

Kits Pedagógicos em 3D e estratégias didáticas para a Educação Ambiental no contexto CTS/CTSA

3D Pedagogical Kits and teaching strategies for Environmental Education in the CTS/CTSA context

Kits Pedagógicos 3D y estrategias didácticas para la Educación Ambiental en el contexto CTS/CTSA

Diego Suhet Moreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
diegosuhetm@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-7440-5481>

Manuella Villar Amado

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
manuellaamado@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2405-0320>

Júlia Alvarenga Vieira Correia

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
juliaavcorreia@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-5294-0766>

Flávio Parreiras Marques

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
flavio.parreiras@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-5242-9632>

Resumo

A Educação Ambiental nas escolas públicas, de uma forma geral, enfrenta inúmeros desafios, incluindo o engajamento das instituições de ensino, planejamento coletivo para reflexões críticas do processo, onde o envolvimento e comprometimento da gestão escolar influenciam diretamente na formação de educadores para atuarem como educadores ambientais. Foi almejando compreender e atuar no enfrentamento a alguns desses desafios que o Projeto Rio Doce Escolar tem buscado, entre outras ações, promover a alfabetização científica com enfoque em Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e a alfabetização digital de forma a democratizar o acesso ao conhecimento pertinente e potencializar a práxis da Educação Ambiental em todas as disciplinas. O presente trabalho trata-se da elaboração de uma série de materiais didáticos modelados e impressos por impressoras 3D para serem utilizados no ensino de ciências por professores de escolas públicas. Desenvolveu-se também um e-book de apoio intitulado "Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental", onde apresenta-se o processo

de produção das peças e a tecnologia utilizada, além de contextualizar cada um dos modelos com diversas das consequências ambientais e socioambientais geradas pelo rompimento da barragem do Rio Doce no ano de 2015, em Mariana – Minas Gerais. O material foi entregue para mais de 200 professores do Ensino Básico para serem utilizados em prática escolar. Os professores participantes fizeram parte da primeira oferta dos cursos de Aperfeiçoamento e Especialização em Educação Ambiental, ofertados pelo Projeto Rio Doce Escolar. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, teórico-empírica, descritiva e exploratória.

Palavras-chave: Educação CTS/CTSA; Impressão 3D; Ensino de Ciências; Educação Ambiental

Abstract

Environmental education in public schools generally faces numerous challenges, including the engagement of educational institutions, collective planning for critical reflection on the process, where the involvement and commitment of school management directly influences the training of educators to act as environmental educators. It was with the aim of understanding and acting to tackle some of these challenges that the Rio Doce School Project has sought, among other actions, to promote scientific literacy with a focus on Science, Technology, Society and the Environment (CTSA) and digital literacy in order to democratize access to relevant knowledge and enhance the praxis of Environmental Education in all subjects. This work involves the development of a series of teaching materials modeled and printed by 3D printers for use in science teaching by public school teachers. A support e-book entitled “3D Pedagogical Kit for Environmental Education” was also developed, presenting the production process of the pieces and the technology used, as well as contextualizing each of the models with several of the environmental and socio-environmental consequences generated by the collapse of the Rio Doce dam in 2015, in Mariana - Minas Gerais. The material was given to more than 200 elementary school teachers to be used in school practice. The participating teachers were part of the first intake of the Environmental Education Improvement and Specialization courses offered by the Rio Doce School Project. This is a qualitative, theoretical-empirical, descriptive and exploratory study.

Keywords: CTS/CTSA Education; 3D Print; Teaching of Science; Environmental Education.

Resumen

La Educación Ambiental en las escuelas públicas enfrenta numerosos desafíos, entre ellos el compromiso de las instituciones, la planificación colectiva para reflexiones críticas sobre el proceso, donde la participación y el compromiso de la dirección escolar influyen directamente en la formación de los educadores para actuar como educadores ambientales. Con el objetivo de comprender y afrontar algunos de estos desafíos, el Proyecto Río Doce Escolar ha buscado promover la alfabetización científica con enfoque en Ciencias, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA) y la alfabetización digital con el fin de democratizar el acceso al conocimiento relevante y mejorar la praxis de Educación Ambiental en todas las materias. Este trabajo consiste en la creación de una serie de materiales didácticos modelados e impresos mediante impresoras 3D para ser utilizados en la enseñanza de ciencias por parte del profesorado de escuelas públicas. También se desarrolló un libro electrónico de apoyo titulado “Kit Pedagógico 3D para la Educación Ambiental”, presentando el proceso de producción de las piezas y la

tecnología utilizada, además de contextualizar los modelos con varias de las consecuencias ambientales y socioambientales generadas por el colapso de la presa Río Doce en 2015, en Mariana – Minas Gerais. El material fue entregado a más de 200 docentes de Educación Básica para ser utilizado en la práctica escolar. Los docentes participantes formaron parte de la primera oferta de cursos de Perfeccionamiento y Especialización en Educación Ambiental, que ofrece el Proyecto Río Doce Escolar. Se trata de una investigación cualitativa, teórico-empírica, descriptiva y exploratoria.

Palabras clave: Educación CTS/CTSA; Impresión 3D; Enseñanza de las Ciencias; Educación Ambiental.

Introdução

A união entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) tem sido reconhecida como uma abordagem pedagógica favorável para aprimorar a compreensão dos alunos sobre questões ambientais complexas e urgentes. Santos e Auler (2011) afirma que o movimento CTS/CTSA teve seu início em decorrência de problemas ambientais gerados no cenário socioeconômico da ciência e tecnologia como em função de uma mudança de visão sobre a natureza da ciência e do seu papel na sociedade. Para o autor, os movimentos tiveram grande contribuição para o Ensino de Ciências na perspectiva da formação para a cidadania. Dentro desse contexto, a utilização de tecnologias inovadoras, como a impressão 3D, emerge como uma ferramenta para a criação de recursos educacionais reflexivos com as questões socioambientais.

A impressão 3D é uma tecnologia que surgiu há mais de duas décadas, e principalmente nos últimos anos se popularizou fortemente, ganhando destaque no cenário da educação. Basniak e Liziero (2017) afirma que a tecnologia da impressão 3D pode ser muito útil na impressão de materiais pedagógicos que auxiliem o ensino de diferentes áreas, além da construção de peças concretas que antes só eram vistas virtualmente, possibilitando a compreensão dos conteúdos trabalhados a por meio do manuseio e exploração desses materiais.

A impressora 3D FDM (*Fused Deposition Modeling*, ou Modelagem por Fusão e Deposição) funciona com a fusão de um filamento sólido em uma mesa de impressão, camada após camada. Essa técnica permite a produção de peças resistentes, duráveis e dimensionalmente estáveis com uma boa precisão. Com este recurso, os professores podem produzir seus próprios materiais didáticos para auxiliar na aprendizagem dos alunos, além de criar soluções que promovam assistência a necessidades especiais.

Surgindo como uma resistência ao domínio corporativo teve início o movimento “faça você mesmo” (DIY - do it yourself), na primeira metade do século XX, promovendo a autonomia na resolução de pequenos problemas domésticos. Popularizado a partir da década de 1950 e associado à contracultura dos anos 1970, esse movimento ganhou impulso com o avanço das tecnologias digitais a partir dos anos 2000 (CARVALHO e BLEY, 2018). Segundo Cabeza e Moura (2014),

O DIY implica em um retorno ao mundo do compartilhamento sobrepondo-se ao individualismo, dos bens comuns sobrepondo-se à propriedade privada, da distribuição sobrepondo-se à acumulação, da descentralização sobrepondo-se ao centralizado, da livre competência sobrepondo-se ao monopólio. O DIY implica a democratização da produção, uma luta contra a ditadura dos artefatos industriais, uma possibilidade dos humanos afirmarem-se e projetarem o mundo autonomamente (CABEZA e MOURA, p.1, 2014).

Esse movimento DIY foi o embrião do Movimento *Maker*, que emergiu em 2007 com a missão de integrar plenamente as tecnologias digitais à criação de projetos, sejam eles pessoais ou comerciais. O Movimento *Maker*, se destacou com o lançamento da revista *Make Magazine* e a realização do evento *Maker Faire* (Anderson, 2012). Os *makers* compartilham o uso de ferramentas digitais na produção de produtos e colaboram em comunidades online.

Neste artigo, examinaremos o potencial dos modelos impressos em 3D para o ensino de ciências como uma ferramenta eficaz para aprimorar o ensino de Educação Ambiental no contexto CTS/CTSA a partir de temáticas que envolvem a bacia do Rio Doce, destacando suas aplicações práticas e os benefícios percebidos para o desenvolvimento de competências científicas, tecnológicas, sociais e ambientais dos alunos e as potencialidades para uma alfabetização científica.

Trata-se de uma investigação no âmbito do Projeto Rio Doce Escolar, um projeto que visa promover formação ao nível de pósgraduação de educadores (professores, gestores e representantes comunitários) atuantes nas escolas públicas da educação básica nos municípios de Baixo Guandu, Colatina, Marilândia e Linhares, localizados na região da bacia do Rio Doce, no Estado do Espírito Santo, integrando atividades de ensino, pesquisa e extensão. O projeto consiste em uma ação em rede entre o Ifes, Fundação Renova, a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (Facto), o Governo do Estado do Espírito Santo, a Secretaria de Estado da Educação (Sedu), e secretarias Municipais de Educação, tendo como órgão executor o Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Educação em Ciências e Matemática (Educimat) com sede no Ifes — Campus Vila Velha.

O projeto faz parte das ações de reparação, firmados por termos judiciais de ajuste de conduta em resposta ao maior crime ambiental envolvendo mineração, que ocorreu no Brasil em 05 de novembro de 2015, onde ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, em Mariana - Minas Gerais. Os poluentes ultrapassaram a barragem de Santarém, percorrendo 55 km no rio Gualaxo do Norte até o rio do Carmo, e outros 22 km até o rio Doce. A onda de rejeitos, composta principalmente por óxido de ferro e sílica, soterrou o subdistrito de Bento Rodrigues e deixou um rastro de destruição até o litoral do Espírito Santo, percorrendo 663,2 km de cursos d'água (IBAMA, 2016).

Educação Ambiental, Alfabetização Científica e a Perspectiva CTS/CTSA

A Educação Ambiental nas escolas públicas, de uma forma geral, enfrenta inúmeros desafios, incluindo o engajamento das instituições de ensino, planejamento coletivo para reflexões críticas do processo, onde o envolvimento e comprometimento da gestão escolar influenciam diretamente na formação de educadores para atuarem como educadores ambientais. Foi almejando compreender e atuar no enfrentamento a alguns desses desafios que o Projeto Rio Doce Escolar tem buscado, entre outras ações, promover de forma constante a alfabetização científica com enfoque em Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e a alfabetização digital de forma a democratizar o acesso ao conhecimento pertinente e potencializar a práxis da Educação Ambiental em todas as disciplinas (Amado et al., 2023).

Para Freire (1989), a alfabetização deve ser um processo que permita o estabelecimento de conexões entre o mundo em que a pessoa vive e a palavra escrita, com isso, a partir de tais conexões, nascem significados e a construção dos saberes. O ser alfabetizado cientificamente possui capacidade de organizar suas ideias de modo coerente, conseguindo desenvolver a capacidade cognitiva e o pensamento mais crítico a respeito do mundo que o cerca (SASSERON e CARVALHO, 2008).

Chassot (2003), afirma que a ciência ainda deve ser considerada como uma linguagem para facilitar a nossa leitura do mundo natural. Descrever a natureza numa linguagem científica é proporcionar o conhecimento ou a leitura dessa linguagem científica, corresponde a fazer alfabetização científica. Para além disso, o que deve ser analisado é a possibilidade de propiciar aos homens e as mulheres uma alfabetização científica no âmbito da inclusão social.

A Lei Nº 9.795 (BRASIL, 1999), que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, ressalta como um dos seus princípios básicos, às instituições educativas, promover a Educação Ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem, além da vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais e a garantia de continuidade e permanência do processo educativo. Essa visão requer um domínio amplo a ser desenvolvido pelo aluno, no qual possa mesclar seu conhecimento popular ao de nível científico. Logo, o enfoque CTSA ganha relevância no âmbito educacional, dado seu caráter interdisciplinar, crítico e participativo.

Rodrigues e Leite (2019), ao citar CTSA em suas produções científicas, refere-se ao início do movimento à partir das percepções dos impactos da ciência e tecnologia (C&T), no início dos anos 1960, onde consubstanciou dois movimentos importantes: a Educação Ambiental (EA) e o movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS), atualmente também chamado de educação, relações ou enfoque CTSA, com o acréscimo da letra A para representar o Ambiente.

Auler e Delizoicov (2006) citam a repercussão do movimento CTS em contextos em que as condições materiais da população estavam razoavelmente satisfeitas. Contrariamente, na quase totalidade dos países da América Latina, conjunto significativo da população é afetada por carência material. Os autores também afirmam que, além disto, ou melhor, vinculado a isto, a maioria destes países têm um histórico de passado colonial, cujas marcas se manifestam, por exemplo,

naquilo que Paulo Freire (1987) denominou de “cultura do silêncio”, caracterizada pela ausência de participação do conjunto da sociedade em processos decisórios.

Auler (2007) defende no cenário educacional brasileiro o diálogo e aproximação entre a abordagem CTS/CTSA e a perspectiva Freiriana, e aponta três dimensões para a referida aproximação no campo educacional: currículo estruturado em torno de temas/problemas reais; dimensão interdisciplinar no enfrentamento desses temas/problemas; busca da democratização de processos decisórios. Foi dentro dessas três dimensões que pensamos o potencial dos modelos impressos em 3D como ferramenta para a Educação Ambiental. Assim, o Kit pedagógico 3D foi pensado para atender de forma interdisciplinar a abordagem da temática do rompimento da barragem de Fundão e seus impactos socioambientais na Bacia do Rio Doce, a partir de um cardápio de modelos em 3D, provocando o protagonismo dos professores ao pensarem e escolherem ferramentas e conteúdos que atendessem uma abordagem temática socioambiental maior no contexto da Bacia do Rio Doce

Metodologia

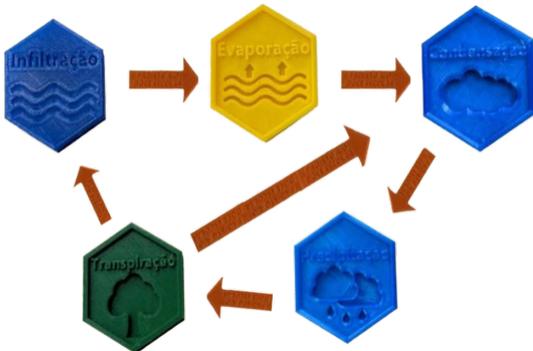
Definição contextual e produção dos modelos didáticos em 3D

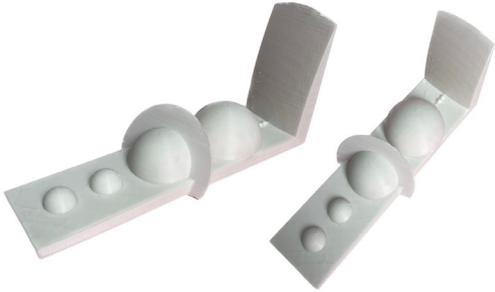
A seleção das peças que iriam compor o Kit Pedagógico 3D foi discutida e realizada por membros da equipe do Projeto Rio Doce Escolar que estavam envolvidos nesta ação, portanto, nos reunimos e selecionamos 15 modelos que serviriam para os professores cursistas dos cursos de Aperfeiçoamento e Especialização em Educação Ambiental ofertados pelo Projeto Rio Doce Escolar em suas práticas do Ensino de Ciências, com foco na Educação Ambiental. As peças foram escolhidas à partir dos conteúdos abordados nas disciplinas dos cursos, mas também de forma com que pudessem ser utilizadas em outras aplicações. Em sua maioria, os materiais foram produzidos utilizando o *software* de modelagem *Tinkercad*, disponibilizado gratuitamente de forma *on-line* pela fabricante *Autodesk*. Apesar de sua interface lúdica e atrativa, com recursos intuitivos e de fácil manejo, a plataforma não deixa a desejar, ela possui diversas ferramentas para a construção de uma infinidade de protótipos, principalmente utilizando as linhas retas e sólidos geométricos. Alguns modelos mais complexos foram extraídos do *Thingiverse*, um site disponibilizado pela fabricante de impressoras 3D, *Ultimaker*, que funciona como uma biblioteca de modelos onde milhões de criadores disponibilizam seus projetos para serem utilizados gratuitamente.

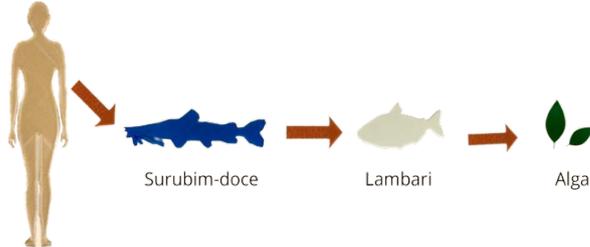
Dentre as peças ofertadas, permeiam as mais diversas disciplinas como, Ciências, Biologia, Química, Matemática, Geografia, entre outras, todas com foco na EA. Foram disponibilizados modelos de células animais e vegetais, animais aquáticos em geral, descrição de elementos da tabela periódica, molécula da água, sistema solar e camadas do planeta terra, lixeiras de coleta seletiva, além ciclos químicos e biológicos, como cadeia alimentar e o ciclo hidrológico. O material utilizado na produção foi o filamento composto de PLA, um termoplástico biodegra-

dável e reciclável obtido a partir do amido de diversos vegetais, como o milho por exemplo. Na Tabela 1 é possível toda a coletânea de modelos que foram disponibilizados e suas descrições.

Tabela 1. Peças em 3D disponibilizadas e suas respectivas descrições.

MODELO IMPRESSO EM 3D	DESCRIÇÃO
	<p>Modelo representativo da estrutura molecular da água em 3D, com indicação dos elementos que a compõem (H e O).</p>
	<p>Representações da tabela periódica, dos elementos hidrogênio (H) e oxigênio (O) especificamente, fazendo referência a molécula da água (H₂O) em 3D.</p>
	<p>Ciclo da água em 3D para ser organizado, contendo peças representando as seguintes etapas: infiltração, evaporação, condensação, transpiração e precipitação. Também acompanha setas para organização em sequência.</p>

	<p>Sistema solar em 3D, representado de forma linear, indicando todos planetas presentes e o sol ao final.</p>
	<p>Planeta terra em camadas interativo impresso em 3D. A peça possui indicação das camadas: crosta terrestre, manto terrestre, núcleo externo e núcleo interno.</p>
	<p><i>Relógio interativo impresso em 3D. A peça contém os ponteiros indicando horas, minutos e segundos móveis.</i></p>

	<p>Conjunto de lixeiras de coleta seletiva impressas em 3D. O conjunto foi impresso nas cores oficiais de suas representações, contendo as lixeiras que indicam o descarte de material plástico, metal, vidro e papel.</p>
	<p>Elementos da cadeia alimentar impressos em 3D. Contém o ser humano, peixes endêmicos da região do Rio Doce e a alga. O conjunto conta com setas para indicação da ordem.</p>
	<p>Célula animal representativa impressa em 3D. O modelo contém suas organelas principais, com cores diferentes para indicação de cada uma delas durante a utilização da peça.</p>



Célula vegetal representativa impressa em 3D. O modelo contém suas organelas principais, com cores diferentes para indicação de cada uma delas durante a utilização da peça.



Cloroplasto (organela presente na célula vegetal) impresso em 3D.



Polvo lúdico articulado impresso em 3D. O modelo faz parte da seleção dos animais aquáticos e foi pensado para o público de professores que atuavam com a educação infantil.



Caranguejo lúdico articulado impresso em 3D. O modelo faz parte da seleção dos animais aquáticos e foi pensado principalmente para o público de professores que atuavam com a Educação Infantil.

	<p>Peixe articulado impresso em 3D. O modelo faz parte da seleção dos animais aquáticos e foi pensado principalmente para o público de professores que atuavam com a Educação Infantil. Ele representa uma espécie chamada surubim-doce, que encontrava-se em toda a região do Rio Doce.</p>
	<p>Tartaruga lúdica articulada impressa em 3D. O modelo faz parte da seleção dos animais aquáticos e foi pensado principalmente para o público de professores que atuavam com a Educação Infantil.</p>

Após a impressão de protótipos que serviriam como vitrine para a escolha, foi desenvolvido “cardápio” das peças e disponibilizado em formato de formulário para os alunos dos cursos de Aperfeiçoamento em Metodologias de Educação Ambiental e Especialização em Educação Ambiental Escolar. Cada GT (Grupo de Trabalho) que possuía um coordenador se organizou e escolheu 5 itens dos que foram disponibilizados. A partir das respostas, compilou-se em uma planilha e deu-se início a impressão do material utilizando as impressoras 3D do *Labmaker*.

Localizado no prédio de Extensão Tecnológica do Ifes - Campus Vila Velha, o *LabMaker* é um laboratório de prototipagem e impressão 3D, focado em unir ensino, pesquisa e extensão. O espaço deu início às suas atividades no primeiro semestre de 2022, sendo totalmente subsidiado e administrado pelo Projeto Rio Doce Escolar. Atualmente, o laboratório possui 4 impressoras 3D, especialmente no modelo FDM, e 40 canetas 3D para a realização de atividades de extensão voltadas à prática de Educação Ambiental. As atividades possuem como público alvo alunos e professores de escolas públicas, e trabalham-se temas relacionados à água, por exemplo. Apenas

no segundo semestre de 2023, aproximadamente 650 alunos e professores de escolas públicas de todo o Estado do Espírito Santo passaram pelo espaço durante as ações organizadas. Afim de corroborar com a questão ambiental e evitar a produção e consumo de plástico derivado de petróleo, para a produção de todas as peças entregues no Kit Pedagógico 3D, utilizou-se filamento do tipo PLA (Ácido Polilático), um termoplástico rígido e disponível em diversas cores e acabamentos. Este insumo é produzido a partir de fontes renováveis, como o amido presente em diversos vegetais e cana-de-açúcar.

Na Figura 1 é possível ver o espaço em questão, algumas das impressoras 3D e um exemplo de oficina, que acontece semanalmente voltada a temática da água, utilizando canetas 3D e contextualizadas com temática da bacia do Rio Doce.

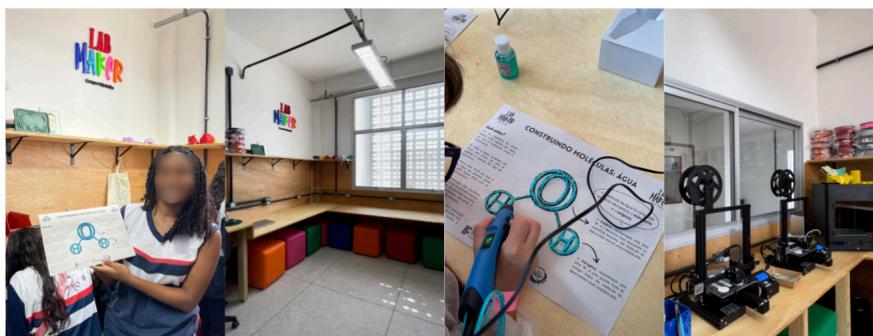


Figura 1. Espaço do *LabMaker* - Ifes Campus Vila Velha e oficina com a temática água com canetas 3D.

Após coletadas as respostas, foi dado início a impressão de todo o material em 3D, que durou aproximadamente 45 dias, entre os meses de abril a maio de 2023. Para a impressão das peças, utilizamos duas impressoras 3D da marca *Creality*, modelo *Ender 3 Pro* e outras duas impressoras 3D da marca *GTRMax 3D*, modelo *A1V2*. Ao analisar as respostas, observamos maior interesse nas lixeiras de coleta seletiva, escolhida por 48 grupos; Ciclo da água, escolhido por 44 grupos; Planeta Terra em camadas, escolhido por 40 grupos; Cadeia alimentar, escolhida por 26 grupos; Célula Vegetal, escolhida por 23 grupos. Nota-se que são materiais presentes em conteúdos trabalhados em todas as modalidades de ensino.

Desenvolvimento do guia “Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental”

Para potencializar uma utilização pedagógica mais crítica do Kit 3D pelos professores, foi desenvolvido um guia complementar, trazendo informações pertinentes para a aplicação de cada uma das peças, a partir de uma contextualização didático-pedagógica inicial, sugestão de utilização em diferentes níveis de ensino e uma provocação controversa na perspectiva CTSA no contexto do Rio Doce. Este guia surge em formato de e-book, intitulado “Kit Pedagógico 3D”

para Educação Ambiental”, disponível de forma gratuita no EduCapes (<https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/731326>).

O livro desenvolvido para acompanhar as peças traz sessões estruturadas dentro da organização destinadas para cada uma das peças idealizadas. É possível encontrar nele a descrição mais detalhada de cada uma, indicação do material utilizado para a produção e uma breve descrição dos conteúdos conceituais possíveis de serem trabalhados em contexto didático-pedagógico. Além disso, sugestões de atividades adaptada para todos os níveis de ensino da Educação Básica, ou seja, educação infantil, ensino fundamental e ensino médio para as quais foram disponibilizadas com as habilidades e competências estabelecidas pela BNCC (Base Nacional Curricular Comum).

Na organização de todo o guia, trouxemos a abordagem CTS/CTSA onde pudéssemos provocar diálogos com os conteúdos curriculares e a utilização dos modelos que compunham o Kit Pedagógico 3D. A disposição destes conteúdos ficou por conta de sessões, onde utilizou-se notícias e sites encontrados em diversos veículos das mídias digitais, apresentando aspectos da Bacia do Rio Doce. Para exemplificar, no modelo 3D da molécula da água (H₂O), com conteúdos conceituais de ciências foi utilizada na sessão “Abordagem CTSA no contexto do Rio Doce” o site que disponibiliza o Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimento (PMQQS) à população, cujos dados tem sido muitas vezes questionados pela sociedade, trazendo como questões controversas a qualidade da água e seu monitoramento realizado na bacia do Rio Doce (Amado et al., 2023, p. 27). Outro exemplo, foi o modelo 3D da estrutura atômica da tabela periódica, que possibilita abordar sobre os metais pesados presentes na tabela periódica e na sessão “Abordagem CTSA no contexto do Rio Doce” provoca discussões sobre Notícias veiculadas pela imprensa sobre peixes pescados na Foz do Rio Doce com deformidades genéticas trazendo reflexões da causa ser devido agentes mutagênicos presentes na água após o rompimento da barragem de Fundão.



Figura 2. Dois exemplos de “Abordagem CTSA no contexto do Rio Doce” presentes no e-book “Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental”.

Neste âmbito, a EA aparece como um agente fortalecedor das comunidades escolares presentes nos municípios afetados pelo rompimento da barragem do Rio Doce no ano de 2015, sendo elas impactadas até o presente momento pelo crime ocorrido. Além disso, o material traz outras sessões que falam sobre a impressão 3D propriamente e seus aspectos, como o processo de modelagem e fatiamento. Outro assunto destacado é a Cultura Maker, vindo como potencializador da discussão e utilização de tecnologia na Educação Ambiental. Ao final da obra, também é possível encontrar um QR-code que acessa todos os arquivos dos protótipos disponíveis para a impressão de forma gratuita.



Figura 3. Capa do livro “Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental e QR Code de acesso aos materiais para impressão.

A organização deste guia tem como principal propósito favorecer uma educação que visa contrapor à fragmentação dos conteúdos, onde na maior parte das vezes são tratados de maneira distante dos alunos. É possível promover através da tecnologia apresentada, uma alfabetização científica democrática e significativa, levando novas possibilidades para professores e alunos.

Resultados e sua discussão

Em números de produção, pode-se afirmar que foram entregues aos professores da Educação Básica, sendo estes profissionais, alunos dos cursos de Aperfeiçoamento em Metodologias de Educação Ambiental e Especialização em Educação Ambiental Escolar, ofertados pelo Projeto Rio Doce Escolar, aproximadamente 270 modelos didáticos que atenderam aos 54 GTs (grupos de trabalho) que faziam parte da oferta no momento. As peças eram compostas por mais de um elemento em sua maioria, aproximando-se ao número total de quase 2000 itens impressos. Analisando de maneira profundamente o impacto, o Projeto Rio Doce Escolar alcançou em sua primeira oferta no ano de 2023, a partir dos professores cursistas participantes, uma média de 10.150 alunos de todos os níveis de ensino pertencentes a Educação Básica, visto que os cursos ofertados tinham como público alvo exclusivamente seus professores regentes. O número de alcance foi contabilizado a partir dos relatórios dos professores cursistas referentes aos seus

respectivos alunos que fizeram parte da aplicação de seus projetos de extensão ligados ao Projeto Rio Doce Escolar dentro das escolas. Em ambas as modalidades dos cursos (Aperfeiçoamento e Especialização), foi preciso desenvolver um projeto de extensão voltado a Educação Ambiental com seus alunos. Portanto, é possível afirmar que foi uma ação de longo alcance, uma reação em cadeia, onde milhares de pessoas puderam ter acesso ao material fornecido.

Durante o mês de janeiro de 2024 foi disponibilizado um questionário com diversas perguntas referentes a avaliação dos cursos de Aperfeiçoamento e Especialização aos cursistas, onde uma delas, era sobre o Kit didático 3D que foi recebido por cada GT. Responderam a esta pergunta um total de 72 cursistas do Aperfeiçoamento e 41 cursistas da Especialização. O resultado (Figura 4) demonstra que os cursistas tiveram uma excelente aceitação do material produzido.

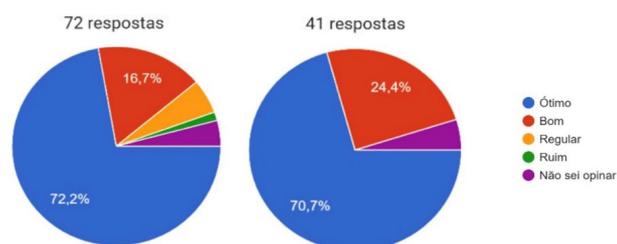


Figura 4. Gráfico com as respostas dos cursistas do Aperfeiçoamento (72 respondentes) e dos cursistas da Especialização (41 respondentes) referente a pergunta “Cada GT recebeu um kit didático 3D produzido pelo *LabMaker* do Ifes Campus Vila Velha. Como você vê essa iniciativa:”.

Comentários espontâneos como “Excelente iniciativa. A ação demonstrou a que é possível planejar conteúdos por meio de materiais produzidos numa perspectiva *Maker*, ambientalmente correta.”, “Os kits proporcionaram aulas mais dinâmicas e criativas.” “Amei” também evidenciam que a iniciativa foi bem recebida pelos GTs.

Durante o mês de março de 2024 foi disponibilizado um outro questionário para os professores que receberam o material, o mesmo apresentou cinco perguntas objetivas e duas dissertativas, todas com foco exclusivo no Kit 3D, tanto o material físico, quanto o e-book. O questionário foi produzido utilizando a Escala Likert a fim de coletar opiniões a respeito da utilização do material produzido e entregue aos mesmos. Segundo Bertram (2008) a Escala Likert é um instrumento psicométrico em que o respondente deve indicar sua concordância ou discordância sobre uma afirmação, item ou reagente, o que é feito por meio de uma escala ordenada e unidimensional para obtenção das respostas. Um total de 15 professores responderam o questionário.

Nas perguntas com respostas objetivas, tivemos 100% de resultado positivo a todos que responderam, portanto, selecionou-se as três perguntas mais técnicas para serem apresentadas a seguir. Em uma delas, os entrevistados foram perguntados a respeito do potencial durante sua

utilização dentro das salas de aula, considerando os conceitos teóricos que podem ser abordados junto ao material físico. Na Figura 5, temos as porcentagens das respostas em formato de gráfico, onde todas as respostas afirmaram ter muito potencial ou potencial.

Você acredita que as peças entregues possuem potencial durante sua utilização dentro das salas de aula? Considerando os conceitos teóricos que podem ser abordados junto ao material físico.
15 respostas

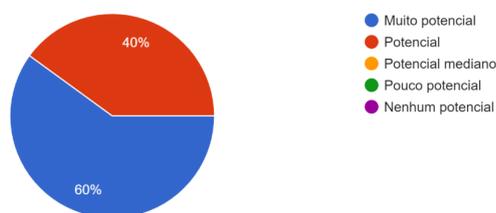


Figura 5. Gráfico com as respostas referente a pergunta “Você acredita que as peças entregues possuem potencial durante sua utilização dentro das salas de aula? Considerando os conceitos teóricos que podem ser abordados junto ao material físico”.

Na formação docente, é inquestionável o impacto quando se tem uma alfabetização científica e tecnológica robusta e de qualidade, seja ela continuada, ou não. Em âmbitos sociais, o desenvolvimento da tecnologia como um todo trouxe uma série de inovações, mas o que precisa ser questionado é até onde isso pode ser positivo. Uma consciência crítica e reflexiva a respeito desses temas precisa ser construída junto a formação, portanto a perspectiva CTS/CTSA vem como um agente para a reflexão a respeito destas transformações científicas, bem como os impactos no meio ambiente.

Com as experiências em práticas de extensão dentro do *LabMaker*, ouvimos diversos relatos de professores da Educação Básica em relação à falta de formação para utilizar tecnologias que por muitas vezes estão disponíveis nas escolas, mas não existe treinamento para tais. Pensando nisso e nos professores que receberam o material, foi perguntado se o e-book “Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental”, disponibilizado junto aos modelos, tem potencial para auxiliar professoras que ainda não tiveram contato com Educação Ambiental, Cultura *Maker* e Impressão 3D. Na figura 6 podemos observar as respostas, todas afirmando a potencialidade do material.

Sobre impressão 3D, você acredita que o livro "Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental" tem potencial para auxiliar professoras que ainda não tiveram contato com Educação Ambiental, Cultura Maker e Impressão 3D? É necessário que olhe antes de responder).
15 respostas

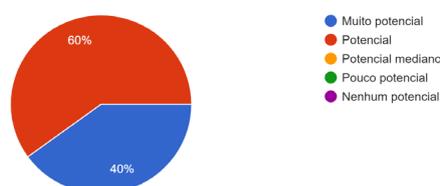


Figura 6. Gráfico com as respostas referente a pergunta “Sobre impressão 3D, você acredita que o livro “Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental” tem potencial para auxiliar professoras que ainda não tiveram contato com Educação Ambiental, Cultura Maker e Impressão 3D?”.

Além do conteúdo sobre a impressão 3D e Cultura *Maker*, o e-book também contextualiza o conteúdo da Educação Ambiental diretamente ao contexto da abordagem CTS/CTSA, de forma com que o viés seja apresentado a professores que ainda não tiveram contato com o segmento. Portanto, dentro do formulário, foi feita uma indagação, onde uma das perguntas foi a seguinte: “Sobre a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) - uma concepção pedagógica crítica, focada na denúncia e questionamento ético do desenvolvimento científico/tecnológico e seus impactos na sociedade e no ambiente - encontra-se presente no livro “Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental”, onde a mesma se insere para provocar o diálogo com os conteúdos curriculares e a utilização dos materiais, contextualizando com notícias referentes ao rompimento da barragem que ocorreu no ano de 2015. É possível afirmar que este tipo de abordagem favorece uma educação que contrapõe a fragmentação dos conteúdos, além da promoção do entendimento da ciência e dos avanços da tecnologia como atividades humanas que precisam ser compreendidas dentro de uma educação crítica?”. Na Figura 7, é possível analisar a partir dos resultados obtidos em relação ao entendimento dos professores participantes em relação à temática CTS/CTSA e ao pensamento crítico necessário para a construção de uma educação focada nas questões ambientais.

Sobre a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) - uma concepção pedagógica crítica, focada na denúncia e question...r compreendidas dentro de uma educação crítica?
15 respostas

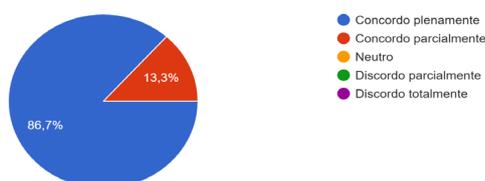


Figura 7. Gráfico com as respostas referente a pergunta “Sobre a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) - uma concepção pedagógica crítica, focada na denúncia e questionamento ético do desenvolvimento científico/tecnológico e seus impactos na sociedade e no ambiente - encontra-se presente no livro “Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental”, onde a mesma se insere para provocar o diálogo com os conteúdos curriculares e a utilização dos materiais, contextualizando com notícias referentes ao rompimento da barragem que ocorreu no ano de 2015. É possível afirmar que este tipo de abordagem favorece uma educação que contrapõe a fragmentação dos conteúdos, além da promoção do entendimento da ciência e dos avanços da tecnologia como atividades humanas que precisam ser compreendidas dentro de uma educação crítica?”.

Para além das respostas objetivas, pedimos para ouvir os professores, suas considerações sobre o material entregue e sua efetividade, e também pontos a serem melhorados. Algumas respostas foram selecionadas, como por exemplo: “A *qualidade das peças e diversidade de materiais proporcionou momentos de aprendizagem para estudantes de diferentes níveis e modalidades de ensino da educação básica. O livro contribuiu para auxiliar os professores no planejamento de atividades contextualizando os conteúdos a serem abordados*”. Dito isto, é possível afirmar que houve a utilização dos materiais em conjunto (modelos 3D e e-book).

Além desta, tivemos outras diversas respostas positivas, como: “*Os alunos acharam o material interessante e foi possível fazer uma abordagem diferente*”; “*A utilização do material para demonstrar para os alunos de forma física e poderem tocar e manusear as peças auxiliou em muito na fixação do conteúdo e conceitos*”; “*Material de fácil manuseio e de amplo interesse dos alunos*”; “*Como eu trabalho com educação infantil, as peças chamaram muito atenção das crianças, que exploraram bem, e também fiquei tranquila porque achei as peças bem seguras*”; “*Os materiais usados no planejamento e no desenvolvimento das atividades*”.

Alguns professores ainda não tiveram oportunidade de utilizar o material e outros fizeram algumas queixas. A principal reclamação que apareceu dentro das sugestões foi a necessidade de abranger mais peças para a Educação Infantil, visto que o público não se sentiu tão contemplado por alguns modelos. Um professor escreveu: “*Gostei muito do material e acredito que para o ensino fundamental foi um material de apoio riquíssimo, porém, para educação infantil, que é meu campo de trabalho, tinham poucas peças*”, em seguida, outro pontua: “*Materiais que atendam especificamente a educação infantil*”.

Conclusões

Acreditamos que a ação organizada pelo *LabMaker*, junto ao o Projeto Rio Doce Escolar, deu a oportunidade para mostrar a efetividade de tecnologias de baixo custo, considerando o possível alcance que obtivemos, para diversos professores da Educação Básica, que por inúmeros motivos não teriam contato com este tipo de tecnologia. É possível afirmar que a produção dos Kits Pedagógicos 3D foi um sucesso, visto que coloca em evidência dois desafios que a educação brasileira vem enfrentando, sendo eles, os avanços desenfreados da tecnologia e a maneira de trabalhar com a EA nas salas de aula.

A proposta da impressão 3D utilizada como ferramenta para Educação Ambiental a partir da abordagem CTSA teve uma boa aceitação, pois se mostrou uma tecnologia interessante para os professores de todas as áreas. De acordo com os relatos, o material físico tem grande valor, pois é possível demonstrar e manusear o que está sendo estudado em teoria, auxiliando na fixação dos conteúdos e tornando o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente. Vale salientar que o Projeto Rio Doce Escolar disponibiliza um recurso para que os alunos dos cursos de Aperfeiçoamento em Metodologias de Educação Ambiental e Especialização em Educação Ambiental Escolar utilizem durante a prática de desenvolvimento suas pesquisas, onde o propósito é adquirir materiais e construir espaços que fiquem permanentemente nas escolas em que trabalham. Após a entrega dos Kits Pedagógicos 3D e apresentação da tecnologia, alguns cursistas utilizaram esse recurso para a compra de equipamentos como impressoras 3D e canetas 3D, sustentando ainda mais o sucesso de um dos objetivos desempenhados, de levar o acesso a tecnologias e possibilidades a quem nunca havia tido contato antes.

Por fim, acreditamos que a disponibilização dos Kits Pedagógicos 3D como ferramenta para Educação Ambiental potencializou um processo de formação de professores mais críticos e com oportunidades formativas no âmbito das tecnologias educacionais.. No âmbito da Educação Ambiental, é urgente a mudança de postura perante as diversas crises que o Planeta Terra vem passando. É necessário que a ciência e a tecnologia trabalhem juntas com foco na resolução destes problemas, e não somente para o acúmulo de capital como vem acontecendo nas últimas décadas. Segundo Auler (2018) é preciso redefinir a função da escola, reinvenção que tem como essência romper com a separação entre concepção e execução, subvertendo a essência da lógica capitalista. Acreditamos que ao incentivar os professores a conceberem seus próprios materiais pedagógicos a partir de tecnologias autogestionadas, como a impressão 3D de modelos didáticos, provocando sua utilização a partir de temáticas CTSA estamos trabalhando na formação de cidadãos conscientes com o meio ambiente e preocupados com a resolução de questões socioambientais tão emergentes quanto aquelas que se apresentam a partir do crime ambiental que ocorreu com o rompimento da barragem de Fundão.

Contribuições dos autores

Conceptualização: Diego Suhet Moreira, Manuella Villar Amado, Júlia Alvarenga Vieira Correia, Flávio Parreiras Marques; Metodologia: Diego Suhet Moreira, Manuella Villar Amado, Júlia Alvarenga Vieira Correia, Flávio Parreiras Marques; Validação: Diego Suhet Moreira, Manuella Villar Amado, Júlia Alvarenga Vieira Correia, Flávio Parreiras Marques; Análise formal: Diego Suhet Moreira, Manuella Villar Amado, Júlia Alvarenga Vieira Correia, Flávio Parreiras Marques; Escrita - Esboço original: Diego Suhet Moreira, Manuella Villar Amado, Júlia Alvarenga Vieira Correia, Flávio Parreiras Marques; Escrita - Revisão & Edição: Diego Suhet Moreira, Manuella Villar Amado, Júlia Alvarenga Vieira Correia, Flávio Parreiras Marques.

Agradecimentos

Agradecemos ao Projeto Rio Doce Escolar e equipe pelo suporte, em especial, a Profa. Dra. Manuella Villar Amado, coordenadora geral do Projeto Rio Doce Escolar, por ter feito parte do presente trabalho, pela oportunidade, paciência e orientações durante todo o percurso da pesquisa. Agradecemos aos professores da Educação Básica, dos municípios atingidos pelo rompimento da barragem do Rio Doce, alunos dos cursos de Aperfeiçoamento em Metodologias de Educação Ambiental e Especialização em Educação Ambiental Escolar que receberam prontamente o material e utilizaram durante sua prática; Aos docentes e discentes do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática - Educimat, que de alguma forma viabilizaram a entrega dos Kits Pedagógicos 3D; Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Vila Velha, pela execução do projeto e disponibilidade de espaço físico para a implantação do *LabMaker* e a Editora Edifes no suporte a publicação do e-book “Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental”.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com o aporte financeiro da Fundação Renova, a partir de um convênio entre Ifes, Facto e Fundação Renova - Processo Ifes nº 23187.003225/2022-04.

Referências

- Amado, M. V.; Moreira, D. S.; Correia, J. A. V.; Vieira, B. A., & Marques, F. P. (2023). Kit Pedagógico 3D para Educação Ambiental (1a Ed). Edifes. <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/731326>
- Andrson, C. (2021). The New Industrial Revolution. Crow Business.

- Auler, D. (2018). Cuidado! Um cavalo viciado tendo a voltar para o mesmo lugar. (1 Ed). Appris.
- Auler, D. (2007). Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro. Revista Ciência & Ensino, 1, 1-20.
- Auler, D., & Delizoicov, D. (2006). Educação CTS: Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referências ligados ao movimento CTS. Las Relaciones CTS en la Educación Científica, 1, 1-7.
- Basniak, M. I., & Liziero, A. R. (2017). A impressora 3D e novas perspectivas para o ensino: possibilidades permeadas pelo uso de materiais concretos. Revista Observatório, 3(4), 445-466. <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/3321>
- Bertram, D. (2008) Likert Scales... are the meaning of life. Topic report. Recuperado de <http://poincare.matf.bg.ac.rs/~kristina/topic-dane-likert.pdf>
- BRASIL. (1999). Lei 9.795, de 27 de abril de 1999. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm
- Cabeza, E. U. R., & Moura, M. O. (2014). O DYU vive!. Revista V!RUS 10 São Carlos, 10, 1-13. <http://www.nomads.usp.br/virus/virus10/?sec=4&item=8&lang=pt>
- Carvalho, A. B. G., & Bley, D. P. (2018). Cultura Maker e o uso das tecnologias digitais na educação: construindo pontes entre as teorias e práticas no Brasil e na Alemanha. Revista Tecnologias na Educação, 26(10), 21-40. <https://tecedu.pro.br/ano10-numerovol26-edicao-tematica-viii/>
- Chassot, A. (2003). Alfabetização Científica: uma possibilidade para a inclusão social. Revista Brasileira de Educação, 22, 89-100. <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/>
- Monteiro Rodrigues, D., & Crosara Maia Leite, R. (2020). O silêncio que ninguém ouviu: análise do enfoque CTSA nas concepções e práticas de professores premiados em um evento ambiental. Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias, 19 (1), 45-69. <https://revistas.educacioneditora.net/index.php/REEC/article/view/439>
- Freire, P. (1987). Pedagogia do Oprimido. (17 Ed). Paz e Terra.
- Freire, P. (1989). A importância do ato de ler: em três artigos que se completam. (23 Ed). Cortez.
- Rompimento da Barragem de Fundão: Documentos relacionados ao desastre da Samarco em Mariana/MG. (2016). Ibama. <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2020/rompimento-da-barragem-de-fundao-documentos-relacionados-ao-desastre-da-samarco-em-mariana-mg>
- Santos W. L., & Auler. D. (2011). CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa. (1 Ed). Editora Universidade de Brasília.
- Sasseron, L. H., & Carvalho A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino. Revista Investigações em Ensino de Ciências, 13(3), 333-352. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445>