Mudanças climáticas na educação: um levantamento das práticas, ferramentas e tecnologias digitais

Katyeudo Karlos de S. Oliveira[1], Ricardo André C. de Souza[1, 2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada (PPGIA)
[2]Departamento de Computação (DC)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

karlos.1914.so@gmail.com, ricardo.souza@ufrpe.br

Abstract. *The consequences of climate change affect everything from people's well-being to the businesses sustainability. Education is a means to mitigate the anthropic actions that cause climate change, whether by environmental awareness or by understanding the impacts of climate factors on social, chemical, biological, geographic processes, etc. There are some educational approaches, such as Environmental Education, Climate Change Education and Education for Sustainable Development that are concerned with addressing climate change in the teaching and learning process, but do not specify the practical tools that can be used by educators. This work then presents a survey of the practices, tools and digital technologies used in the educational environment to address the causes and effects of climate change, resulting from a systematic literature mapping.*

Resumo. *As consequências das mudanças climáticas afetam desde o bem-estar das pessoas até a sustentabilidade dos negócios. A educação é um meio para mitigar as ações antrópicas que causam as mudanças climáticas, seja pela conscientização ambiental ou pela compreensão dos impactos dos fatores climáticos nos processos sociais, químicos, biológicos, geográficos, etc. Existem algumas abordagens educacionais tais como, Educação Ambiental (EA), Climate Change Education (CCE) e Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS), que se preocupam em tratar das mudanças climáticas no processo de ensino e aprendizagem, porém não especificam os meios práticos que podem ser usados pelos educadores. Este trabalho apresenta então um levantamento das práticas, ferramentas e tecnologias digitais usadas no ambiente educacional para tratar das causas e efeitos das mudanças climáticas, resultante de um mapeamento sistemático da literatura.*

1. Introdução

As mudanças climáticas são temas centrais dos debates globais. Educadores, cientistas e formuladores de políticas ainda possuem uma percepção limitada do que deve ser discutido sobre as mudanças climáticas em associação à educação [Mochizuki e Bryan 2015]. Diversos métodos estão sendo utilizados no combate às mudanças climáticas [IPCC 2019; ONU 2020]. A educação é vista como um dos métodos que podem auxiliar no processo de aprendizado sobre as causas e ameaças das mudanças climáticas [Cherry 2011; Sharma 2012]. As mudanças climáticas estão associadas aos fatores de tempo e clima. O tempo é o estado momentâneo da atmosfera, já o clima, é o estado médio da

atmosfera que é medido por intermédio dos eventos temporais por um longo período [Reboita et al. 2012]. Conforme o IPCC (2007), mudança climática é uma variação em longo prazo estatisticamente significante em um parâmetro climático (como temperatura, precipitação ou ventos) médio ou na sua variabilidade, durante um período de tempo extenso. A mudança climática pode ser causada por processos naturais da própria Terra ou por forças externas, incluindo variações na intensidade da luz solar, ou ainda pela ação antrópica (causada pelo homem). Entre as consequências mais conhecidas das mudanças climáticas estão o aquecimento global, a desertificação, e a elevação da temperatura da água do mar.

Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos é um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 13) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) [Pinho e Granziera 2019]. Para alcançar este objetivo, uma das metas consiste em melhorar a educação, elevar a conscientização e o conhecimento das pessoas e instituições sobre mitigação, adaptação, redução dos efeitos e alerta prévio das mudanças climáticas [ONU 2020].

A mudança climática é um conteúdo complexo, com ligações socioecológicas relevantes. Competências para resolução de problemas e tomada de decisão são vitais em vários níveis, desde a comunidade científica até o cidadão. Para decidir sobre questões climáticas, é necessário conhecer as causas que as motivam e a contribuição das ações diárias que afetam o problema. Avaliações das causas e efeitos das alterações no clima necessitam de abordagens inovadoras [Visintainer e Linn 2015]. À medida que as mudanças climáticas tornam-se cada vez mais presentes no dia-a-dia e demandam por soluções inovadoras também na área de educação, ferramentas e abordagens pedagógicas mais eficazes envolvendo o processo de ensino-aprendizagem estão sendo criadas e estudadas [Puttick e Tucker-Raymond 2018]. Os novos conhecimentos e competências exigirão um tratamento educacional plurifacetado direcionado para pessoas de qualquer idade, com respostas mais explícitas, incluindo alunos de todos os níveis do sistema educacional [Mochizuki e Bryan 2015].

Diante deste contexto, neste trabalho são expostos a sistemática e os resultados de um mapeamento da literatura para identificação das práticas, ferramentas e tecnologias digitais usadas no ambiente educacional usadas para melhorar a conscientização e compreensão das causas e consequências das mudanças climáticas. O artigo é organizado em cinco seções, a começar desta introdução. A Seção 2 retrata os pontos principais do protocolo de pesquisa e como o mapeamento foi executado. Em seguida, na Seção 3, os resultados do estudo são expostos. Na Seção 4, é realizada a discussão dos resultados. Por fim, na Seção 5 são feitas as considerações finais.

2. Mapeamento Sistemático da Literatura

O mapeamento conduzido foi elaborado com base no método proposto por Petersen et al. (2008), ao passo que, há quatro estágios fundamentais a serem seguidos: (i) definição do escopo da pesquisa, (ii) busca de estudos primários relevantes, (iii) extração de dados, e (iv) análise e síntese dos estudos.

2.1. Definição do Escopo do Mapeamento

Neste estágio, foi executado o planejamento do mapeamento sistemático, por meio de um protocolo (Tabela 1) contendo a estratégia para a busca e uma questão de pesquisa (*Research Question* – RQ) com o objetivo de guiar o processo.

Tabela 1: Protocolo para o Mapeamento Sistemático da Literatura

Questão de Pesquisa: Quais as práticas, ferramentas e tecnologias digitais usados nas abordagens educacionais voltadas para conscientização e entendimento das mudanças climáticas?	
Estratégia de Busca	
Bases de Dados Científicas	**Equipe Executora**
IEEE Xplore Digital Library; Springer Link; ACM Digital Library; Scopus; Scielo; SAGE journals; Holos.	**1.** Estudante de pós-graduação; **2.** Professor orientador.
Anos de Publicação	2014 a 2019
Keywords	**Palavras-chave**
"action learning", "action-based learning", "active learning", "climate change education", "empathy-based learning", "environmental education", "reflection learning"	"aprendizado de ação", "aprendizado de reflexão", "aprendizagem ativa", "aprendizagem baseada em ação", "aprendizagem baseada em empatia", "educação ambiental", "educação sobre mudanças climáticas"
Método de Execução da Busca	
1) Pesquisar nas bases de dados através da string de busca; 2) Analisar os títulos e resumos dos estudos primários retornados nas buscas e selecionar aqueles que atendem os critérios de exclusão; 3) Analisar o corpo do texto dos estudos selecionados e aplicar os critérios de qualidade para identificar os aceitos e rejeitados no contexto do mapeamento sistemático da literatura.	

2.2. Busca por Estudos Primários

Neste estágio, foi executada a busca nas bases de pesquisa para obter os estudos. Os resultados da busca visando responder a RQ são caracterizados como Estudos Primários (EP) [Magalhães et al. 2013].O desenvolvimento da *string* consistiu na utilização das palavras-chave nos idiomas português e inglês, segundo a RQ, com os conectores lógicos OR e AND (Tabela 2). Após a execução da *string*, retornaram 192 EP.

Tabela 2: String de Busca da Pesquisa

("climate change education" OR "environmental education") AND ("action learning" OR "action-based learning" OR "active learning" OR "empathy-based learning" OR "reflection learning")	*("educação sobre mudanças climáticas" OR "educação ambiental") AND ("aprendizado de ação" OR "aprendizagem baseada em ação" OR "aprendizagem ativa" OR "aprendizagem baseada em empatia" OR "aprendizado de reflexão")*

2.3. Extração de Dados

Neste estágio, buscou-se adquirir informações dos EP encontrados, utilizando os critérios de exclusão: EP escrito em outra língua que não a inglesa e portuguesa; EP não relacionado ao tema da pesquisa; EP repetido; e EP que não seja artigo completo, tais como: resumo, palestra, apresentação, entre outros. Dessa forma, foi possível adquirir os trabalhos que mais se alinhavam ao objetivo proposto no mapeamento sistemático.

Primeiramente, foi feita uma leitura e apreciação do título e resumo dos EP, originados do estágio anterior, e então aplicados os critérios de exclusão escolhidos. A seguir, é apresentado o quantitativo dos EP selecionados nessa etapa, por base de pesquisa e por ano de publicação (Tabela 3).

Tabela 3: Quantidade de EP selecionados na etapa de Extração de Dados

Base de Busca	Quantidade de EP		Ano de Publicação	Quantidade de EP
IEEE Xplore	14		2014	03
Springer Link	13		2015	17
ACM Digital Library	02		2016	09
Scopus	10		2017	06
Scielo	01		2018	08
SAGE journals	07		2019	05
Holos	01		**Total**	**48**
Total	**48**			

2.4. Análise e Síntese

Nesta etapa, foram determinados e aplicados critérios qualitativos (CQ) (Tabela 4) que nortearam o estudo qualitativo dos EP.

Tabela 4: Avaliação da Qualidade

Critérios de Qualidade
• CQ1. EP relaciona tempo e clima em algum processo de ensino-aprendizagem?
• CQ2. EP apresenta de forma apropriada os métodos usados para coleta de dados?
• CQ3. EP responde à problemática proposta nesta pesquisa?
• CQ4. EP trata de utilização de tecnologias digitais em problemas de mudanças climáticas no processo de ensino-aprendizagem?
• CQ5. EP apresenta abordagens pedagógicas relacionadas a mudanças climáticas de modo interdisciplinar no processo de ensino-aprendizagem?

Para cada EP, iniciou-se a etapa de leitura e avaliação, através da qual se buscou descobrir quais realmente tinham relações com a questão de pesquisa, com base nos CQ. Para todo CQ, foi estabelecida a condição de Atende (AT) e Não Atende (NA). Também, foi aplicado um Índice de Aceitação (IA) do EP, onde zero para os que não atendiam a nenhuma AT, e cinco para os que atendiam a todos os CQ com condição AT. Os EP resultantes com IA igual ou maior a três foram classificados como Artigos Aceitos (AA), o restante como Artigos Rejeitados (AR). Na Tabela 5, é exposta a identificação dos EP avaliados, com um identificador (ID), referência e situação de cada CQ. As referências completas dos EP estão disponíveis no link: https://bit.ly/2N7k1mL.

Tabela 5: Avaliação qualitativa dos EP

ID	Referência	CQ1	CQ2	CQ3	CQ4	CQ5	IA	Resultado
01	[Angel et al. 2015]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
02	[Teijón et al. 2018]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
03	[Silva et al. 2016]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
04	[Prasad e Mogla 2016]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
05	[Wyrwa 2018]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
06	[Santos et al. 2016]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
07	[Baideme et al. 2014]	NA	AT	NA	NA	AT	2	AR
08	[Lascano et al. 2015]	NA	AT	NA	NA	AT	2	AR
09	[Yamazaki et al. 2014]	NA	AT	NA	NA	AT	2	AR
10	[Typhina 2015]	NA	AT	NA	AT	NA	2	AR
11	[Christensen e Knezek 2016]	AT	AT	NA	NA	AT	3	AA
12	[Aziz et al. 2018]	NA	AT	NA	NA	AT	2	AR
13	[Gomes et al. 2016]	NA	AT	NA	NA	NA	1	AR
14	[Cruz 2015]	NA	NA	NA	NA	NA	0	AR
15	[Chan 2015]	AT	NA	AT	NA	AT	3	AA
16	[Abdullah 2016]	AT	NA	AT	NA	AT	3	AA
17	[Ferreira et al. 2016]	NA	AT	NA	AT	NA	2	AR

18	[Boakye 2015]	AT	AT	AT	NA	NA	3	AA
19	[Bieler et al. 2017]	AT	AT	AT	NA	NA	3	AA
20	[Han 2015]	AT	NA	NA	NA	NA	1	AR
21	[Sung 2015]	NA	NA	NA	NA	NA	0	AR
22	[Læssøe e Mochizuki 2015]	NA	AT	NA	NA	NA	1	AR
23	[Mochizuki e Bryan 2015]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
24	[Trajber e Mochizuki 2015]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
25	[Moço et al. 2016]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
26	[Jovanovic et al. 2016]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
27	[Lusk et al. 2017]	NA	AT	AT	NA	NA	2	AR
28	[Sarıkaya e Saraç 2018]	AT	AT	NA	NA	NA	2	AR
29	[Schmitt-Harsh e Harsh 2017]	NA	AT	NA	NA	NA	1	AR
30	[Gold et al. 2015]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
31	[Foss e Ko 2019]	AT	AT	NA	NA	NA	2	AR
32	[Clark e Zeegers 2015]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
33	[Tabuenca et al. 2019]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
34	[Camasso e Jagannathan 2018]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
35	[Morrison 2018]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
36	[Landrum et al. 2017]	NA	AT	NA	NA	NA	1	AR
37	[Carey e Gougis 2017]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
38	[Rojas et al. 2015]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
39	[Cole 2019]	NA	AT	NA	NA	NA	1	AR
40	[Bodzin e Fu 2014]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
41	[Visintainer e Linn 2015]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
42	[Mandrikas et al. 2017]	AT	AT	AT	NA	AT	4	AA
43	[Lin et al. 2019]	NA	AT	NA	NA	NA	1	AR
44	[Karahan e Roehrig 2015]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
45	[Fokides e Chachlaki 2019]	NA	AT	NA	NA	NA	1	AR
46	[Puttick e Tucker-Raymond 2018]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
47	[Bush et al. 2018]	AT	AT	AT	AT	AT	5	AA
48	[Belland et al. 2015]	NA	AT	NA	NA	NA	1	AR

3. Resultados

Após a análise qualitativa, 28 EP foram aceitos para o propósito do mapeamento sistemático. Na Tabela 6, é visto um panorama de EP que passaram pelas análises, assim como o percentual conforme EP aceitos e rejeitados.

Tabela 6. Panorama dos EP analisados

Etapa	EP analisados	EP aceitos	EP rejeitados
Extração de Dados	192	48 (25%)	144 (75%)
Análise Qualitativa	48	28 (58,3%)	20 (41,7%)

Na Figura 1, é apresentado um Mapa Mental com a descrição referente às principais temáticas e aos seus respectivos autores na Análise Qualitativa. Um mapa mental é visto como uma técnica que ajuda em processos de organização do pensamento, ou seja, auxilia na hierarquização do pensamento e no melhor entendimento das informações sobre algum conteúdo [Buzzan 2005].

No Mapa Mental, as temáticas dos EP foram agrupadas em: Aplicação – estudos que unicamente expõem a necessidade de introdução do tema de mudanças climáticas nas escolas, sem a descrição de como inserir e avaliar, basicamente enfatiza a importância do tratamento das mudanças climáticas na educação; Jogo – apresentação da temática com estratégias lúdicas para desenvolver uma atmosfera de cooperação e

motivação para entendimento sobre as mudanças do clima, propiciando uma relação dinâmica e interativa no processo de aprendizagem; Capacitação – unidade de ensino com o objetivo de obter e/ou melhorar o conhecimento sobre mudanças climáticas; e Software educacional – programa de computador que tem por objetivo atender as necessidades e pretensões pedagógicas sobre a conscientização ambiental e entendimento das causas e consequências das mudanças do clima.

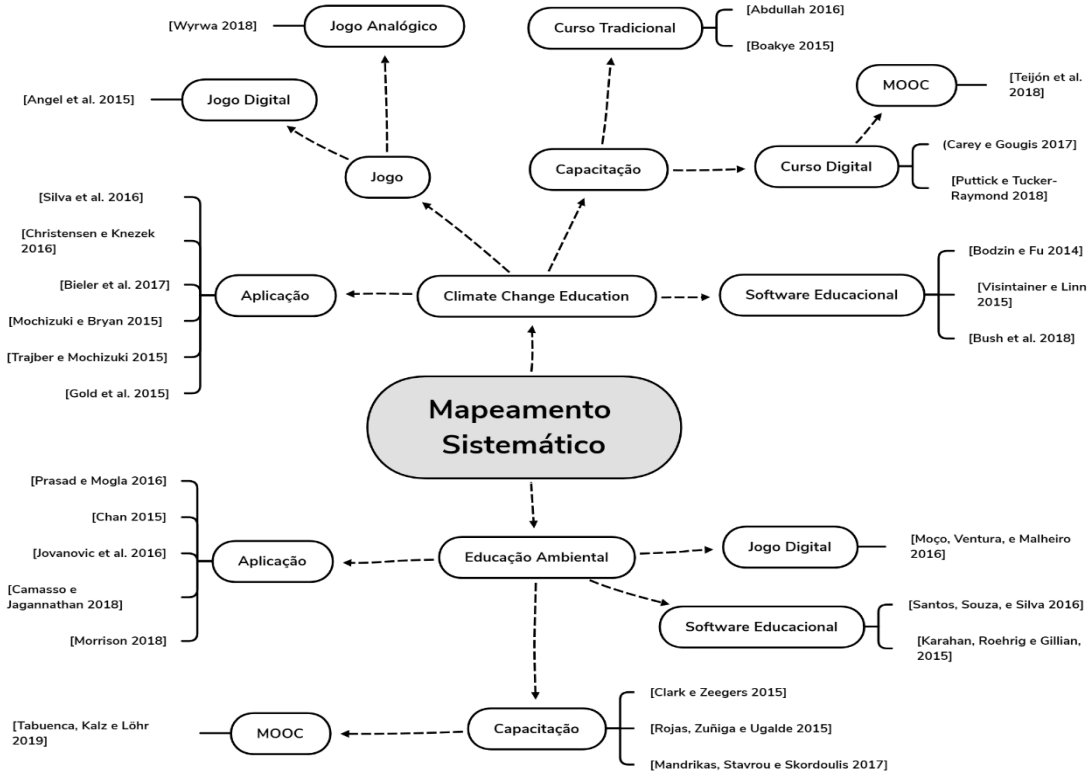

Figura 1. Mapa Mental com as temáticas e seus respectivos autores

Foram também analisadas as principais contribuições e temáticas abordadas nos EP que foram considerados aprovados. A Tabela 7 consolida-os com uma síntese.

Tabela 7. Tabela dos EP analisados pelos critérios qualitativos

ID	Síntese da Contribuição
01	Discutido sobre os fundamentos teóricos de um jogo sério que visa facilitar o entendimento e a ação sobre as mudanças climáticas locais. O jogo abrange arte, ciência e tecnologia para comunicar uma visão sobre os desafios e soluções para o combate às mudanças climáticas.
02	Descreve um curso para explicar as causas das mudanças climáticas. O curso é um MOOC (*Massive Online Open Course*) para professores do ensino fundamental e médio. Com o conhecimento adquirido, é possível contribuir na preparação das jovens gerações para mobilizar a sociedade diante do problema de mudanças climáticas.
03	Busca analisar como a interdisciplinaridade na educação, utilizando a CCE, podem facilitar a construção de processos de mitigação e adaptação para as mudanças climáticas.
04	Utiliza EA como abordagem, sugerindo a formulação de uma política educacional inovadora, com o objetivo de desenvolver conscientização. Sugere formas multidisciplinares de ensino através da educação ao ar livre e experimental.
05	Apresenta um jogo para familiarizar alunos com estratégias para diminuir os efeitos das mudanças climáticas. A principal ferramenta usada no jogo é um formulário de papel, que constitui um *scaffolding*[*] que fornece o material de aprendizagem de suporte.

[*]"*Scaffolding*" (andaimes) visa designar ações sustentadas por adultos em que crianças podem expandir as suas habilidades e conhecimentos a pontos mais elevados de capacidade e saber [Vasconcelos 1999].

06	Proposta de aplicativo voltado à educação e a preservação ambiental em comunidades urbanas. Visa promover os objetivos da EA, conforme a Declaração de Tbilisi [Unesco 1978].
11	Demonstra mudanças anteriores e posteriores à aplicação de atividades práticas sobre a energia e clima. Executado no ensino médio de 04 escolas de 03 Estados dos EUA, orientando a solução de problemas reais sobre mudanças climáticas e nas intenções dos alunos de agir para diminuir o ritmo das mudanças climáticas.
15	Utilizando aprendizado ativo com alunos trabalhando em grupos para coletar informações, fazer uma análise e identificar os vínculos entre o padrão de intensidade das chuvas ao longo dos anos com deslizamentos de terra localizados e inundações.
16	Abordagem no ensino-aprendizado de um curso de graduação superior, com conteúdo multidisciplinar com atualidades sobre questões verdes, mudanças climáticas e sociais.
18	Sugere alterações nos currículos de ensino em Gana, relacionando o conhecimento adquirido sobre a educação em mudanças climáticas. Dessa forma, sendo possível a promoção de uma educação eficaz sobre as mudanças climáticas no país.
19	Analisa o envolvimento com o planejamento e aplicação de CCE do Canadá. Compara 13 planos de ação climática e 90 documentos educacionais. Sugere ajustes no ensino do país para se adequar às tendências internacionais de CCE.
23	Destaca o papel crítico que a educação pode e deve desempenhar para tratar sobre o tema e como obter respostas às mudanças climáticas em toda a sua complexidade. Fornece justificativas para o motivo pelo qual a CCE deve ser abordada.
24	Mapeia e explica políticas, estratégias e iniciativas do Brasil relacionadas à CCE, no contexto geral de EA e EDS.
25	Aborda a possibilidade de um jogo pedagógico guiar o aluno/jovem/cidadão a pensar, a levantar hipóteses e a consolidar o seu conhecimento conscientizando-se de que todos são parte do problema envolvendo mudanças climáticas e, em simultâneo, possíveis soluções.
26	Analisa tendências relacionadas a EA no ensino de geografia e determina a correlação entre os elementos do processo de ensino, tais como: presença de tópicos ambientais no ensino de geografia, avaliação do conhecimento dos alunos e atitudes dos professores sobre a importância do tema de mudanças climáticas.
30	Relata a elaboração e os resultados do programa de aprendizado ativo de videografia *da Lens on Climate Change* que visava aumentar a conscientização e a compreensão dos alunos sobre como as mudanças climáticas afetam suas vidas.
32	Proposta de um curso focado em aumentar a conscientização dos alunos de pós-graduação sobre sustentabilidade ambiental, de uma perspectiva de pensamento sistêmico com a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).
33	Implementa um MOOC como uma ferramenta massiva, focada na ação, para explorar e disseminar maneiras de enfrentar o problema global do lixo marinho de uma perspectiva educacional, através de um aprendizado orientado à ação.
34	Apresenta resultados do programa *Nurture thru Nature* (NtN), uma ação em escolas primárias nas disciplinas de ciências naturais e EA, projetada para ajudar crianças socialmente vulneráveis a aumentar o conhecimento sobre preservação ambiental e fortalecer o desempenho acadêmico geral.
35	Relata as descobertas de um estudo qualitativo de conversas em grupo sobre EA com professores. Assim, foi visto que os participantes compartilharam seus conhecimentos informando os alunos sobre questões ambientais e políticas sociais, mostrando que a EA não é uma área de conteúdo especializada e singular, mas um campo interdisciplinar, integral às experiências cotidianas de aprendizagem.
37	Examina ganhos de aprendizagem resultantes de um curso (*Lake Modeling* da EDDIE) para estudantes de biologia e estudantes de ciências, utilizando ferramentas de modelagem. Os resultados sugerem que a modelagem é uma ferramenta poderosa para estimular o aprendizado dos alunos sobre os efeitos das mudanças climáticas.
38	Propõe um programa educacional global para os níveis de ensino fundamental e médio. Objetiva desenvolver o pensamento científico e o interesse pela ciência em estudantes através da pesquisa em hidrologia permitindo relacionar a ciência com questões ambientais.
40	Curso sobre mudanças climáticas para estudantes de ensino fundamental, integrando a tecnologia geoespacial Google Earth e outras atividades de aprendizado baseadas na Web para apoiar o entendimento dos alunos.
41	Relata o impacto de tecnologia para melhorar a compreensão das mudanças climáticas. Implementa um ambiente de investigação na Web (WISE), usando modelos NetLogo (ambiente de modelagem programável para simular fenômenos naturais e sociais) com

	crianças do ensino fundamental. Os resultados mostram que a compreensão do efeito estufa pelos alunos oferece uma base para a construção de conexões entre o uso diário de energia e o aumento da temperatura global.
42	Curso com contexto científico autêntico, ou seja, dados meteorológicos atualizados diariamente sobre problemas ambientais com fenômenos meteorológicos, para professores do ensino fundamental. Composto por uma sequência de ensino-aprendizagem sobre poluição do ar, a contribuição do vento e da topografia na concentração de poluentes do ar.
44	Construção de artefatos multimídia por alunos, com redes sociais (rede social Ning) para fins de EA. O estudo indicou o aprimoramento da consciência ambiental dos alunos e a necessidade percebida de ativismo foi elevada em diferentes escalas.
46	Curso para meninas do ensino médio, focado no uso do ambiente de programação visual Scratch, para projetar jogos para ensinar outras pessoas sobre mudanças climáticas.
47	Comparou o uso educacional de um modelo climático global (em inglês, global climate model-GCM) da National Aeronautics and Space Administration (NASA) com outras tecnologias de educação climática desenvolvidas para uso em sala de aula que incluíam interfaces e processos mais simples. Assim, foi visto como essas tecnologias de educação climática afetam a evolução do entendimento de alunos sobre Mudanças Climáticas Antropogênicas Globais (MCAG), através de aprendizagem baseada em modelos.

4. Discussões

A partir dos resultados obtidos no mapeamento sistemático da literatura, foi possível identificar quais as estratégias educacionais mais utilizadas para a compreensão das causas e impactos das mudanças climáticas. As abordagens pedagógicas *Climate Change Education* (CCE) e Educação Ambiental (EA) foram as mais citadas e utilizadas nos estudos analisados. A CCE é uma metodologia que objetiva melhorar o entendimento da dinâmica entre as ações antrópicas e as mudanças do clima, proporcionando a conscientização sobre a importância da realização dos meios de mitigar e adaptar os seus efeitos [Læssøe et al. 2009; Bangay e Blun 2010]. A EA é uma forma interdisciplinar e dinâmica de educação, com foco no meio ambiente e nos sistemas ecológicos, abrangendo o estudo de mudanças nos sistemas terrestres e ambientais no decorrer do tempo [Prasad e Mogla 2016].

Na observação dos resultados do mapeamento sistemático, como resposta à questão de pesquisa formulada, temos que: 16 EP tratam sobre CCE e 12 EP tratam de EA. Com relação aos EP de CCE: 5 EP tratam de capacitações como habilitadores do aprendizado da temática, 3 EP relacionam softwares educacionais à abordagem, 2 EP expõem jogos (analógicos ou digitais) em seus relatos, e 6 EP tratam de questões sobre os efeitos do uso de CCE na escola. Com relação aos EP de EA: 4 EP versam sobre capacitações (cursos) sobre o tema, 2 EP relacionam softwares educacionais ao conteúdo, 1 EP envolve jogos (analógicos ou digitais) sobre a temática e 5 EP colocam questões sobre os efeitos da aplicação de EA no meio escolar.

A reduzida quantidade de EP que relacionam mudanças climáticas a softwares educacionais pode ser vista como uma oportunidade para desenvolvimento de pesquisas que resultem em softwares específicos para introdução das mudanças climáticas nas múltiplas disciplinas escolares. Uma das propensões que mais se evidenciaram entre as pesquisas identificadas é a utilização de capacitações (cursos) tratando da temática, elas podem ser consideradas como uma forma de aliar elementos da abordagem fora da sala de aula possibilitando associar conhecimentos essenciais para obter uma percepção integrada, ajudando os alunos a desenvolver um entendimento dos principais mecanismos associados às mudanças do clima. Há várias propostas que fomentam o uso de estratégias educacionais mostrando diagnósticos, políticas e projetos no ensino-

aprendizado em mudanças climáticas. Finalmente, a reduzida quantidade de jogos digitais como ferramentas para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem envolvendo as mudanças climáticas configura-se outra oportunidade de investigação.

Observou-se que mesmo havendo publicações envolvendo diversos tipos de tecnologias digitais, não foi encontrado estudo sobre a transformação digital na educação tendo como entrada o tratamento das mudanças climáticas. A Transformação Digital pode ser considerada um processo de aculturação pelo qual indivíduos, times e organizações são levados a mudar paulatinamente de comportamentos e estruturas analógicos para plataformas digitais [Meira e Neves 2019]. Portanto, observa-se que existe uma área promissora a ser explorada, na forma de abordagem pedagógica, ocorrendo através da adaptação de professores e alunos na aplicação de tecnologias digitais no cotidiano das atividades escolares, pela utilização de tecnologias digitais no ambiente social ou pela adequação de tecnologias acessíveis do mercado de trabalho. A transformação digital possui a capacidade de alterar o ambiente em que ela for colocada em prática, alterando até mesmo o cotidiano das pessoas envolvidas.

5. Conclusão

Neste artigo, foram apresentados e discutidos a sistemática e os resultados de um mapeamento da literatura, conduzido com o objetivo de identificar as práticas, ferramentas e tecnologias digitais usadas nas abordagens educacionais direcionadas a introduzir a temática de mudanças climáticas no processo de ensino-aprendizagem. As abordagens *Climate Change Education* (CCE) e Educação Ambiental (EA) foram as que fundamentaram a maior parte dos estudos analisados e são geralmente utilizados os seguintes meios práticos no processo de ensino-aprendizagem: capacitações específicas (cursos), jogos (analógicos e digitais), softwares educacionais e exposição do tema.

Apesar de vários estudos relatarem o uso de tecnologia digital como habilitador para introdução das mudanças climáticas na educação, não foi encontrado qualquer relato sobre a aplicação do paradigma de transformação digital na educação para esse propósito. Portanto, constitui-se uma oportunidade de pesquisa o desenvolvimento de uma abordagem de transformação digital aplicada ao processo de ensino-aprendizagem para tratar a multidisciplinaridade das mudanças climáticas, considerando os conceitos, princípios e boas práticas das abordagens educacionais como CCE e EA e o uso das tecnologias digitais, visando incorporar nos estudantes a mudança comportamental por meio da conscientização e compreensão das causas e impactos das mudanças climáticas.

Referências

Bangay, C. and Blum, N. (2010). "Education responses to climate change and quality: Two parts of the same agenda?". International Journal of Educational Development, 30(4), 359-368.

Buzzan, T. (2005). "Mapas Mentais e sua elaboração: um sistema definitivo de pensamento que transforma a sua vida". São Paulo: Cultrix.

Cherry, L. (2011). Young voices on climate change: The Paul F-Brandwein 2010 NSTA lecture. Journal of Science Education and Technology, 20(2), 208-213.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC (2019). Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial*. IPCC, Geneva, Switzerland.

Læssøe, J., Schnack, K., Breiting, S., Rolls, S., Feinstein, N. and Goh, K. C. (2009). "Climate change and sustainable development: The response from education. A cross-national report from international alliance of leading education institutes". The Danish School of Education, Aarhus University.

Magalhães, C. V., Santos, R. E., Silva, F. Q. and Gomes, A. S. (2013). Caracterizando a pesquisa em informática na educação no Brasil: um mapeamento sistemático das publicações do SBIE. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* (Vol. 24, No. 1, p. 22).

Meira, S. and Neves, A. (2019) "Strateegia – framework de transformação digital". The Digital Strategy Company, https://www.tds.com.pe/framework/, Fevereiro.

Mochizuki, Y. and Bryan, A. (2015). Climate change education in the context of education for sustainable development: Rationale and principles. Journal of Education for Sustainable Development, 9(1), 4-26.

ONU. (2020). "Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos". https://nacoesunidas.org/pos2015/ods13/, Fevereiro.

Petersen, K.; Feldt, R.; Mujtaba, S.; Mattsson, M. (2008) Systematic Mapping Studies in Software Engineering. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE). University of Bari, Italy.

Pinho, R. M. L. and Granziera, M. L. M. (2019). "Efeitos das Mudanças Climáticas na Zona Costeira: O Caso de Santos". Leopoldianum, 45(125), 12.

Prasad, A. and Mogla, R. (2016). Environmental education: Component of sustainable development. In 2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC) (pp. 1-4). IEEE.

Puttick, G. and Tucker-Raymond, E. (2018). Building systems from scratch: An exploratory study of students learning about climate change. Journal of Science Education and Technology, 27(4), 306-321.

Reboita, M. S., Krusche, N., Ambrizzi, T. and Rocha, R. P. D. (2012). Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. RI FURG.

Sharma, A. (2012). Global climate change: What has science education got to do with it?. Science & Education, 21(1), 33-53.

UNESCO. (1978). *Tblisi Conference Recommendations.* Connect, 3(1).

Vasconcelos, T. (1999). "Encontrar as formas de ajuda necessária: O conceito de" scaffolding" (pôr, colocar andaimes), a sua aplicação em educação pré-escolar". Revista Inovação, 12(2), 7-24.

Visintainer, T. and Linn, M. (2015). Sixth-grade students' progress in understanding the mechanisms of global climate change. Journal of Science Education and Technology, 24(2-3), 287-310.