis. Esclareço que sua participação é voluntária, portanto, você não é obrigado(a) a fornecer as informações do presente questionário. O pesquisador estará disposto para tirar suas dúvidas a qualquer momento no decorrer deste estudo, e fornecer no final da pesquisa os resultados, caso você esteja interessado.

Eu, _____, fui informado(a) dos objetivos deste estudo de maneira clara, e dessa forma, declaro que concordo em participar desta pesquisa.

Brasília, _____ de _____ de 2021.

 Assinatura

 Assinatura do pesquisador

Em caso de quaisquer dúvidas você poderá consultar o pesquisador pelo *e-mail*:
felipedearaujomesquita@gmail.com

Anexo I. Figura do L1 sobre as relações filogenéticas entre os organismos em domínios

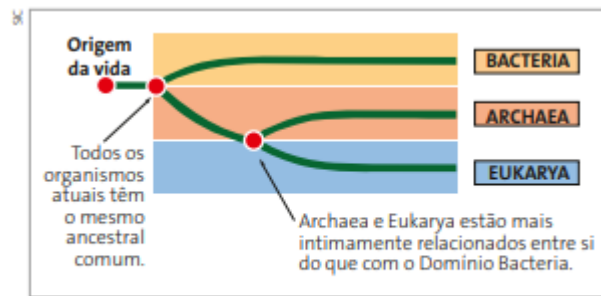


Figura 3.2. Relação filogenética entre Bacteria, Archaea e Eukarya.

Fonte: LOPES; ROSSO, 2017

Anexo II. Figura do L1 sobre ambientes detentores de *Archaea* (Mar Morto)



Figura 3.14. Fotografia de uma região do Mar Morto, onde há produção de sal pela evaporação da água.

Fonte: LOPES; ROSSO, 2017

Anexo III. Figura do L1 sobre ambientes detentores de *Archaea* (Parque Yellowstone)



Figura 3.15. Fotografia de fonte termal no Parque Nacional Yellowstone, nos Estados Unidos, ambiente favorável ao desenvolvimento de arqueas.

Fonte: LOPES; ROSSO, 2017

Anexo IV. Figura do L2 sobre ambientes detentores de *Archaea* (Parque Yellowstone)



^ **Fonte termal** em parque dos Estados Unidos. Ali a temperatura da água e o grau de acidez são muito elevados. O colorido da água resulta das populações de arqueas que ali vivem.

Fonte: MENDONÇA, 2016

Anexo V. Figura do L2 sobre ambientes detentores de *Archaeas* (Lago na África)



^ **Lagoa com alta concentração de sal**, na África. A cor rosada da água é consequência da presença de arqueas.

Fonte: MENDONÇA, 2016