

Dessalinização da água do mar: um caminho interdisciplinar para suprir a escassez da água

Eliel Felizardo*

Gabriele Bianchi Zattera

José Arthur Martins

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul - RS, Brasil

*Autor correspondente: eliel.felizardo@gmail.com

Recebido: 25 de Novembro de 2024

Revisado: 30 de Novembro de 2024

Aceito: 15 de Dezembro de 2024

Publicado: 24 de Dezembro de 2024

Resumo: O processo de dessalinização da água do mar emerge como uma abordagem interdisciplinar para enfrentar a crescente escassez de água. Este caminho integrador envolve a colaboração entre diversas disciplinas, como Física e Ciências Biológicas, para explorar métodos eficazes de dessalinização. Além de lidar com os desafios técnicos, o enfoque interdisciplinar também considera as implicações ambientais, econômicas e sociais dessa prática. O objetivo é analisar a dessalinização como uma solução sustentável para a escassez hídrica, promovendo a compreensão e ação conjunta para abordar os complexos desafios relacionados à disponibilidade de água potável. Por isso, este texto com o uso das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade apresentamos as etapas de um trabalho pedagógico que permite discutir a dessalinização da água do mar, como um caminho para suprir os recursos hídricos, além de desenvolver as habilidades da Alfabetização Científica e Tecnológica e seus objetivos. Notamos que um trabalho de cunho social e pedagógico promove aprendizagens atitudinais e conceituais nos indivíduos, já que eles terão a possibilidade de escolher quais objetos do conhecimento querem desenvolver, mas também ter a sensibilidade no outro ser humano que não tem um dos principais recursos da natureza, que é a água potável.

Palavras-chave: Dessalinização, ensino médio, interdisciplinaridade.

Desalination of seawater: an interdisciplinary path to supply water scarcity

Abstract: The seawater desalination process emerges as an interdisciplinary approach to address growing water scarcity. This integrative path involves collaboration between diverse disciplines, such as Physics and Biological Sciences, to explore effective desalination methods. In addition to dealing with technical challenges, the interdisciplinary approach also considers the environmental, economic and social implications of this practice. The objective is to analyze desalination as a sustainable solution to water scarcity, promoting understanding and joint action to address the complex challenges related to the availability of drinking water. Therefore, this text, using the Interdisciplinary Islands of Rationality, presents the stages of a pedagogical work that allows us to discuss the desalination of sea water, as a way to supply water resources, in addition to developing the skills of Scientific and Technological Literacy and your goals. We note that work of a social and pedagogical nature promotes attitudinal and conceptual learning in individuals, as they will have the possibility of choosing which objects of knowledge they want to develop, but also have sensitivity in other human beings who do not have one of nature's main resources, which is drinking water.

Key-words: Desalination, high school, interdisciplinarity.

Introdução

Nas palavras de Fourez [1]: “na imensidão de um oceano de ignorância somos convidados a escolher alguns elementos dentre os muitos existentes para definir adequadamente uma situação-problema que culmina em uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR).”.

Assim, urge pensar que os modelos educacionais utilizados na maioria das instituições de ensino ainda não veem a interdisciplinaridade como uma ferramenta capaz de superar as fragilidades existentes na prática pedagógica, tendo em vista que Japiassu [2] já em 1994 afirmava que as escolas são “silos do saber”, os quais são depositados alimentos para aqueles que não têm fome.

Ou será que o mantimento fornecido aos indivíduos não os satisfaça mais, devido às novas formas de pensar, de agir, o advento da Inteligência Artificial e o uso frequente das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação?

É nessa vastidão oceânica que acreditamos que a escola é acima de tudo um fato social [3] e, para tanto, deve abordar assuntos não somente determinados pelas instâncias educacionais, mas também os problemas reais que impactam na sociedade e na vida dos indivíduos.

Assim, o antagonismo que muitas vezes se supôs existir entre a sociedade e o indivíduo não corresponde à realidade. Estes dois termos estão longe de se oporem e só poderem se desenvolver de modo divergente. Na verdade, um implica o outro. Ao querer a sociedade, o indivíduo quer a si mesmo [3].

Por isso, ao ler “Vidas Secas” de Graciliano Ramos (1978) [4] encontramos a história de uma família de retirantes fugindo da seca e da miséria nordestina, no entanto, pensando além da literatura e nos detendo à realidade brasileira e global, a seca é uma realidade cruel de muitos indivíduos.

No capítulo *Mudança*, Graciliano Ramos [4] retrata a esperança daqueles retirantes em busca de um lugar melhor para viver. A fome e a sede são evidentes em todo momento, mostrando-nos que a seca era o seu cemitério, como foi do pobre papagaio, que morrera nas areias do riacho.

Para Souza e Neves [5], “A seca pode ser vista, agora, como um problema eminentemente social, fruto de uma história de relações sociais baseadas no paternalismo e na manutenção da miséria dos sertanejos.”

Graciliano Ramos [4] em sua obra narra que a falta de água potável é um problema social que perpassa os aspectos sociais, políticos e econômicos de uma nação, mas que implicam também na educação, tendo em vista que de tão miseráveis que eram que os filhos não tinham nem sequer um nome, mas se chamavam de menino velho e menino novo.

O sociólogo Durkheim [6] chama a atenção de que um fato social é a maneira coletiva de pensar, logo, a crise hídrica e as suas consequências sociais são fruto de um pensamento coletivo sobre o uso da água em regiões mais abastadas com esse recurso em detrimento de outros.

Sendo assim, com base em dois trabalhos realizados na disciplina de Experimentação em Ensino de Ciências, um voltado aos processos de transferência de calor e outro sobre o fenômeno da osmose é que se pensou no componente de Projetos Interdisciplinares do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul em integrar as disciplinas de Física e Ciências Biológicas em um assunto (dessalinização da água do mar) para trabalhar com alunos do Ensino Médio, tendo em vista como dito anteriormente que o trabalho conjunto entre disciplinas promove uma maior aprendizagem aos discentes.

A partir disso, pensando na crise hídrica que assola o mundo e o impacto na educação, que por meio do trabalho integrado entre as disciplinas, que embasados nas IIR buscamos

responder à pergunta: A dessalinização da água do mar é um método para lutar contra a escassez da água?

Por meio de reflexões sobre a dessalinização da água do mar para ser uma estratégia para combater a escassez da água e o trabalho interdisciplinar é que temos como principal objetivo investigar e analisar a dessalinização da água do mar como método eficaz na mitigação da escassez hídrica, explorando os processos, tecnologias e impactos ambientais associados a essa prática, a fim de contribuir para o entendimento e promoção de soluções sustentáveis no enfrentamento dos desafios relacionados à disponibilidade de água potável.

Buscando nos repositórios e sítios de busca de trabalhos e produções acadêmicas, encontramos aproximadamente 310 resultados acerca das palavras-chave: *dessalinização da água do mar e interdisciplinaridade*. Destas, destacamos três produções que se aproximam do nosso trabalho, as quais são: O experienciar interdisciplinar na feira de iniciação científica: Vozes de professores da área da ciências da natureza (2022); Modelagem matemática de protótipo para dessalinização de água utilizando energia solar térmica com potencial de aplicação no Maciço de Baturité, Ceará, e regiões equivalentes de clima (2022); e O ensino de ciências nos níveis fundamental e médio da educação de jovens e adultos (EJA) a partir de temáticas de fronteiras: uma proposta interdisciplinar (2020).

Fundamentação teórica

A água é um dos recursos mais abundantes do planeta terra, contudo, cerca de 97% (a maior parte disponível) é água salgada, outros 3% correspondem a quantidade de água doce da terra, onde encontram-se distribuídos nos pólos (na forma de gelo), águas subterrâneas, rios e lagos. Quanto ao total dessa água doce, cerca de 70% estão congelados em geleiras, outros 30% estão em águas subterrâneas profundas de difícil acesso e apenas 0,25% se encontram em rios e lagos [7].

Com a escassez de água potável no mundo, surge a necessidade de pesquisar e desenvolver tecnologias para a obtenção de água potável, o processo de dessalinização de água salobra e salina é uma delas. A dessalinização é definida como um processo físico-químico onde ocorre a separação em grande parte dos sais minerais dissolvidos na água salobra contendo 95 a 98% dos sais minerais presentes, reduzindo o teor de sais e tornando-a potável, pronta para consumo [7].

Devido às necessidades e avanço tecnológico foram desenvolvidos procedimentos para a dessalinização de água. Os principais processos utilizados se classificam como térmicos e por membranas. As principais tecnologias de dessalinização com membranas são: osmose reversa (do inglês *reverse osmosis*) e eletrodialise. A nanofiltração é um método recente na dessalinização, mesmo que remova o sal da água (apenas para baixa concentração de salinidade) geralmente é usada para reduzir a carga de contaminantes no pré-tratamento.

As tecnologias utilizadas no grau de contaminação são a microfiltração e ultrafiltração, são técnicas utilizadas em centrais de dessalinização, no entanto nas fases de pré-tratamento como unidades de filtragem, como também a opção ao pré-tratamento tradicional. Estas tecnologias não removem o sal das águas, uma vez que, os poros das membranas são maiores do que o diâmetro do sal. [8].

Pensando nisso emerge o trabalho social no espaço escolar, no entanto, por ser um tema que apresenta diversos objetos do

conhecimento que uma estratégia a ser utilizada no ensino é a metodologia da IIR está ligada à promoção da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), objetivando o ensino de jovens autônomos, que desenvolvam seu senso crítico, além do diálogo entre o mundo teórico e a prática dessas habilidades em seu cotidiano.

Na visão de Fourez [9] a ciência foi criada fundamentada na realidade. Logo, por que então não somos capazes de refletir acerca dela sobre um dos recursos naturais mais importantes para a vida humana? E ligar as leis científicas às teorias educacionais? É pensando nessa conexão entre a realidade e o conhecimento que é preciso desenvolver projetos com ênfase na aplicabilidade do conteúdo no cotidiano do aluno e na sociedade, promovendo uma aprendizagem que além de interdisciplinar tenha enfoque na vida e fato social dos nossos discentes.

Com base nos ideais de Fourez a respeito da Alfabetização Científica e Tecnológica - (a autonomia, o domínio e a comunicação) -, apresentam-se os objetivos gerais da sua proposta (Figura 1). O termo usado é de “negociação”, caracterizando o comportamento onde o indivíduo ou um grupo de indivíduos encontra soluções para problemas, sendo que ele aceita perder ou ganhar com referência aos seus desejos iniciais [10].

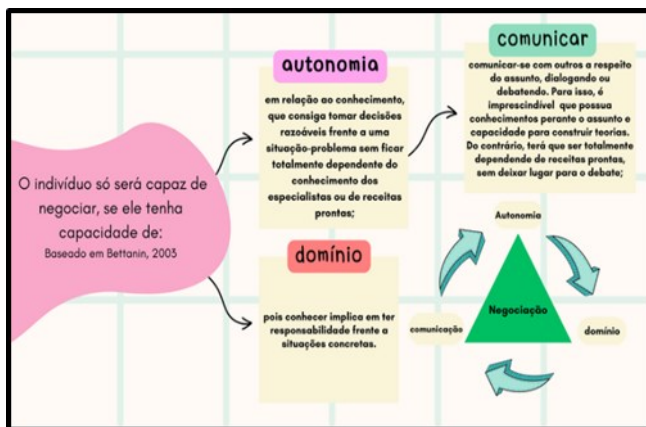


Figura 1. Esquema da ACT.

Para que o ato de ensinar vá ao encontro dos atributos da ACT, é necessário transformar o processo de aprendizagem. O aluno deve se tornar protagonista dessa ação e ser alfabetizado cientificamente e tecnologicamente, com capacidade de negociar situações problemas da atualidade de forma consciente e crítica.

A interdisciplinaridade deve ser entendida como conceito correlato ao de **autonomia** intelectual e moral. Nesse sentido a interdisciplinaridade serve-se mais do construtivismo do que serve a ele. O **construtivismo** é uma teoria da aprendizagem que entende o conhecimento como fruto da interação entre o sujeito e o meio. Nessa teoria o papel do sujeito é primordial na construção do conhecimento. Portanto, o construtivismo tem tudo a ver com a interdisciplinaridade. [11]

A idealização de um projeto desenvolvido de forma interdisciplinar requer uma situação problema que envolva a prática pedagógica de forma a estabelecer uma relação direta com o meio social e o cotidiano do aluno que está desenvolvendo

o referido projeto, porém da mesma forma, se dá a construção do modelo teórico, processo onde envolve conhecimentos científicos referentes a saberes dos diversos componentes curriculares.

É possível a desmistificação no ensino das ciências exata e da natureza, onde as matérias por muitas vezes são vistas como objetos de estudo de situações e problemas distintos da realidade do aluno e que se resumem a fórmula e conceitos sem uma aplicabilidade real. Com base nas teorias citadas anteriormente, visando uma interdisciplinaridade que alie a realidade do discente e seu contexto social, pode-se quebrar esse conceito e transformar essas conexões próximas ao aluno e suas vivências.

Por este motivo, os professores, ao veicular o saber científico devem considerar a multiplicidade dos mundos presentes em sala de aula, possibilitando diferentes métodos e estratégias pedagógicas e não se reduzindo a saberes disciplinares que, embora sejam necessários, precisam aparecer aos alunos dotados de significado, a importância intrínseca que eles possuem deve aflorar, e a diversidade do pensamento humano ao formalizar e encaminhar a solução destes problemas deve ficar explícita.

Transcender a fragmentação e os formalismos herméticos, ligados a abordagens mecanicistas e lineares, demanda a desconstrução da disciplinaridade, muitas vezes limitadora na produção de conhecimento e prática educacional. É fundamental reconhecer, no entanto, as limitações dessa abordagem em sua contribuição para a interpretação da complexidade do mundo real.

Metodologia

A Ilha Interdisciplinar foi a estratégia escolhida para investigar e analisar a dessalinização da água do mar como método eficaz na mitigação da escassez hídrica, explorando os processos, tecnologias e impactos ambientais associados a essa prática, a fim de contribuir para o entendimento e promoção de soluções sustentáveis no enfrentamento dos desafios relacionados à disponibilidade de água potável.

A Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR) trata da “representação operacional da prática interdisciplinar” [9]. Desse modo a Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR), se constitui em um modelo de procedimento para um trabalho interdisciplinar, que se organiza por meio de uma situação problematizadora, apresentando-se como suporte metodológico na aplicabilidade de uma sequência didática.

Os estudantes do segundo ano do Ensino Médio, nas disciplinas de Ciências da Natureza, Linguagens, Ciências Humanas e Sociedade contextualizaram a seguinte questão investigadora: A dessalinização da água do mar é um método viável para lutar contra a escassez da água?

Desenvolvimento da proposta interdisciplinar

Pensando na abordagem da IIR sobre a questão investigativa, apresentamos no Quadro 1 os encontros previstos para a proposta de ação interdisciplinar escolar.

A sequência didática, apresentada no Quadro 1, visa propiciar o desenvolvimento da habilidade prevista na Base Nacional Comum Curricular - BNCC [12]: Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmi-

cos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo.

Para tanto, a ação interdisciplinar está prevista ter uma duração de 10 horas/ aula, conforme a síntese apresentada no Quadro 1.

Quadro 1. Síntese dos encontros e das atividades de cada etapa da Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR).

Encontro	Duração (min)	Etapa	Atividade
1	50	Clichê	Hipóteses (brainstorming)
2	50	Panorama espontâneo	Seminário Elaboração das
3	50	Consulta aos especialistas	Visita à SAMAE
4	100	Ir à prática	Experimento sobre osmose
5	100	Aprofundamento nas disciplinas	Abertura das garrafas pretas
6	50	Síntese dos assuntos abordados	Produção de mapa mental
7	50	Abertura das demais garrafas	Observações de vídeos, reportagens
8	100	Produto Final	Produção de folders para mídias sociais.

A seguir, apresenta-se uma descrição detalhada de cada etapa prevista na Ilha Interdisciplinar de Racionalidade.

Na etapa 1 – Ocorre a elaboração de um Clichê da situação estudada: O clichê é um conjunto de questionamentos de um grupo, que exprimem suas concepções e dúvidas acerca de um contexto. Representa o ponto de partida da atividade. Os estudantes receberão filipetas para registrar suas hipóteses sobre a questão investigativa. O professor fixará as filipetas no quadro, realizando a leitura e contextualizando com o assunto abordado.

Etapa 2: Elaboração de um Panorama Espontâneo: Nesta etapa é ampliado o contexto do clichê, ainda assim dentro de uma situação espontânea por não se articular com especialistas e especialidades no assunto. Os estudantes escrevem em papéis como poderiam responder à pergunta investigadora de acordo com a área de conhecimento estabelecida pelo professor. Após colocam os papéis dentro de garrafas de cor preta, simbolizando algo secreto.

Na etapa 3: Inicia-se a consulta aos especialistas e às especialidades, realizando a visita a SAMAE (Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Caxias do Sul). Neste ambiente os estudantes observam o tratamento da água e recebem informações dos engenheiros presentes no local, sobre aspectos atitudinais como sustentabilidade, equidade e consumo consciente.

Etapa 4: – Ir à Prática: É a fase mais aproximada do cotidiano, este é o momento em que se passa do abstrato e trabalha-se com o concreto. No laboratório de Biologia os estudantes recebem um roteiro de experimentação. Em grupos, de

pose dos materiais organizados pelo professor (ovo, vinagre, açúcar, água, vasilhames, papel alumínio), os estudantes realizam os procedimentos descritos no roteiro observando o transporte entre as membranas entre os solutos e os solventes utilizados. No experimento é possível observar a osmose utilizando a membrana do ovo de galinha (localizada logo abaixo da casca) como exemplo de membrana semipermeável. Após a remoção da casca, os ovos são submetidos a duas situações diferentes: um ovo é mergulhado em uma solução hipotônica (água pura) e o outro ovo é mergulhado em uma solução hipertônica (água com açúcar). Os alunos produzem um relatório, escrevendo a conclusão do grupo sobre o experimento e relacionando o fenômeno ocorrido com o processo de dessalinização.

Na Etapa 5: Nesta etapa os estudantes, na forma de investigação mais fundamental, aprofundam os conteúdos conceituais de cada disciplina. Para isso, eles abrem as garrafas pretas de acordo com a abordagem em cada disciplina: Ciências Humanas aborda sobre os Aspectos Sociais (acesso universal e qualidade da água, aceitação nas comunidades, gestão ambiental e marcos regulatórios), ciências naturais e sociais tratam sobre questões ambientais (energias renováveis, impactos ambientais do processo de dessalinização) e também a tecnologia (métodos de dessalinização, osmose reversa, destilação, nanofiltração, técnicas de purificação, modelagem matemática e econômica) e as Linguagens abordam questões atitudinais e vivências diárias. Os professores abordam os aspectos acima realizando a exposição dos assuntos através de apresentações de slides e ferramentas digitais.

Na Etapa 6: Os estudantes, em grupos esquematizando a situação pensada, produzem um mapa mental utilizando a ferramenta do Canva (https://www.canva.com/pt_br/). Nesta síntese deve constar o que foi estudado a partir da Ilha Interdisciplinar de Racionalidade. Após os estudantes apresentam ao grande grupo, seus mapas mentais.

Etapa 7: Abrir algumas garrafas pretas sem a ajuda de um especialista: Nesta fase os estudantes, em grupos recebem as demais garrafas e buscam aprofundar o assunto, sem ajuda de um especialista, em reportagens, vídeos, revistas, livros etc.

Finalizando com a Etapa 8: esta etapa consiste na elaboração de um folder. De forma individual cada estudante produz este material realizando a conclusão sintetizada de todo o conhecimento construído durante o processo, tomando o cuidado de não abranger somente uma disciplina. Após, os estudantes criam templates para as mídias digitais como Tiktok e Instagram com o objetivo de mobilizar a população sobre a escassez da água e os impactos das nossas atitudes neste aspecto.

A **avaliação** ocorre de forma processual ao longo da participação das aulas e também é realizada a análise e interpretação de dados dos discentes a fim de proporcionar uma atuação mais abrangente, profunda e especializada nos seguintes instrumentos avaliativos: relatório do experimento, produção do mapa mental, folder, template para as mídias digitais.

Considerações finais

Uma proposta pedagógica baseada nas IIR, possibilita aos estudantes realizarem a investigação sobre os principais métodos de dessalinização da água do mar, destacando suas caracte-

terísticas, eficiência e custos associados, podendo interagir com especialistas e realizando questionamentos.

Com o produto final na forma de um folder, os estudantes sistematizam e sintetizam uma compreensão aprofundada sobre as perspectivas futuras da dessalinização como estratégia para a gestão sustentável dos recursos hídricos, explorando possíveis inovações tecnológicas e considerando as implicações em termos de segurança hídrica global.

Ao abordar o tema “Dessalinização da água do mar: um caminho interdisciplinar para suprir a escassez da água, através das Ilhas Interdisciplinares” possibilita promover a liberdade de escolher sobre os aspectos a serem desenvolvidos de acordo com os assuntos conceituais de cada disciplina. Nesta abordagem, os alunos são protagonistas dos saberes, adotando uma postura investigadora e crítica sobre um tema de relevância para a sociedade.

Deve-se mencionar que o trabalho com este tema proporciona o desenvolvimento pleno das habilidades previstas pela Alfabetização Científica e Tecnológica, tendo em vista que por meio da “negociação” os indivíduos são capazes de ter domínio, autonomia e comunicação, já que são propostos momentos de escolha, fala e escuta.

Assim, pode-se concluir que a interdisciplinaridade possibilita aos professores e estudantes alinhar pensamentos em uma verdadeira teia de sinapses, formulando hipóteses, investigando e buscando soluções e assim gerando conhecimento, o que torna a escola não só um lugar de repassar conteúdo, mas de construir sua própria aprendizagem dos objetos do conhecimento e de questões que impactam na sociedade.

Agradecimentos

Os autores agradecem os organizadores do XII SECIMSEG pelo espaço de discussão e reflexão voltados ao Ensino e à Educação e aos revisores pelas sugestões e recomendações para o aprimoramento na redação do artigo.

Referências

- [1] A. M. Gobbi. Ilha interdisciplinar de racionalidade com o tema " Churrasco saudável": promovendo alfabetização científica e tecnológica no Ensino Fundamental II. 2020. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, RS, 2020.
- [2] H. Japiassu. A questão da interdisciplinaridade. Seminário internacional sobre reestruturação curricular. Secretaria Municipal de Educação, Porto Alegre, 1994.
- [3] É. Durkheim. Educação e Sociologia. 4.ed. Petrópolis: Vozes, 2013.
- [4] G. Ramos. Vidas Secas. 41a. ed. São Paulo: Record, 1978.
- [5] S. d. Souza, F. d. C. Neves (org.). Fortaleza: história e cotidiano - Seca. Ed. Demócrito Rocha, 2015..
- [6] C. Costa. Sociologia: introdução à ciência da sociedade. 2.ed. São Paulo: Moderna, 1997.
- [7] R. F. A. Pena. Distribuição da água no mundo. Brasil Escola, [s. l.] 18 fev 2021. <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>.
- [8] C. Bittencourt. Tratamento de água e efluentes: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. São Paulo: Érica, 2014.
- [9] G. Fourez. A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências / Gérard Fourez; tradução de Luiz Paulo Rouanet. -São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.
- [10] E. Bettanin et al. As ilhas de racionalidade na promoção dos objetivos da alfabetização científica e técnica. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2003.
- [11] M. Gadotti. Interdisciplinaridade: atitude e método. São Paulo: Instituto Paulo Freire, 1999.
- [12] Brasil. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular. 2018.