



O estudo da produção energética: educação ambiental por meio do construcionismo¹

Luís Henrique Pupo Maron²
Instituto Federal do Paraná (IFPR)

<https://orcid.org/0000-0002-9875-4948>

Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior³
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

<https://orcid.org/0000-0002-1116-0777>

Resumo: Essa pesquisa teve como objetivo investigar a Educação Ambiental por meio de uma sequência didática fundamentada no construcionismo, visando tanto despertar o sujeito ecológico nos alunos quanto entender o papel das emoções no processo de ensino-aprendizagem. Realizada com estudantes do Ensino Médio de um colégio técnico localizado no Noroeste do Paraná, a abordagem qualitativa deste estudo se apoiou no uso de gravações de vídeo e questionários online para a coleta de dados. A análise das emoções foi conduzida através de uma metodologia orientada por eventos, utilizando-se de um algoritmo de detecção de expressões faciais. Adicionalmente, a Análise de Conteúdo possibilitou inferências acerca das percepções dos participantes sobre a temática ambiental em discussão. Os resultados obtidos apontam que a metodologia aplicada promoveu uma visão crítica a respeito do consumo de eletricidade e sublinhou a relevância da afetividade dentro do contexto educacional.

Palavras-chave: Tecnologias na Educação. Meio Ambiente. Cadeias de Rituais de Interação. Emoções.

El estudio de la producción energética: educación ambiental a través del construccinismo.

Resumen: Esta investigación tuvo como objetivo investigar la Educación Ambiental a través de una secuencia didáctica basada en el construccinismo, con el propósito de despertar el sujeto ecológico en los estudiantes y comprender el papel de las emociones en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Realizada con estudiantes de Educación Secundaria de un colegio técnico ubicado en el Noroeste de Paraná, la metodología cualitativa de este estudio se basó en el uso de grabaciones de video y cuestionarios en línea para la recopilación de datos. El análisis de las emociones se llevó a cabo mediante una metodología basada en eventos, utilizando un algoritmo de detección de expresiones faciales.

¹ Recebido em: 19/03/2024. Aprovado em 20/02/2025.

² Graduado em Bacharelado em Ciência da Computação pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (Mackenzie, 2011). Mestrado em Ensino das Ciências Ambientais pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professor do Instituto Federal do Paraná desde 2016. Email: lhpmaron@gmail.com

³ Pós-Doutorado em Educação em Ciências pela Universidade do Minho (UMinho-PT, 2016) e em Educação pela Universidade Federal Fluminense (2018). Doutor em Ciências pela Universidade Estadual de Maringá (UEM, 2011). Mestrado em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (USP, 2007). Especialista em Educação pela Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR – Campo Mourão/PR, 2004). Graduado em Licenciatura em Ciências pela Universidade Estadual de Maringá (2002) e em Biologia pela Claretiano (2020). Maringá, PR, Brasil. Email: caomjunior@uem.br

Además, el Análisis de Contenido permitió realizar inferencias sobre las percepciones de los participantes en relación con la temática ambiental en discusión. Los resultados obtenidos indican que la metodología aplicada fomentó una visión crítica sobre el consumo de electricidad y destacó la importancia de la afectividad en el contexto educativo.

Palabras-clave: Tecnologías en la Educación. Medio Ambiente. Cadenas de Rituales de Interacción. Emociones

The study of energy production: environmental education through constructionism

Abstract: This research aimed to investigate Environmental Education through a didactic sequence based on constructionism, aiming to both awaken the ecological subject in students and understand the role of emotions in the teaching-learning process. Conducted with high school students from a technical college located in the Northwest of Paraná, the qualitative approach of this study relied on the use of video recordings and online questionnaires for data collection. The analysis of emotions was carried out through an event-driven methodology, using a facial expression detection algorithm. Additionally, Content Analysis allowed for inferences about the participants' perceptions of the environmental theme under discussion. The results indicate that the applied methodology promoted a critical view regarding electricity consumption and underscored the importance of affectivity within the educational context.

Keywords: Technologies in Education; Environment; Chains of Interaction Rituals

INTRODUÇÃO

A sociedade moderna está diminuindo rapidamente os recursos naturais, evidenciando a importância da Educação Ambiental para alertar sobre os perigos socioambientais do relacionamento entre humanos e natureza. Isso pede uma reavaliação das responsabilidades das pessoas, empresas e governos. Entre os problemas, estão os danos ambientais da produção de energia elétrica (EE), como os efeitos negativos em comunidades ribeirinhas e a redução da biodiversidade causada pela criação de hidrelétricas (Magalhães Júnior *et al.*, 2016), que é a maior fonte de eletricidade do país (EPE, 2023).

Em razão desse impacto e de diversos outros, decorrente da ação humana com a natureza, que a Educação Ambiental (EA) se torna indispensável e o seu desenvolvimento em ambientes de ensino acaba se tornando uma lei nacional (Brasil, 1999). O art. 2º, dessa lei, estabelece que a EA deve estar presente em todos os níveis de modalidades de ensino, portanto, a escola tornou-se um ambiente muito importante para o desenvolvimento da educação para o meio ambiente.

A EA, em sua vertente crítica, tem por ideal modificar radicalmente as relações atuais, tanto entre os seres humanos como entre a sociedade e a natureza (Reigota, 2009). Deve contribuir para a formação de um sujeito ecológico, por meio da mudança de valores, atitudes e reorientação de modos de vida coletivos e individuais. Assim, não se deve reduzir ao indivíduo e nem a coletivos abstratos; a formação necessita advir sobre as relações indivíduo-sociedade, pois ambos só têm sentido se pensados

conjuntamente (Carvalho, 2004). Nessa seara, uma das maneiras de inclusão do tema tem sido por meio da Robótica Educacional (RE), como pode ser visto em trabalhos como o de Soares e Vasconcelos (2018). Nesse trabalho, os autores empregaram a RE com estudantes do Ensino Médio para desenvolver soluções que otimizassem o uso da água pelas pessoas.

Esse encaminhamento está embasado na teoria do construcionismo de Papert (1985), que traz a tecnologia como peça fundamental para a construção do conhecimento e preparação do aluno, para exercer a papel da cidadania. Aborda o uso de computadores, nas escolas, que por muitas vezes são vistos como vilões, porém, nessa abordagem, são utilizados como forma de promoção do ensino-aprendizagem e atração dos estudantes (Gomes *et al.*, 2010).

Portanto, ao invés de o estudante utilizar os dispositivos tecnológicos como fornecimento de informações ou o que o autor denomina como o “computador programando o sujeito” (Papert, 1985, p. 37), ele codifica a máquina para resolver problemas, desenvolvendo comandos por meio de conteúdos e estratégias aprendidas (Luciano, 2017). Pode ser trabalhado como uma forma lúdica e desafiadora, uma vez que os estudantes são expostos a situações problema e, com a computação e a robótica, são desafiados a unir a teoria e a prática, valorizando o trabalho em grupo e, conseqüentemente, propondo maior interação entre estudante e professores (Soares; Vasconcelos, 2018).

Tornar o processo de ensino-aprendizagem mais atraente, bem como promover maior integração entre estudantes e professores, é um dos pontos pressupostos da RE. Muitos projetos buscam avaliar tais processos com a capacidade argumentativa dos alunos; porém, realizar a análise pelo viés das emoções sentidas pelos estudantes, durante o processo ensino-aprendizagem, tem crescido com o avanço da tecnologia (Saucedo *et al.*, 2018). Por isso, em seu trabalho, Santos (2007) menciona que as emoções e sentimentos obtidos no decorrer das interações são determinantes para o envolvimento e a motivação dos participantes.

As emoções vêm sendo tema de pesquisas na área de educação, pois, conforme Saucedo *et al.* (2018), as emoções podem deter o mesmo grau de importância que a cognição em algumas partes do processo de aprendizagem. Portanto, pode-se considerar que não há como dissociar a emoção da cognição, uma vez que elas estão mutuamente relacionadas.

Nesse viés, Fonseca (2016) indica que as funções cognitivas, como raciocínio, tomada de decisões e o pensar são guiadas pela emoção, pela avaliação e julgamento das ações consequentes. Sendo assim, quando uma interação social ocorrer em sala de aula, ela deve ser prazerosa ao estudante.

Portanto, considerando a importância da promoção da EA na formação de cidadãos mais conscientes e ativos, com as problemáticas do meio ambiente, e considerando a importância que a dimensão afetiva possui no desenvolvimento dos estudantes, chegamos às seguintes problemáticas: De que maneira o construcionismo pode despertar reflexões quanto aos impactos ambientais da geração de energia elétrica? De que forma a robótica educacional promove os rituais de interação? Quais as emoções que são demonstradas nessa situação?

Devido aos fatos apresentados, este trabalho tem como objetivo investigar se as atividades elaboradas, com base na teoria do construcionismo, puderam viabilizar uma formação que possa despertar o sujeito ecológico — segundo a educação ambiental crítica (EAC). Também foram analisadas as emoções obtidas em interações que envolvam a temática ambiental e o método de ensino, por meio da elaboração de uma sequência didática com a temática ambiental. Mais especificamente, acerca da produção de energia elétrica que promova uma integração com atividades envolvendo conhecimentos em informática. Tais emoções foram alcançadas com o auxílio da elaboração de um algoritmo de reconhecimento de expressões faciais.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa possui o enfoque qualitativo, uma vez que buscou investigar as relações entre os sujeitos participantes, os valores, as dimensões subjetivas e as reflexões da realidade observada. Esse tipo de abordagem estabelece que há um vínculo entre o mundo real e o sujeito participante, que não pode ser quantificável (Kauark; Manhães; Medeiros, 2010; Dourado; Ribeiro, 2023).

Contexto da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma escola técnica localizada na região Noroeste do estado do Paraná, com estudantes do quarto ano - do Curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio — de uma instituição pública federal.

Para garantir os princípios éticos, o trabalho foi submetido e aprovado pelo Comissão de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual de Maringá pelo seguinte registro: CAAE: 28026719.8.0000.0104, e os estudantes e seus responsáveis apresentaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Cabe assinalar que o trabalho ocorreu com a autorização da direção da instituição na qual a pesquisa foi desenvolvida.

Conforme indicado por Tobin e Ritchie (2012, p. 118, tradução nossa), os objetivos do estudo devem ser compartilhados com os participantes e o envolvimento deve ser voluntário, “com os indivíduos conscientes de que estão envolvidos na pesquisa”. Desse modo, antes do início da pesquisa, foi apresentado ao alunado os princípios da metodologia e a forma de coleta de dados que seriam utilizados, assim, todos os estudantes da turma foram convidados a participar.

Para a coleta de dados desta pesquisa, foram empregados dois instrumentos principais: como uma sequência didática (SD) que foi elaborada com base nos preceitos de Antoni Zabala. Segundo o autor, as SDs devem possuir atividades planejadas que se relacionam, a partir de uma teoria de aprendizagem, para garantir que seja efetiva (Zabala, 1998). É preciso haver diversas atividades de aprendizagem e avaliação, de acordo com objetivos a serem alcançados, que devem ser definidos pelo docente (Batista; Fusinato; Batista, 2019).

O Quadro 1 apresenta a organização da SD utilizada no trabalho, com seu tema, público-alvo, objetivos e divisão dos módulos.

Quadro 1: Sequência Didática utilizada na pesquisa.

Disciplina: Programação de Computadores	Público Alvo: Ensino Médio Técnico ou anos iniciais do Ensino Superior
Tema: Computação Sustentável	Assunto: Energia e Meio Ambiente
Módulo 1: Energia e Meio Ambiente	Duração: 5 aulas
Módulo 2: Informática e Sustentabilidade	Duração: 6 aulas
Módulo 3: Robótica Educacional	Duração: 4 aulas
OBJETIVOS: Sensibilização dos estudantes quanto aos impactos socioambientais pela geração de energia elétrica e aplicação de conhecimentos de programação	

Fonte: Elaborado pelos autores. (2021)

Para realizar a coleta de dados, foi utilizado o instrumento de gravação de vídeo com câmera de ação, em uma qualidade de alta definição, de 1080p com 24 frames (quadros) por segundo. Outro instrumento foi um questionário, a fim de avaliar os encontros, para isso foi utilizada a ferramenta online Google Formulário.

As análises realizadas se deram por duas frentes, a análise das emoções foi abordada com a Análise de Eventos, cujos dados foram obtidos pelos vídeos. E a interpretação das percepções dos estudantes se deu pela Análise de Conteúdo no ideal de Bardin (2016), na qual foram utilizados os dados da transcrição dos áudios e respostas do questionário.

A Análise de Eventos foi conduzida seguindo a metodologia de Tobin e Ritchie (2012), com o objetivo de identificar eventos marcantes revelados através das emoções em interações escolares, buscando compreender os acontecimentos e as razões subjacentes a eles. Ritchie (2018, p. 1, tradução nossa) ressalta a importância dessa abordagem ao estudar eventos emotivamente significativos, destacando que eles “são responsáveis por transformar práticas, estruturas e a maneira que as pessoas olham para o mundo”, enfatizando o poder dos eventos emocionais em moldar percepções e alterar dinâmicas sociais e educacionais.

Uma vez definido o evento, a sua análise se dá pela utilização de diversos métodos, como exame dos vídeos, documentos, oxímeros, expressões faciais, prosódia, movimentos corporais, notas de campo e muitos outros. Por conta dessas possibilidades, Tobin e Ritchie (2012) definem a metodologia como multi-método. Essa linha de pesquisa pode ser apropriada para realizar análises de situações de interação ocorridas em salas de aula (Santos *et al.*, 2017; Saucedo *et al.*, 2018).

Neste trabalho, os métodos utilizados para a análise dos dados foram a apuração dos vídeos, por meio da transcrição das falas e emoções demonstradas pelos estudantes. Elas foram identificadas por um algoritmo de reconhecimento de expressões faciais desenvolvido por Arriaga, Valdenegro-Toro e Plöger (2019).

Como mencionado anteriormente, a outra frente de análise dos dados, foi utilizada a Análise de Conteúdo, que segundo Bardin (2016) e Gaspi, Maron e Magalhães Júnior (2023), é um método de investigação que se desdobra em três fases essenciais: (1) Pré-análise, na qual o material de estudo é sistematizado e as ideias iniciais são organizadas, ocorre a formulação de hipóteses e objetivos, e definição dos indicadores que orientarão a interpretação; (2) Exploração do material, etapa em que o

conteúdo é efetivamente analisado, o que envolve a codificação, categorização e tabulação dos dados conforme os critérios previamente estabelecidos, permitindo a transformação do material bruto em dados que possam ser tratados; e (3) Tratamento dos resultados, inferência e interpretação, momento no qual os dados são consolidados, analisados e interpretados, possibilitando a inferência e a compreensão dos significados do conteúdo analisado, alinhados aos objetivos iniciais da pesquisa. Este método permite uma abordagem sistemática e profunda do conteúdo, facilitando a extração de significados ocultos e a geração de insights relevantes a partir do material estudado.

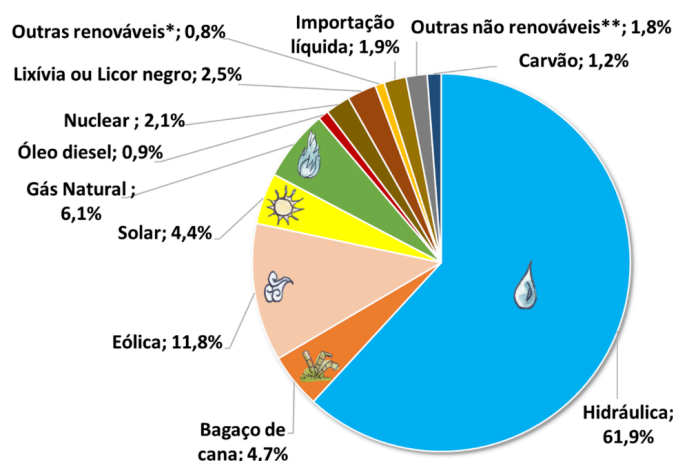
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação da análise dos resultados inicia-se com a exposição do desenvolvimento da SD, seguida pela descrição da realização da AC, conforme delineado por Bardin (2016).

No primeiro encontro da SF, a proposta inicial contemplava um total de cinco aulas presenciais. Porém, a escola em que a pesquisa estava sendo executada passou por reformas e algumas salas estavam indisponíveis. Por essa razão, o laboratório de informática, local em que estava planejado para acontecer a pesquisa, estava ocupado. Para contornar a situação, foi solicitado que uma das atividades fosse feita em casa.

O encontro iniciou com o pesquisador exibindo a matriz elétrica brasileira (Figura 1) e como funcionava cada uma das fontes que compunham a imagem apresentada. Em seguida, foi exibido um vídeo aos estudantes denominado “Perfeita Harmonia - Hidrelétricas x Meio Ambiente”⁴.

Figura 1: Matriz Elétrica Brasileira.



Fonte: EPE (2023).

Posteriormente, o professor iniciou uma roda de conversa sobre as informações apresentadas durante as filmagens. Nesse primeiro momento, foi percebido que os estudantes participaram efetivamente da discussão, como, por exemplo, podemos notar nas seguintes transcrições das falas dos alunos:

E02: Eles pediram autorização para essas pessoas?

E03: Essas pessoas foram indenizadas?

E04: É, pelo alagamento? Tinham pessoas que moravam na beira do rio.

E03: Você vê que ali eram pessoas que viviam de atividades relacionadas à água, o fato de tirarem essas pessoas dali e a água também ter sido afetada e contaminada, porque o cara falou que eles bebiam a água do rio, ou seja, era uma coisa limpa que foi afetada pela construção e, além de afetar a moradia, afetou também a fonte de renda dela, é muito mais do que só realocar essas pessoas.

Na sequência da conversa, o professor começou a ressaltar os temas relativos à fauna e à flora, que foram mencionados no vídeo. Cabe destacar as transcrições das falas do alunado:

E01: Eles pegaram as sementes e mudas e colocaram em uma estufa, mas não dava para recuperar totalmente, pois depende do local, do clima e de lugares que não serão mais o mesmo.

E05: O peixe dourado precisava de um espaço para reprodução, e com a construção da barreira ele foi sumindo... o que pode ser irreversível.

E01: Teve também os problemas dos mosquitos que geralmente transmitem doenças, atrai também outros tipos de animais e insetos.

E04: O ecossistema nunca mais será o mesmo.

Diante do exposto, pode-se observar que os estudantes entenderam a mensagem do vídeo, de que a implantação das usinas hidrelétricas pode ocasionar diversos impactos sociais, ambientais e econômicos. Cabe ressaltar que como havia mais fontes

do que estudantes, eles se disponibilizaram a estudar mais de uma. Em seguida, foi encerrada a aula.

O encontro seguinte iniciou-se com os estudantes apresentando seus temas, bem como os principais dados coletados da pesquisa. Para mantê-los mais confortáveis, a ordem das falas foi elaborada por eles próprios.

Após a apresentação, começou-se um debate sobre as informações relatadas pelos estudantes e pelo vídeo apresentado na aula anterior. Para iniciar o debate, o professor questionou aos estudantes quanto às fontes apresentadas e se havia alguma que era ideal para uso. Nesse momento, vale destacar algumas das respostas mencionadas:

E03: Acredito que não existe uma fonte que seja perfeita, acredito que existem fontes adequadas para momentos adequados.

E05: É, eu vejo assim. A gente tem que levar o fator de renovação também, porque, que nem o petróleo, o gás mineral e o carvão são recursos finitos, quanto mais eles forem usados, menos a gente vai ter disponível.

E01: Tem algumas (fontes) que temos que tentar reduzir, por exemplo, o carvão é extremamente poluente.

E02: Eu acredito que o mais importante de tudo, é a gente mostrar para as pessoas que não deve fazer economia de energia para não doer no bolso, para não prejudicar o meio ambiente. Porque acredito que muita gente não sabe disso, eu não sabia esse lance da hidrelétrica, que tinha desmatado toda aquela região e tinha retirado as pessoas de lá... O mais importante é isso, fazer com que as pessoas tenham essa consciência de diminuir o consumo...

E05: A ideia de usar várias fontes, se você focar só em uma terá um impacto muito grande.

Cabe salientar, ainda, que durante os debates promovidos neste módulo, os conteúdos atitudinais previstos também foram satisfatórios, tanto quanto a comunicação dos resultados da pesquisa realizada, como a argumentação e respeito à opinião dos colegas. No entanto, um ponto negativo foi a falta de espaço específico para a realização das atividades, a ausência de uma sala de aula ou o laboratório disponível atrapalhou o desenvolvimento.

A continuação da aplicação da SD tornou-se inviável pela pandemia do COVID 19. Por este motivo, foi aplicado um questionário para que os estudantes pudessem expor seus conhecimentos sobre o tema. Tal instrumento acabou se tornando muito útil, sobretudo para realizar uma avaliação geral dos encontros e poder verificar se conseguiram atingir os seus objetivos pré-estabelecidos.

Análise das Emoções

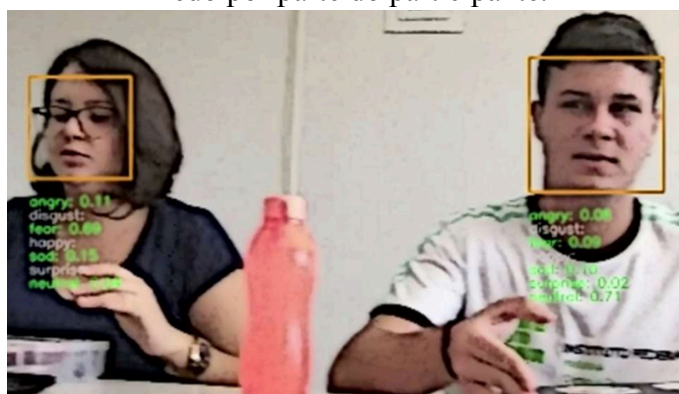
A busca, nesta pesquisa, deu-se pela análise das imagens em vídeo produzidas no desenvolvimento da SD proposta. A seleção dos eventos se concretiza a partir dos preceitos da teoria de rituais de interação de Collins (2004), com as emoções nos movimentos corporais e expressões faciais dos participantes.

Como um dos princípios da teoria de Collins (2004) é a necessidade de os estudantes estarem em contato com um objeto ou atividade, os eventos elencados a seguir foram levantados com os estudantes analisando o *kit* do Arduino.

O primeiro evento a ser destacado inicia-se logo no começo da aula, no qual o professor ainda não tinha iniciado a abordagem dos conteúdos e estava ajustando a câmera, para realizar as gravações. O indicador de evento acontece logo no começo da gravação, com a estudante perguntando: “Professor, eu vou ter que programar também?” (E02).

De fato, tal pergunta mostra que a participante possui um certo desconforto com a programação de computadores. Então, o pesquisador a questiona acerca de qual seria o problema com a programação; ela mesma afirmou que não sabe programar, demonstrando um pouco de insegurança em sua fala. Para além disso, definido o evento, foi colocado os frames do evento para rodar no algoritmo de detecção de expressões faciais (Figura 1), e resultou que a estudante, ao realizar a fala, teve como principais sentimentos: o medo, com mais 50% de média, e a raiva, com mais de 20%.

Figura 2: *Frame* processado pelo algoritmo de detecção de imagens demonstrando medo por parte do participante.



Fonte: Dados da pesquisa, elaborado pelos autores. (2021).

Essa situação, por mais que não seja advinda de um ritual de interação, em conformidade com os pressupostos de Collins (2004), consideramo-la pertinente, pois o

sentimento demonstrado pela estudante indica que, em algum momento, ela não teve uma experiência bem-sucedida com o fato de programar. Cabe salientar que, os estudantes envolvidos nesta pesquisa, por estarem matriculados no quarto ano do curso, já estudaram e foram aprovados nas disciplinas de introdução à programação. Ao todo, o evento teve a duração de dois segundos (no vídeo).

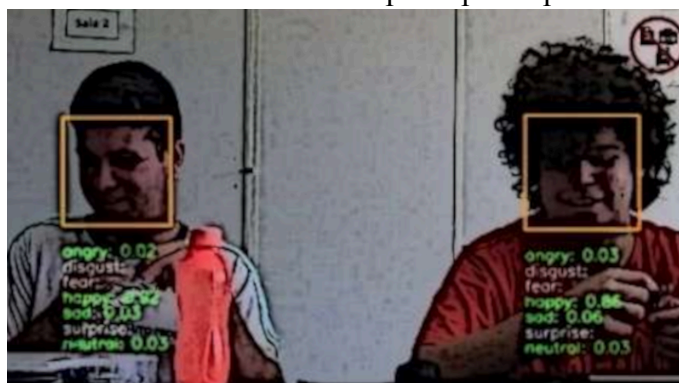
O segundo evento aconteceu, exatamente, após um minuto do primeiro, no qual o mesmo participante — demonstrando muita alegria — disse: “aí gente, deixa eu sentir meu momento de técnico em informática”. De fato, apresentou uma grande curiosidade pelo *kit* com o Arduino e entusiasmo. O indicativo disso se deu pela extrema oposição de sentimentos exibidos pelo estudante, que pouco demonstrava medo e raiva.

Tendo o indicativo do evento, o vídeo foi recuado até o final do evento anterior. Foi observado o estado emocional crescente entre ela e o colega, o qual estava sentado ao lado. Os dois abriram o *kit* que o pesquisador levou e analisavam seu conteúdo. Foi quando ambos colocaram o foco de suas atenções nos componentes eletrônicos. Nisso, o estado emocional deles contagiou os outros dois alunos presentes, que deixaram o que estavam fazendo e começaram a analisar o *kit* conjuntamente, representando algumas das características de um ritual de interação bem-sucedido, tal qual apresentado por Collins (2004).

O que mais chamou atenção nesses eventos é que a mesma pessoa, a qual pouco tempo antes se mostrara triste e tenso, frente à possibilidade de necessitar utilizar a linguagem de programação, demonstrou extrema felicidade e empolgação (ao visualizar os componentes que seriam utilizados na atividade com RE). Essa situação nos aponta que a utilização da robótica educacional pode ser uma aliada no processo de ensino aprendizagem. Isso foi indicado por Luciano (2017), o qual obteve resultados parecidos em sua pesquisa, na qual alguns participantes se demonstraram irritados, com problemas na programação, mas com a utilização dos aparatos robóticos, o desenvolvimento tornou-se mais fluido e atrativo.

Um outro evento definido foi mediante a apresentação do *kit* de Arduino. O estudante 05, que já possuía um conhecimento prévio, em relação à placa, iniciou a apresentação dos componentes; o nível de felicidade apresentado pelas expressões faciais chegou a ter média de 70%, o que destoou das emoções apresentadas até o momento. Um frame do processamento do vídeo está apresentado na Figura 2.

Figura 3: *Frame* processado pelo algoritmo de detecção de imagens demonstrando felicidade pelos participantes.



Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelos autores. (2021)

O que motivou o sorriso aos estudantes foi a maneira como o aluno expôs o seu conhecimento sobre a placa Arduino, já fazendo uma relação com a automação residencial, dizendo: “Essa é a placa (apontando para o Arduino), o controlador, é o nosso cérebro, onde vai ficar o código, onde vai ficar as coisas (risos)” (E05).

A partir desse momento, iniciou-se a explicação dos demais componentes, sendo que alguns estudantes conheciam e, aos demais, o professor apresentou o seu propósito. Os discentes começaram a levantar hipóteses acerca do uso dos dispositivos, para realizar o controle de alguns equipamentos da casa, como, por exemplo, o relê. Eles levantaram a possibilidade de utilizá-lo para controlar os equipamentos elétricos:

E05: Pensando nisso, dá pra usar com umas lâmpadas para ligar quando alguém está entrando no quarto, igual o sensor de ultrassom que a gente utilizaria para saber se tem alguém está entrando no ambiente.

E02: Verdade!

E01: O de luminosidade poderia ser interessante para verificar se está de dia ou se está iluminado, ou se realmente precisa ligar a luz.

E05: Mas para luz seria mais interessante o de movimento.

P: Também pode.

E2: É pode ser os dois.

Com essas falas, podemos verificar que os estudantes estão interessados em controlar o uso de eletricidade, uma das características da automação residencial e que pode fornecer economia de energia.

Ainda sobre esse momento, é possível descrever algumas informações interessantes e que merecem destaque, a exemplo do foco dos estudantes, estando todos sobre o mesmo objeto; compartilhamento de ideias e levantamento de hipóteses quanto ao uso dos sensores. Além disso, podemos citar as emoções demonstradas, pelos

participantes, que são semelhantes. Tais características, conforme Collins (2004), compõem um ritual de interação bem-sucedido, como pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2: Identificação do ritual de interação na atividade com o *kit* Arduino.

Propriedades de rituais de interação conforme Collins (2004)	Situação do estudo
Duas ou mais pessoas envolvidas fisicamente	Grupo formado por 4 alunos participantes do projeto
Barreiras com pessoas externas	Sala da biblioteca e ninguém presente fisicamente por perto.
Foco mútuo em um objeto ou atividade	<i>Kit</i> arduino com componentes eletrônicos
Emoção compartilhada	Alegria, Concentração, Surpresa

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado na teoria de Collins (2004).

Os rituais de interação tendem a transformar ou reafirmar nossa personalidade (Collins, 2004). Com os dados levantados, podemos verificar a importância de uma cadeia de interação bem-sucedida, na qual os indivíduos envolvidos têm o foco mútuo de atenção em um mesmo objeto, e as emoções são compartilhadas entre eles, trazendo solidariedade grupal e contribuindo para a construção de novos conhecimentos.

As emoções demonstradas no contato com o dispositivo, aparentemente, ocasionaram uma motivação intrínseca nos envolvidos, pois, em conformidade com que Guimarães (2000, p. 37) menciona, o “[...] indivíduo intrinsecamente motivado procura novidade, entretenimento, satisfação da curiosidade, oportunidade para exercitar novas habilidades e obter domínio”, bem como as reações manifestadas, de interesse individual, foram de forma espontânea, outra característica desse modo motivacional.

Categorias de Análise

A formação das categorias ocorreu conforme previsto por Bardin (2016), isto é, após a leitura flutuante do material selecionado, que incluiu as transcrições dos vídeos da aplicação da SD e as respostas dos questionários. É importante destacar que cada categoria constituída foi elaborada a partir da análise dos trechos, bem como do suporte do referencial teórico da EAC, utilizado no trabalho.

As categorias iniciais foram identificadas a partir das primeiras impressões do material estudado. Essas categorias introdutórias de análise surgiram conforme os primeiros contatos com o material, apoiados pelo referencial teórico. Desse processo, resultou um total de 20 categorias.

Para aprimorar a análise dos dados, as categorias iniciais foram reagrupadas, resultando em uma nova organização: as categorias intermediárias, totalizando 3 categorias. Essas categorias intermediárias subsidiaram a construção da categoria final, denominada “Reflexões críticas referentes aos impactos socioambientais causados pela geração da EE e a necessidade de uma postura para um futuro melhor”.

Essa categoria visa à formação de estudantes cidadãos, mobilizados por uma postura ativa frente aos problemas ambientais destacados no estudo, característica essencial de uma EAC. As categorias elaboradas nessa etapa do trabalho estão representadas no Quadro 3.

Quadro 3: Categorias de análise criadas a partir da análise dos dados.

Categorias iniciais	Categorias intermediárias	Categoria Final
Problemas com fauna e flora	Compreensão sobre os impactos causados ao Meio Ambiente.	Reflexões críticas no que toca aos impactos socioambientais causados pela geração da EE e a necessidade de mudança de postura para um futuro melhor.
Redução dos impactos ambientais		
Mudança climática		
Reflorestamento		
Efeito estufa		
Geração de lixo		
Impactos socioambientais	Sensibilização crítica quanto à relação sociedade natureza.	
Minorias		
Redução do consumo		
Políticas públicas		
Energia Elétrica para a Humanidade		
Relação sociedade natureza		
Conscientização da população		
Horário de verão		
Mudança de postura em relação à utilização da Energia Elétrica	Mudança de postura e preocupação quanto ao futuro.	
Preocupação com o futuro		
Fontes renováveis de energia		
Transmissão de conhecimento		
Necessidade de mudança de hábitos		

Fonte: Dados da pesquisa, elaborado pelos autores. (2021)

As categorias iniciais foram reunidas, tendo em vista os objetivos e princípios dos documentos que regem a Educação Ambiental no país; a saber, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (Brasil, 2012) e a Política Nacional

Educação Ambiental (Brasil, 1999); bem como os preceitos utilizados no referencial teórico em relação à EA, abordados sob uma perspectiva crítica.

A reflexão crítica dos participantes sobre a temática dos impactos causados pela geração da EE ficou expressiva nos dados analisados. Ao todo, foram contabilizadas sessenta e oito unidades de registros, dos quais alguns podem ser notados nos trechos:

E01: Usar de fontes mais sustentáveis atreladas a pesquisas de como diminuir o impacto delas sobre o meio ambiente e compensação do impacto de sua construção com alguma outra atividade focada na natureza.

E03: eu acho que todo mundo tivesse consciência do quanto o meio ambiente foi prejudicado, de quantas pessoas foram prejudicadas para a energia elétrica dela, ela não iria gastar assim.

E02: Por exemplo, lá em Itaipu, nossa que coisa linda, não sei o que. Mas acho que nunca ninguém parou para pensar no problema que isso causa, claro que há algo bom porque tem energia, mas olha quanto problema a gente para isso tudo. Acredito que ninguém parou para pensar nisso tudo, eu por exemplo, nunca tinha parado para pensar nisso.

E04: Criando políticas mais rígidas e aderir métodos de fiscalização.

E05: Conscientização da população também é importante.

A partir dessas afirmações, é possível verificar que os estudantes compreenderam a importância de utilizar a EE de forma mais consciente, bem como a necessidade de pensar em métodos de geração mais eficientes e menos prejudiciais ao meio ambiente. A realização de uma abordagem que integra as questões ambientais locais e regionais, além de estimular e fortalecer a consciência crítica sobre os problemas socioambientais, estão entre os princípios e objetivos estabelecidos pela PNEA (Brasil, 1999).

Ratificando essa perspectiva, Layrargues (2012) aponta que a EAC parte do pressuposto de que a problemática ambiental está intrinsecamente ligada aos problemas sociais, evidenciando a relação sociocultural entre o ser humano e o meio ambiente. Nesse contexto, Carvalho (2004, p. 19) destaca que a EAC é fundamental para a formação de um sujeito ecológico, configurando-se como um modelo para a formação de indivíduos e grupos sociais capazes de identificar, problematizar e atuar frente às questões socioambientais, orientados por uma ética voltada à justiça ambiental.

Tais pressupostos podem ser encontrados em diversos apontamentos realizados pelos participantes, no Quadro 4 estão apresentadas algumas unidades de registro que foram utilizadas para a construção das categorias.

Quadro 4: Amostra de unidades de registro contabilizadas para a categoria final.

Unidades de registro
“[...]não dava pra recuperar totalmente, porque depende de local, de clima e de lugares que não serão mais o mesmo”.
“[...] porque eles (peixes dourados) necessitam de condições ideais para eles e quando houve a construção essas condições ideais foram rompidas e eles foram se acabando”.
“[...]Ocorre a destruição de áreas de vegetação natural, desmoronamento das margens, prejuízos à fauna e à flora e alteração no bioma”.
“Eu acho que não pensar em outras fontes que não causem tanto efeito ambiental ou então pensar nas mesmas fontes, porém com mais cuidado para não afetar de forma tão bruta essas pessoas que, por exemplo, foram afetadas pela usina hidrelétrica em questão no vídeo”.
“A energia elétrica deve ser economizada, pois ainda não existe uma maneira de gerar energia elétrica sem prejudicar o meio ambiente de alguma maneira, então quando gastamos muita energia elétrica sem consciência desses problemas, acabamos involuntária e inconscientemente contribuindo para prejudicar o meio ambiente.”

Fonte: Dados da pesquisa, elaborado pelos autores. (2021)

Em vista dos trechos apresentados, fica evidente que os estudantes foram sensibilizados em relação ao tema discutido, reconhecendo a complexidade dos impactos gerados pela produção de energia elétrica (EE). Eles não apenas compreenderam os impactos socioambientais abordados, mas também destacaram a importância de uma mudança de atitude em relação ao uso desse recurso. Isso inclui tanto a importância de adotar medidas para economizar energia quanto a necessidade de buscar novas fontes energéticas que causem menor degradação ao meio ambiente.

Triangulação dos dados

Após a finalização das análises específicas inerentes a cada uma das metodologias empregadas no presente estudo, procedeu-se à etapa subsequente, a qual consistiu na triangulação dos dados coletados. Esta fase teve por objetivo não apenas demonstrar a independência das conclusões em relação a uma única abordagem metodológica, mas também ressaltar a complementaridade entre os diferentes métodos utilizados.

Ao examinarmos as evidências obtidas por meio da AC e da análise das emoções, nos rituais de interação, podemos observar que os encontros realizados proporcionaram um novo olhar aos participantes, no que diz respeito aos impactos socioambientais da geração da EE. Tais características podem ser vistas na categoria final elaborada durante a AC, bem como as hipóteses levantadas durante os rituais de interação, envolvendo a plataforma Arduino, na qual os estudantes buscavam, por meio

da plataforma em questão, encontrar soluções para gerenciar o uso da EE. Dessa maneira, a conjugação dessas metodologias evidenciou não apenas a ampliação do entendimento dos participantes sobre as consequências da geração de energia, mas também estimulou a proatividade na identificação de estratégias sustentáveis para o consumo energético, ressaltando a importância de práticas inovadoras e responsáveis no contexto atual.

Considerando que uma das marcas de um ritual de interação bem-sucedido seja um clima emocional positivo, compartilhado entre os envolvidos, podemos verificar que a dimensão afetiva é muito importante para a aprendizagem do estudante. Este aspecto é corroborado pela análise das transcrições oriundas dos rituais de interação considerados bem-sucedidos, os quais constituíram unidades de registro para a categoria final.

Com base nas informações apresentadas, é possível afirmar que os achados estão alinhados à teoria das cadeias de rituais de interação proposta por Randall Collins (2004). De acordo com essa teoria, rituais de interação bem-sucedidos desempenham um papel fundamental na construção de significados pelos participantes. As emoções reveladas e as transcrições decorrentes desses momentos de contato entre os estudantes evidenciam que a existência de um clima emocional positivo compartilhado é essencial para o engajamento ativo dos alunos. Quando esse ambiente positivo é estabelecido, os estudantes demonstram maior disposição para participar ativamente e compartilhar suas ideias, contribuindo assim para um processo coletivo de construção de significado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para descrever as considerações finais, é importante retomar os objetivos traçados, que conduziram os trabalhos realizados durante o estudo. O propósito central deste trabalho foi: primeiro investigar se as reflexões promovidas pela aplicação da SD, ecológico, conforme delineado pela EAC; segundo, analisar as emoções emergentes em interações que englobassem a temática ambiental e o construcionismo.

Com base nas análises conduzidas, observou-se que as atividades desenvolvidas efetivamente propiciaram um ambiente favorável ao despertar do sujeito ecológico, em conformidade com os princípios da EAC. A interação com o conteúdo proposto, aliada à reflexão sobre as implicações socioambientais da geração de EE, demonstrou ser uma estratégia eficaz para sensibilizar os participantes acerca da importância de práticas

sustentáveis e de uma postura mais consciente e responsável em relação ao meio ambiente.

Adicionalmente, a análise das emoções manifestadas durante os rituais de interação revelou que a abordagem construcionista adotada neste estudo, foi instrumental para o engajamento dos estudantes com a temática ambiental. O clima emocional positivo gerado durante as interações contribuiu significativamente para a disposição dos estudantes em participar ativamente das discussões e na busca por soluções inovadoras para problemas ambientais. Tal dinâmica reitera a importância de considerar a dimensão afetiva no processo educativo, especialmente em contextos que envolvem questões complexas e desafiadoras como as ambientais.

Portanto, as evidências coletadas ao longo deste estudo corroboram a eficácia da proposta de produto em atingir os objetivos traçados, ressaltando o valor das reflexões promovidas e das emoções vivenciadas no contexto da EAC. Este trabalho contribui para o campo da educação ambiental ao demonstrar que a integração entre conteúdo significativo, abordagens pedagógicas inovadoras e a consideração das emoções no processo de aprendizagem pode inspirar mudanças de atitude e comportamento em relação ao meio ambiente, fomentando o desenvolvimento do sujeito ecológico em seus participantes.

A realização deste estudo ofereceu importantes pontos e estimulou reflexões para a formação do sujeito ecológico, um passo significativo na direção de uma consciência ambiental mais crítica e atuante. No entanto, é necessário reconhecer que este é apenas o início de um caminho longo e contínuo rumo à transformação das relações da sociedade com a natureza. Nesse cenário, o papel do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências Ambientais ganha destaque, evidenciando a necessidade de um compromisso contínuo com a pesquisa, a divulgação científica e a implementação de suas descobertas e produtos.

REFERÊNCIAS

ARRIAGA, Octavio; VALDENEGRO-TORO, Matias; PLÖGER, Plöger. Real-time convolutional neural networks for emotion and gender classification. **arXiv preprint arXiv:1710.07557**, 2017.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BATISTA, Débora R. DA R.; FUSINATO, Polônia A.; BATISTA, Michel C. Sequência didática como possibilidade para um trabalho interdisciplinar. In: BATISTA, Michel C.; FUSINATO, Polônia A.; BATISTA, Débora R. DA R. (Eds.). **Sequências Didáticas: Contribuições para o Ensino de Ciências e Matemática**. 1. ed. Maringá: Massoni, 2019. p. 19–26.

BRASIL. Lei no 9.795 de 27 de abril de 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental**, de 15 de junho de 2012.

CARVALHO, Isabel C. D. M. Educação Ambiental Crítica: nomes e endereçamentos da educação. Em: LAYRARGUES, Philippe P. (Ed.). **Identidades da Educação Ambiental Brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 13–24.

COLLINS, Randall. **Interaction Ritual Chains**. Princeton: Princeton University Press, 2004.

DOURADO, Simone; RIBEIRO, Ednaldo. Metodologia Qualitativa e Quantitativa. In.: MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O.; BATISTA, M. C. **Metodologia da Pesquisa em Educação e Ensino de Ciências**. 2 ed. Ponta Grossa: Atena, 2023. p. 12-30.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, **Anuário estatístico de energia elétrica 2023**: Ano base 2022. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <https://dashboard.epe.gov.br/apps/anuario-livro> Acesso em: 4 mar. 2024.

FONSECA, Vitor. DA. Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. **Revista Psicopedagogia**, v. 33, n. 102, p. 365–384, 2016.

GASPI, Suelen.; MARON, Luís H. P.; MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos. A. O. Análise de Conteúdo numa perspectiva de Bardin. In.: MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O.; BATISTA, M. C. **Metodologia da Pesquisa em Educação e Ensino de Ciências**. 2 ed. Ponta Grossa: Atena, 2023. p. 236-245.

GOMES, Cristiane G.; SILVA, Fernando. O. DA; BOTELHO, Jaqueline. DA C.; SOUZA, Aguinaldo. R. A robótica como facilitadora do processo ensino-aprendizagem de matemática no ensino fundamental. In: PIROLA, N. A. (Ed.). **Ensino de ciências e matemática, IV**: temas de investigação. São Paulo: Editora UNESP, 2010. p. 205–221.

GUIMARÃES, Sueli. É. R. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula. In: **A motivação do aluno**: Contribuições da Psicologia Contemporânea. Petrópolis: Vozes, 2000. p. 37–57.

KAUARK, Fabiana. DA S.; MANHÃES, Fernanda. C.; MEDEIROS, Carlos. H. **Metodologia da Pesquisa**: um guia prático. v. 1, p. 43, 2010.

LAYRARGUES, Philippe. P. Para onde vai a Educação Ambiental?: o cenário político-ideológico da educação ambiental brasileira e os desafios de uma agenda

política crítica contra-hegemônica. **Revista Contemporânea de Educação**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 14, p.398-421, ago. 2012.

LUCIANO, Ana Paula Giacomassi. **A robótica educacional e a plataforma arduino: estratégias construcionistas para a prática docente**. 2017. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017.

MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos A. de O.; LEITE, Joice. de C.; ORTIZ, Adriano J.; CARMO, T. do. Aspectos sociais na avaliação de impactos de construção de barragens em ambientes fluviais. **Revista Valore**, v. 1, n. 1, p. 147-158, nov. 2016. ISSN 2526-043X. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/1/13> Acesso em: 08 maio 2020. doi: <https://doi.org/10.22408/reval120161147-158>.

PAPERT, Seymour. **Logo: computadores e educação**. 1. ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985.

REIGOTA, Marcos. **O que é Educação Ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 2009.

RITCHIE, Stephen M. Events in Learning Science. In: RITCHIE, Stephen M.; TOBIN, Kenneth. (Eds.). **Eventful Learning: Learner Emotions**. Leiden: Brill, 2018. p. 1–8.

SANTOS, Flávia. M. T. DOS. As Emoções Nas Interações E a Aprendizagem Significativa. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 2, p. 173–187, 2007.

SANTOS, Leonardo D. dos; OLIVEIRA, Eloísa N. de; SAUCEDO, Kellys. R. R.; PIETROCOLA, Maurício. A investigação orientada por evento: um estudo exemplar na formação de professores de física. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física –SNEF 2017, 22., 2017, São Carlos. **Atas**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017.

SAUCEDO, Kellys R. R.; JOÃO, Herbert A.; CHAIM, Da.niel F.; PIETROCOLA, Maurício. Rituais de interação e emoções em atividade investigativa com crianças. **Educere et Educare**, v. 13, n. 30, p. 24, 2018. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/18881>. Acesso em: 27 fev. 2021. DOI: 10.17648/educare.v13i30.18881.

SOARES, Wellington N. As contribuições da metodologia LEGO® Education como recurso didático para a promoção da educação ambiental. **Educação Ambiental em Ação**, v. 16, n. 63, 2018. Disponível em: <https://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3174>. Acesso em: 23 fev. 2022.

TOBIN, Kenneth; RITCHIE, Stephen M. Multi-Method, Multi-Theoretical, Multi-Level Research in the Learning Sciences. **The Asia-Pacific Education Researcher**, v. 21, p. 117–129, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/289203165_Multi-Method_Multi-Theoretical_Multi-Level_Research_in_the_Learning_Sciences Acesso em: 23 fev. 2022.