

## REFLEXÕES SOBRE A NATUREZA COMPLEXA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO PROCESSO EDUCATIVO

Luciane Cortiano Liotti <sup>1</sup>

### Ações antrópicas sobre o meio ambiente

#### *Resumo*

Um dos desafios da educação ambiental para o século XXI é a inserção da temática das mudanças climáticas no processo educativo. Nesse sentido o objetivo desta pesquisa é o de apresentar e discutir alguns aspectos históricos e epistemológicos sobre as Mudanças Climáticas, a fim de contribuir para uma reflexão acerca da complexidade desse tema e sua inserção no processo educativo. Utilizou-se a metodologia qualitativa de natureza interpretativa no formato de revisão documental, afim de levantar as experiências dos docentes relatadas em periódicos brasileiros, em Teses e Dissertações no período de 2000 a 2020. A partir dos resultados, é possível afirmar que a natureza complexa do fenômeno climático favorece o surgimento de controvérsias científicas, o que proporciona aos professores da Educação Básica a oportunidade da inclusão de temas com essa característica de forma a contribuir tanto para a desmistificação da visão linear e neutra da Ciência, quanto na formação de sujeitos protagonistas frente aos problemas socioambientais.

Palavras-chave: Educação Básica; Educação Ambiental Formal; Controvérsia Científica

## INTRODUÇÃO

Diante da crescente vulnerabilidade do Planeta em que habitamos, as diferentes situações de degradação socioambiental<sup>2</sup> historicamente acumuladas sobretudo, durante a segunda metade do século XX, tornaram-se motivo de uma preocupação significativa para

<sup>1</sup> Professora da Rede Pública Estadual (SEED/Paraná), Licenciada em Ciências Biológicas (UFPR), Especialista em Gerenciamento Ambiental na Indústria. (UFPR), Mestre em Educação (UFPR) e Doutora em Educação Ambiental (UFPR). E.mail: lcliotti@gmail.com.

<sup>2</sup> Socioambiental: Refere-se aos problemas e processos sociais, tendo em conta sua relação com o meio ambiente: desenvolvimento socioambiental. [Por Extensão] Relação da sociedade com o meio ambiente.[Por Extensão] Responsabilidade dos indivíduos por suas ações que afetam o ambiente (Dicionário Online de Português. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/socioambiental/>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

as sociedades contemporâneas. Dentre as temáticas educacionais que estão na agenda da educação ambiental para o século XXI, a temática das mudanças climáticas é certamente uma das mais importante<sup>3</sup>.

Meira-Carrea (2002) expõem que as recentes pesquisas sobre a "saúde do planeta", realizadas por especialistas no mundo inteiro, apontam como principal fator do agravamento dos problemas socioambientais a atividade humana, afirmando que:

[...] os desequilíbrios no clima são atribuídos a um aumento progressivo e anômalo da temperatura média global, cuja principal causa é, de acordo com todas as indicações, atribuída a emissão antropogênica dos chamados gases de efeito estufa (GEE), resultante do uso massivo de combustíveis fósseis que tem provocado mudanças nos ciclos atmosféricos (MEIRA-CARTEA, 2002, p.02.).

Observa-se que essas intervenções antrópicas, em sua maioria tem interferido efetivamente na autorregulação dos ecossistemas, apresentando-se como uma *'crise socioambiental climática'* de alta complexidade e de relevante interesse público porque "atravessa inevitavelmente todas as demais agendas políticas, econômicas, sociais e culturais que conformam o desenvolvimento e a gestão das sociedades contemporâneas" e *'multidisciplinar'*, pois implica em riscos sociais globais que abrange "diversas áreas estratégicas da vida humana como oferta de água e energia, segurança alimentar, saúde pública, sustentabilidade urbana, migrações, etc", afetando em especial, as populações mais vulneráveis socialmente (LIMA; LAYRARGUES, 2014, p. 74-75).

Watanabe-Caramello (2012) afirmam que há duas características que sugerem as incertezas que circundam os fenômenos climáticos e seu caráter complexo. Uma relacionada com as interações entre os diferentes fenômenos naturais responsáveis por estas mudanças, os quais atribuem às mudanças climáticas as características de não linearidade, instabilidade, irreversibilidade e imprevisibilidade. E uma segunda característica relacionada à complexidade dada pela forma de interação entre o homem e o ambiente natural.

Nessa perspectiva o presente artigo se organiza como um ensaio que discute a

---

<sup>3</sup> Recentemente a ONU lançou a Agenda 2030 que especifica 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável, entre os quais está o combate às mudanças climáticas <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 15 jun..2020.

complexidade inerente às mudanças climáticas, apresenta alguns aspectos histórico, epistemológicos sobre as Mudanças Climáticas, ao mesmo tempo em que, apresenta experiências de docentes, a fim de contribuir para uma reflexão voltada para a natureza da complexidade desse tema e sua inserção no processo educativo<sup>4</sup>.

## COMPLEXIDADE E CONTROVÉRSIAS SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA

### MUDANÇA CLIMÁTICA UM TEMA COMPLEXO

Diante da organização sistêmica do Planeta que é intensa e instável, e considerando sua dinamicidade muitas vezes em resposta às causas naturais em suas múltiplas escalas de tempo e espaço, é que permeiam as questões de complexidade e incertezas sobre a crise socioambiental instalada, principalmente as que envolvem a temática das mudanças climáticas.

Morin (2005, p. 69) define que uma realidade complexa diz respeito “[...] à incapacidade de ter certeza de tudo, de formular uma lei, de conceber uma ordem absoluta”. Para o autor, reconhecer uma realidade complexa significa “[...] compreender que jamais poderemos escapar da incerteza, e que jamais poderemos ter um saber total, apresentando assim maneiras diversificadas de se compreender a realidade”.

A visão complexa da realidade apresenta-se como uma nova maneira de compreensão das organizações sistêmicas, que se contrapõem às análises que propõem uma descrição determinista dos fenômenos, possibilitando ao ser humano a superação de visões simplificadas de determinadas situações, colocando-o diante da complexidade do mundo real. Segundo Morin (2005, p. 35):

[...] a complexidade coincide com uma parte de incerteza, seja proveniente dos limites de nosso entendimento, seja inscrita nos fenômenos. Mas a complexidade não se reduz a incerteza, é a incerteza no seio de sistemas ricamente organizados. Ela diz respeito a sistemas semi-aleatórios cuja ordem é inseparável dos casos que os concernem. A complexidade está, pois, ligada a certa mistura de ordem e

---

<sup>4</sup> Processo Educativo: Processo Educativo: Por saber que o processo educativo envolve os métodos e materiais educacionais relacionados com a escolarização em todos os seus aspectos teóricos e práticos, como os que abrangem o processo de aprendizagem, os métodos de ensino, o sistema de avaliação da aprendizagem e o sistema educacional, esclarecemos o uso desse conceito nessa Tese para pensar a organização curricular do Ensino Médio e o reconhecimento do papel do livro didático no cenário educativo.

de desordem, mistura íntima, ao contrário da ordem/desordem estatística, onde a ordem (pobre e estatística) reina no nível das grandes populações e a desordem (pobre, porque pura indeterminação) reina no nível das unidades elementares.

Logo, o pensamento complexo nos conduz a um maior entendimento sobre a complexidade dos problemas socioambientais, contribuindo no enfrentamento das incertezas que envolvem os fenômenos climáticos, pressupondo o entendimento do real em sua totalidade. A visão de complexidade proposta Morin (2005), nos ajuda a compreender que mesmo o Planeta sendo considerado um sistema integrado entre seus componentes, existem diferentes níveis de organização, que mesmo estando amplamente conectados, as interações decorrentes desse sistema podem ocorrer em espaços e tempos distintos, interferindo no sistema global, mas de modo diferenciado.

Já Prigogine e Stengers (1984) ao apresentarem alguns aspectos relacionados à complexidade, principalmente quando se relacionam aos fenômenos físicos, como é o caso das mudanças climáticas, indicam que as análises pautadas unicamente por uma visão determinista de Ciência limitam a compreensão de uma visão mais ampla sobre a natureza. Afirmam que a complexidade desse fenômeno está diretamente relacionados com os processos de instabilidade, irreversibilidade e probabilidade, o que significa dizer que o Sistema Climático é um sistema longe do equilíbrio, fato que propiciou a existência dos mais diferenciados tipos de ambientes e conseqüentemente foi o que possibilitou a diversidade de vida no Planeta (PRIGOGINE; STENGERS, 1984).

Em vista disso, e segundo os autores referenciados, torna-se tarefa difícil evitar o surgimento de controvérsias, contradições e pensamentos divergentes sobre os fenômenos climáticos, visto que construímos relações sobre um mundo instável, imprevisível e probabilístico.

Diante do exposto, não nos restam dúvidas quanto à complexidade do tema mudança climática e sua relação intrínseca com os movimentos naturais do Planeta, visto que a complexidade pressupõe o entendimento do real em sua totalidade.

## **CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA**

As discussões acerca das controvérsias e incertezas científicas sobre o fenômeno das mudanças climáticas emergem da realidade complexa que envolve o tema, e das diferentes tentativas que foram construídas ao longo do séc. XX para explicar os fatores

que o determinam, sabendo que essas controvérsias não têm origem somente científica, mas são também de cunho político, econômico e social. Silva e Carvalho (2007, p. 08) chamam a atenção para o fato de que:

Além dos aspectos controversos produzidos no âmbito interno da comunidade científica, há também outros externos como, por exemplo, as mudanças econômicas que uma drástica diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> exige. Simplesmente situar de um lado as atividades econômicas baseadas nos combustíveis fósseis como algo que representa a intenção explícita de determinados segmentos sociais de destruir a natureza ou, no outro caso, o esforço altruísta daqueles que lutam pela conservação da natureza, e entregar-se ao quixotismo de querer simplesmente anular a história, leva-nos apenas a encobrir as questões realmente importantes para serem pensadas e discutidas.

Situação apresentada por esses autores indica que dependendo da comunidade, na qual se originam as controvérsias, seja ela social, científica ou política, cada uma produz um discurso diferenciado sobre a temática. Nesse caso, as diferentes hipóteses criadas relativas às causas, consequências e medidas mitigatórias sobre as mudanças climáticas acabam determinando as controvérsias e contradições, na medida em que, buscam localizar diferentes cenários que apresentem explicações sobre o fenômeno climático. Além disso, Ribeiro e Kawamura (2014, p.167) escrevem que:

[...] as controvérsias não são coisas a serem superadas, mas têm um caráter intrínseco, na medida em que são o caminho para explicitar contradições. As contradições, por sua vez, são os elementos que movem as dinâmicas sociais, como expressão de diferentes relações econômicas, objetivos e valores.

À vista disso, é importante destacar que muitas das controvérsias e complexidades sobre o tema das mudanças climáticas, auxiliam-nos na elaboração de um conhecimento científico sobre o tema, além de colaborar para a superação da visão determinista de Ciência, e a partir dela, compreender algumas divergências relacionadas à temática.

Segundo Junges e Manssoni (2018), as principais incertezas e controvérsias sobre as mudanças climáticas e aquecimento global podem ser resumidas em quatro questões: Existe um aquecimento global com a participação antropogênica? Há possibilidade de amenizar esse fenômeno climático? Se a resposta for afirmativa, o que devemos fazer? Qual a temporalidade (velocidade) dos efeitos do aquecimento global sobre a sociedade, o ambiente, o Planeta? Qual a severidade desses efeitos?

Todas essas questões são importantes e profundamente distintas, e nos levam a diferentes posições e controvérsias, as quais propiciaram o surgimento de duas correntes

científicas de autores que tratam das questões referentes às mudanças climáticas globais: a aquecimentistas<sup>5</sup> e a cética. Apesar dos grupos assumirem posições discordantes sobre a existência de um aquecimento global antropogênico no que diz respeito à causa e consequências, ambos concordam que a Terra passou por um aquecimento de cerca de 0,6°C no século XX.

Os cientistas que pertencem ao grupo dos aquecimentistas acreditam que a causa das mudanças climáticas é consequência do aumento do CO<sub>2</sub> na atmosfera, devido à atividade antrópica que impõem um ritmo veloz na intensidade de sua concentração, tendo como previsão o aumento dos impactos ambientais no Planeta nos próximos anos (MARENGO et al., 2011; ARTAXO, 2014).

De acordo com esta perspectiva, pesquisadores como Molion<sup>6</sup> (2008), Molion e Bernardo (2011), Maruyama (2009), Lino (2010) e Oliveira et al. (2017), afirmam que as mudanças climáticas são provocadas, dentre outros fatores, pelos eventos geológicos como o vulcanismo vinculados às atividades solares e orbitais da Terra e à interação superfície-atmosfera, de acordo com intervalos definidos pela mecânica celeste, explicando que as variações do clima são cíclicas devida a oscilações naturais inerentes ao sistema climático terrestre, motivo pelo qual o aquecimento global decorrente de ações antrópicas pode ser questionado.

Cruz et al. (2014) afirmam que a origem das controvérsias científicas que separam os dois grupos, aquecimentistas e céticos, está pautada na discordância da origem do aumento da temperatura da atmosfera terrestre. Enquanto os aquecimentistas anunciam veemente que o aquecimento global é causado pelo aumento do CO<sub>2</sub> na atmosfera por ação antropogênica – IPCC – AR4, AR5 (2007; 2014), os céticos por considerarem a complexidade que envolve o Sistema Climático Terrestre anunciam que a alteração na

---

<sup>5</sup> Felício (2014) utiliza o termo aquecimentista em sinônimo a alarmistas, para representar o grupo de especialistas climáticos que afirmam que as mudanças climáticas referem-se ao aumento de dióxido de carbono na atmosfera da Terra, causado exclusivamente pelas atividades de desenvolvimento humano as quais tem provocado a elevação da temperatura do planeta. Ao grupo que nega essa hipótese e exige evidências de comprovação do fenômeno, são chamados de céticos.

<sup>6</sup> Meteorologista da Universidade Federal de Alagoas Luiz Carlos Molion é representante dos países da América do Sul na Comissão de Climatologia da Organização Meteorológica Mundial (OMM). (Disponível em: < <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2019/05/28/tese-do-aquecimento-global-e-fragil-afirma-meteorologista-luiz-molion>>. Acesso em: 17 jul. 2019.)

temperatura da atmosfera envolve, não somente os decorrentes das alterações na concentração dos GEE, mas sim englobam todos os fatores internos e externos inerentes a esse sistema, não se prendendo a uma única teoria explicativa para o fenômeno.

Contudo, mesmo que os dois grupos de cientistas estejam fundamentados teoricamente, nenhum deles consegue afirmar com alto grau de precisão e certeza o que defendem. A grande dificuldade encontrada pela comunidade científica reside no desafio em estabelecer o limite de até onde o Planeta sofre os efeitos das mudanças climáticas provenientes dos fenômenos naturais, e os efeitos das mudanças antropogênicas, e se isso é realmente possível, pois são muitos os fatores externos e internos envolvidos na complexidade do clima da Terra, tornando praticamente impossíveis previsões precisas para cada região do Planeta (GROTZINGER; JORDAN, 2013; CRUZ et al., 2014).

Entretanto, nesse contexto, é importante reconhecer que os dissensos e controvérsias fazem partes da ciência e torna igualmente razoável reconhecer que o consenso também o é, sendo uma condição necessária para a legitimidade do conhecimento científico, pois toda teoria científica gera episódios de controvérsias e consensos entre os membros da comunidade científica sobre a legitimidade teórica e empírica de determinada teoria antes dela ser aceita. Partindo dessa consideração, Junges e Massoni (2018, p. 459) afirmam que:

Um olhar para a história da ciência revela que grandes conquistas científicas, como o Modelo Heliocêntrico de Copérnico, a Teoria da Relatividade, a Teoria Quântica, a Teoria das Placas Tectônicas, as Teorias de Darwin, entre outras, envolveram disputas e desacordos entre cientistas que se traduziram em longas controvérsias científicas.

Essa compreensão nos leva a considerar que ser cético, dentro de uma perspectiva filosófica, significa cultivar uma atitude de pesquisa sempre aberta perante o mundo e a novas constatações, nunca aderindo a verdades parciais, confirmando que a Ciência expressa os resultados de um processo de construção e seleção cultural, sendo produzida na e pelas relações sociais, o que nos leva a aceitar a provisoriade dos fatos científicos e da própria Ciência.

Esse fato diferencia os cientistas céticos dos negacionistas. Nesse grupo, se encontram pessoas (cientistas ou não) que por algum motivo negam uma evidência científica sem apresentar argumentos legítimos para tal alegação impossibilitando que outros membros possam avaliar o seu mérito. Nesse sentido, esse discurso vazio e sem

fundamentos distorce a realidade, confunde os leigos e traz consequências sociais para o enfrentamento, seja qual for o problema.

Logo, segundo Junges e Massoni (2018), ser negacionista, não é ter uma postura crítica diante dos desafios postos pela sociedade e buscar pela pesquisa respostas, ser negacionista diz respeito apenas a negar uma verdade da qual não gostamos, obscurecendo o discurso científico. É nesta situação que encontramos algumas manifestações, políticos e mediáticos sobre o aquecimento global antropogênico.

Em consonância com essa fala, Bruno Latour (2017) afirma que: “[...] o objetivo da Ciência não é produzir verdades indiscutíveis, mas discutíveis”. Nem as Ciências Naturais e Exatas produzem verdades indiscutíveis, mas sim “[...] produzem discussões públicas normatizadas”. Alerta para o fato de que a sociedade atual não espera das Ciências verdades definitivas, apontando que houve uma grande mudança de comportamento e de interpretação acerca da função social da Ciência, que passou da “[...] confiança total à dúvida absoluta” (LATOURE, 2017, p. s/n).

Isso não significa que a produção científica perdeu credibilidade, segundo Latour (2017, p. s/n), a sociedade precisa ser mais cautelosa e ponderada contra posições extremas, “devemos permanecer críticos no que diz respeito a exageros cientificistas, pois a função da Ciência é produzir dados confiáveis, mas passíveis de discussão, condição válida para todas as áreas da ciência”.

Desse modo, a grande contribuição da Ciência para a compreensão de temas complexos e controversos como o das mudanças climáticas reside na possibilidade desta promover diferentes discussões, com diferentes argumentos, viabilizando processos de confirmações ou refutações de determinada teoria, reconhecendo a força desse propósito como parte inerente da ciência, admitindo posicionamentos relativistas, “entendo relativismo como a capacidade de estabelecer relações entre pontos de vista diferentes” (LATOURE, 2017, p. s/n).

Aqui a história da Ciência nos ensina a ser humildes diante do conhecimento científico, pois apesar do rigor científico que cada pesquisa e pesquisador segue, existe um limite determinado pelo recorte, pelas observações, pelo método adotado, pela teoria, pelos dados obtidos e pela própria observação que está assujeitada às condições materiais de

produção do pesquisador, aos discursos que formam o sujeito e que influencia no momento de suas conclusões, mostrando então que cada construção científica representa uma dentre tantas possibilidades e que as verdades são sempre provisórias, própria da ciência e falíveis.

Dessa maneira, a ciência não reproduz uma verdade; portanto não existem critérios universais ou exteriores para julgar a verdade de uma ciência. Cada ciência produz sua verdade e organiza os critérios de análise da veracidade de um conhecimento. Mas a lógica da verdade atual da ciência não é a lógica da verdade de sempre: as verdades são sempre provisórias (LOPES, 1999, p. 113).

É justamente a partir dessa lógica científica, de não neutralidade, que trata a Ciência como um meio de reorganização, de experiência e produção de conhecimento, que assuntos controversos e complexos que requerem a união de diferentes áreas do conhecimento, para seu entendimento como: aquecimento global, mudança climática, alimentos geneticamente modificados, células tronco, clonagem, uso de pesticidas etc, devem ser tratados.

É sob essa perspectiva que a temática mudança climática necessita ser tratada no currículo escolar, destacando que a inclusão de assuntos controversos e complexos nas salas de aula indicam a necessidade de desmistificar que Ciência é algo difícil e inacessível, portanto, exige uma mudança do discurso sobre os saberes. Segundo Watanabe-Caramello e Kawamura (2014, p. 260):

[...] uma mudança nos discursos da ciência escolar, que se propõem em geral neutros e acríticos, de modo que haja uma problematização dos fenômenos naturais pautados na realidade complexa. Isso significa, por exemplo, considerar as dificuldades encontradas pela ciência ao discutir sistemas complexos, abertos e dinâmicos, como é o caso da maioria das relações estabelecidas no sistema terrestre e dos limites de previsibilidade acerca do comportamento desses sistemas.

Dessa forma, entende-se que essa mudança requer a incorporação de uma visão antirreducionista da Ciência, que possibilite a percepção do dogmatismo e do uso de linguagens adequadas ao campo educativo, admitindo a existência de incertezas, imprevisibilidades e contradições.

Ainda no contexto das controvérsias e complexidade acerca dos fenômenos climáticos, se faz necessária a incorporação dessa reflexão no espaço escolar, entendendo que o trabalho educativo deve se constituir como um empreendimento amplo, que proporcione uma vasta visão sobre a temática das mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que, colabore para a formação de sujeitos críticos aptos a opinar acerca das questões

relativas ao meio ambiente.

Portanto, esse movimento não inviabiliza a discussão da temática mudança climática no currículo, ao contrário, a sua ocorrência é necessária como parte importante do processo de ensino-aprendizagem, favorecendo a construção de uma consciência acerca da complexidade do mundo e dos fenômenos naturais, permitindo o rompimento da visão dogmática, descontextualizada das atividades científicas.

## A COMPLEXIDADE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESPAÇO ESCOLAR

A situação apresentada têm incentivado a elaboração de trabalhos na Educação Básica que contemplam essa temática. Há diversas possibilidades de se abordar questões relativas ao meio ambiente no processo educativo, e uma delas, em especial, se dá por meio do seu tratamento a partir de controvérsias e de complexidades que lhe são inerentes, capaz de proporcionar a superação da visão positivista, antropocêntrica e tecnocrática, tendo como objetivo a redução do consumismo desenfreado e a pobreza extrema (MININNI-MEDINA, 2002).

Isto posto, para a produção desta artigo, realizou-se um levantamento em periódicos brasileiros e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDBT)<sup>7</sup> no período de 2000 a 2020, selecionando os trabalhos que apresentaram uma discussão teórica sobre a complexidade da temática das mudanças climáticas. Para selecionar os trabalhos utilizamos as seguintes palavras-chave: “mudanças climáticas e complexidade”; “mudanças climáticas e educação”, “aquecimento global e controvérsias” e “efeito estufa e complexidade”.

Como suporte metodológico, realizou-se uma revisão documental que se fundamenta em abordagens de natureza qualitativa/interpretativa pois, segundo Godoy (1995), esse tipo de pesquisa propõe o contato direto do pesquisador com o objeto que está sendo investigado, além de trabalhar com descrições, comparações e interpretações do fenômeno. Por meio dos critérios definidos, foram selecionados 2 teses (SILVA 2016) e (LIOTTI, 2019); 3 Dissertações (BARBOSA, 2010); (REIS, 2013); (RUMENOS, 2014) e

---

<sup>7</sup> Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações) é um portal que dá acesso aos sistemas de informação de teses e dissertações existentes no país, a qual disponibiliza um catálogo nacional de teses e dissertações em texto integral. Acesso em: < <http://bdtd.ibict.br/>>. 17 mai. 2019.

os artigos (XAVIER; KERR, 2004; VIEIRA; BAZZO, 2007; OLIVEIRA; VECCHIA, 2009; CASAGRANDE; SILVA JÚNIOR; MENDONÇA, 2011; RIBEIRO; KAWAMURA, 2014; VELTRONE, 2015; REIS; SILVA, FIGUEIREDO, 2015) que apresentaram alguma discussão teórica relacionados as controvérsias que giram em torno dos fenômenos climáticos e educação.

Observa-se nessas pesquisas a abordagem complexa e controversa relacionada à temática das mudanças climáticas. Destaca-se sua natureza científica, política, econômica, social e aspectos educacionais, trazendo para a discussão elementos epistemológicos sobre Ciência e produção do conhecimento científico, no sentido de romper com a naturalização dos fatos e o determinismo das ideias positivistas postas como verdades únicas e absolutas, a fim de possibilitar possibilitando ao educando que teorias sejam interpretadas e reformuladas a partir da problematização da realidade transformando-a.

Nessa linha destaca-se a pesquisa realizada por Xavier e Kerr (2004), no qual o trabalho desenvolvido pelos autores evidencia a complexidade do sistema climático, principalmente o estudo sobre as situações cotidianas relacionadas ao Efeito Estufa (complexidade; intensificação, causas antropogênicas) a partir de conteúdos da disciplina de Física associado às questões socioambientais tendo o intuito de desenvolver nos estudantes, a partir da compreensão de alguns fenômenos físicos envolvidos nesse fenômeno, a relação implícita entre os impactos ambientais antropogênicos e sua contribuição nas mudanças climáticas e conseqüentemente no comprometimento da sustentabilidade de vida do Planeta.

A pesquisa de Vieira e Bazzo (2007) relata a importância da abordagem de temas controversos em sala de aula, afirmando que o sistema educativo pode contribuir para desmistificar ideias deturpadas a respeito do empreendimento científico proporcionando aos estudantes uma imagem mais realista da ciência, em oposição ao que acontece quando isso não é feito: “[...] transmissão de ideias distorcidas que frequentemente descrevem a ciência como não controversa, neutra, despojada de interesses e altruísta” (p. 1). Afirmam que se temas como estes forem debatidos em sala de aula há uma probabilidade de se formar cidadãos críticos, conscientes e participativos.

Oliveira e Vecchia (2009), procuram analisar as controvérsias científicas e políticas

acerca das mudanças climáticas, ou seja, questionam se as controvérsias ou consensos estariam relacionados aos interesses políticos do que efetivamente ao estudo acerca das causas e consequências sobre as alterações climáticas. Pela análise dos argumentos dos científicos (IPCC) e dos céticos (NIPCC), os autores constataram que “a ciência das mudanças climáticas está envolvida em inúmeras incertezas, além de estar sujeita a interesses políticos aparentemente ocultos” (p. 956).

Sob o mesmo viés político e atrelado aos interesses econômico e ambiental os autores Casagrande; Silva-Júnior; Mendonça (2011) analisam sob qual perspectiva as mudanças climáticas globais, compõem o tema central de inúmeros e conflituosos debates contemporâneos, para isso utilizam-se de artigos publicados nos periódicos das revistas *Ciência Hoje* e *Scientific American Brasil*. Concluem que não há uma postura “consensual única e homogênea de instituições e cientistas, apesar de que a grande maioria das posições é favorável ou partidária à tese do IPCC, para quem o fenômeno tem uma gênese sobretudo antropogênica” (p.42).

Ribeiro e Kawamura (2014), por sua vez, afirmam que as questões ambientais vêm exigindo cada vez mais atenção nas pesquisas em Ensino de Ciências, demonstrando o reconhecimento da complexidade inerente às questões socioambientais contraditórias. Afirmam que as “questões controversas reais são, de fato, problemas em aberto, em um cenário que favorece a identificação de contradições, de interesses e confrontos sociais”, (p. 159) além de propiciar, por esse reconhecimento, ações que minimizem as consequências de alguns desses problemas.

Veltrone (2015) traz em sua pesquisa a importância das ciências sociais para a compreensão das mudanças climáticas, discutindo que “embora a questão tenha ganhado legitimidade a partir das ciências naturais, é fato que o tema transcende as disciplinas ambientais, meteorológicas e geológicas” (p.13). Apresenta a importância da teoria social como uma forma de enriquecer o debate acerca de temáticas socioambientais complexas e controversas favorecendo a compreensão de temas como o das mudanças climáticas.

A pesquisa de Reis, Silva e Figueiredo (2015), ressalta que a natureza complexa do fenômeno climático favorece o surgimento das controvérsias, o que proporciona aos professores a possibilidades para o tratamento educativo diferenciado desse tema.

Apresentam alguns aspectos, do ponto de vista da física, relativos à complexidade inerente ao tema mudanças climáticas, concluindo que o trabalho pedagógico “deveria envolver de maneira articulada a maioria das disciplinas que compõem o currículo, inclusive a disciplina de física, tendo em vista que esta oferece subsídios para a compreensão de vários aspectos da complexidade associada a esse tema” (p. 537).

As autoras sugerem que devemos atentar para a real intenção de abordagens controversas científicas na educação, afirmando que o objetivo não é o de indicar se o ser humano é ou não o responsável pelas mudanças climáticas, ou discutir a veracidade das previsões científicas, o verdadeiro propósito está revelar aos estudantes a complexidade que envolve a temática.

A pesquisa de (SILVA 2016) acredita que os efeitos negativos das mudanças climáticas são provocadas pelo excesso de atividades antrópicas na natureza, no intuito de atender a demanda do consumismo contemporâneo, um modelo social que é gerado por uma interpretação equivocada dos recursos naturais e alimentado pelo atual paradigma racional científico desenvolvimentista. Propõe reformas curriculares na a educação como uma das formas de aumentar a compreensão das causas e efeitos da aceleração dessas mudanças por meio de processos pedagógicos que transformem atividades antrópicas nocivas em atividades sustentáveis.

Barbosa (2010) reconhecendo a necessidade de compreendermos mais profundamente o posicionamento dos sujeitos frente aos temas controversos, traz para sala de aula o debate sobre aquecimento global na educação básica com estudantes de Química. Compreende que estamos diante da construção de uma nova relação entre sociedade e Ciência, na qual devemos entender os fatos científicos como parte de uma complexa rede de fenômenos, em que previsões absolutas, verdades sólidas, lineares e acabadas são cada vez mais inadequadas para o momento atual.

Reis (2013) investiga pelo campo de pesquisa em Educação Ambiental as controvérsias e complexidades inerentes aos temas ambientais, em específico o tema das mudanças climáticas em 17 dissertações. Concluiu que a complexidade e as controvérsias associadas às mudanças climáticas são pouco enfatizadas pelo campo de pesquisa da EA. Relata ainda, que os trabalhos consideram a existência de uma realidade climática

sistêmica, não linear, probabilística e irreversível, no entanto, a complexidade dos modelos climáticos não são apresentadas de maneira direta, sendo identificados apenas em pequenos trechos desses trabalhos.

Rumenos (2014) admite a importância que a temática das mudanças climáticas traz para o processo educativo, analisa os significados atribuídos ao tema abordados nos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental II. Conclui que a maioria dos livros didáticos analisados expõe o tema em questão a partir de informações científicas. Porém, quando esse material de ensino aborda a temática das complexidades e controvérsias, não explora questões relativas à criticidade face aos fenômenos ambientais e sua relação com o atual modo de produção e atuação de ordem política e ética, negligenciando a formação do estudante em seu aspecto crítico.

O trabalho de Liotti (2019) reconhece em pesquisa recente, as mudanças climáticas como um dos maiores desafios que a humanidade tende a enfrentar na contemporaneidade, sobretudo por retratar o caráter complexo e controverso do clima. Analisa em que medida o conhecimento escolar sobre mudanças climáticas é abordado nos livros didáticos do Ensino Médio, e os caracteriza como instrumentos de transformação pedagógica no processo educativo. Conclui que apesar desse material de ensino demonstrar certa dificuldade em articular com coerência e aprofundamento científico sobre essa temática apresenta uma potencialidade de propiciar aos estudantes avançarem no entendimento da complexidade do fenômeno e dos riscos inerentes relacionados com a forma de como o ser humano se relaciona com a Natureza.

Em vista dessas pesquisas, conclui-se que o processo educativo pode proporcionar condições de inserir os sujeitos no centro das discussões socioambientais climáticas passando ser visto como uma importante possibilidade inserção de temas complexos e controversos, como o das mudanças climáticas, tornando-se um espaço eficaz de transformação social.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dessas considerações, entende-se que não há um consenso sobre as causas e consequências das mudanças climática, visto que não estamos lidando com certezas, mas com possibilidades. Isso decorre da complexidade que envolve a realidade inerente aos fenômenos climáticos, muitas vezes sem a percepção desses limites resultantes entre os fenômenos naturais e os fenômenos antropogênicos e a construção histórica da relação ser humano e natureza.

Nessa perspectiva, observa-se a construção de várias leituras e compreensões sociais sobre a temática das mudanças climáticas, havendo a necessidade de que as concepções sobre este tema sejam ampliadas pelo campo da Educação, de modo que a complexidade e controvérsias inerentes à temática esteja mais presentes nos discursos elaborados no processo educativo.

Constata-se portanto, que o processo educativo, como observado nas pesquisas apresentadas, pode proporcionar condições de inserir a comunidade escolar e os estudantes no centro das discussões socioambientais climáticas, auxiliando-os a construir uma concepção científica sobre este fenômeno, capaz de desenvolver uma visão complexa de mundo e um posicionamento crítico e reflexivo frente às questões socioambientais.

## REFERÊNCIAS

ARTAXO, P. Mudanças climáticas e o Brasil. **Revista USP – Dossiê Clima**, São Paulo, n. 103, p. 8-12, 2014. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99191/97658>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

BARBOSA, L.G. D., **O debate sobre aquecimento global em sala de aula: o sujeito dialógico e a responsabilidade do ato frente a um problema sócio-científico controverso**. Dissertação (mestrado). 76 f. Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

CASAGRANDE, A.; SILVA JUNIOR, P.; MENDONÇA, F. Mudanças Climáticas e Aquecimento Global: controvérsias, incertezas e a divulgação científica. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 7, v. 8, p. 30-44, jan./jun., 2011. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25793/17212>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

CARVALHO, L. M.. A temática ambiental e o processo educativo: dimensões e

abordagens. In: CINQUETTI, Heloísa Chalmers Sisle; LOGAREZZI, Amadeu (Org.). **Consumo e resíduo: fundamentos para o trabalho educativo**. 1 ed. São Carlos: EdUFSCar, 2006.

CARVALHO, L.M.; TOMAZELLO, M.G.C.; OLIVEIRA, H. T. Pesquisa em educação ambiental: panorama da produção brasileira e alguns dos seus dilemas. **Caderno CEDES**. Campinas, v. 29, n. 77, p. 13 – 27, jan./abr. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ccedes/v29n77/a02v2977.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

CRUZ, F. R. M.; SILVA, L. A.; PEREIRA, E.M.; LUCENA, R.L. Discussões sobre as mudanças climáticas globais: os alarmistas, os céticos e os modelos de previsão do clima. **GeoTextos**. UFBA, v. 10, n. 1, p. 243-258, jul. 2014. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/8773/8412>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para entender a Terra**. 6 ed. Porto Alegre: Editora Bookman. 2013.

GUERRA, A.F.S.; JACOBI, P.; SULAIMAN, S.N.; NEPOMUCENO, T. Mudança climática, Mudanças Globais: desafios para a educação. **Revista Eletrônica Mestrado em Educação Ambiental**. PPGEA/FURG, v. Especial, p.88-105, set. 2010. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/remea/article/view/3397/2062>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

IPCC. **Climate Change 2007: Summary for Policy Makers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York, NY, USA, Cambridge University Press. Disponível em:<<https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability**. New York: Cambridge University Press. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>. Acesso em: 2 junh. 2020.

JUNGES, A. L.; MASSONI, N. T.O consenso científico sobre aquecimento global antropogênico: considerações históricas e epistemológicas e reflexões para o ensino dessa temática. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência**, ABRAPEC, v. 18, n. 2, p. 455-491, ago. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/download/4761/3025/>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

LATOUR, B. O objetivo da ciência não é produzir verdades indiscutíveis, mas discutíveis. **Entrevista** por SILVA, Juremir Machado. Laboratório de Pesquisa da Escola Nacional de Administração (ENA)– França, 12 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.correiodopovo.com.br/blogs/juremirmachado/2017/03/9647/entrevistabruno-latour-o-objetivo-da-ciencia-nao-e-produzir-verdades-indiscutiveis-mas-discutiveis/>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

LIMA, G.F.C.; LAYRARGUES, P.P. Mudança climática, educação e meio ambiente: para além do conservadorismo dinâmico. **Educar em Revista**. Editora UFPR, Curitiba, Edição Especial, v. 3, p. 73-88, 2014. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/educar/article/view/38108/23609>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

LINO, G. L. Alguns fatos básicos sobre mudanças climáticas. **Oikos**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 77-88, 2010. Disponível em: <[www.revistaokos.org/seer/index.php/oikos/article/download/194/134](http://www.revistaokos.org/seer/index.php/oikos/article/download/194/134)>. Acesso em: 17 mai. 2019.

LIOTTI, C. L. **O conhecimento escolar sobre mudança climática nos livros didáticos do ensino médio - PNLD/2015**. Tese de Doutorado, UFPR, 2019. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/65131>>. Acesso em: 3 jul. 2020.

LOPES, A.C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: Editora da UERJ, 1999.

LOUREIRO, C.F.B.; LAYRARGUES, P.P. Ecologia política, justiça e educação ambiental crítica: perspectivas de aliança contra-hegemônica. **Trabalho, Educação e Saúde**, Rio de Janeiro, v. 11 n. 1, p. 53-71, jan./abr. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tes/v11n1/a04v11n1.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S.C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L.M.; OBREGON, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G. **Riscos das mudanças climáticas no Brasil**. INPE, 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/296641902\\_Riscos\\_das\\_Mudancas\\_Climaticas\\_no\\_Brasil\\_Analise\\_Conjunta\\_Brasil-eino\\_Unido\\_sobre\\_os\\_Impac\\_tos\\_das\\_Mudancas\\_Climatica\\_s\\_e\\_do\\_Desmatamento\\_na\\_Amazonia](https://www.researchgate.net/publication/296641902_Riscos_das_Mudancas_Climaticas_no_Brasil_Analise_Conjunta_Brasil-eino_Unido_sobre_os_Impac_tos_das_Mudancas_Climatica_s_e_do_Desmatamento_na_Amazonia)>. Acesso em: 17 mai. 2019.

MARUYAMA, S. **Aquecimento Global?** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MEIRA-CARTEA, P. Cambio Climatico Y La Educación Ambiental Neoliberal (Que También Existe). **Centro Nacional de Educación Ambiental**, p.2 -10, junio, 2002. Disponível em: <[http://www.mapama.gob.es/ca/ceneam/articulos-de-opinion/2002\\_06meira\\_tcm8-53009.pdf](http://www.mapama.gob.es/ca/ceneam/articulos-de-opinion/2002_06meira_tcm8-53009.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2019.

MININNI-MEDINA, N. Formação de multiplicadores para educação ambiental. In: PEDRINI, Alexandre de Gusmão (Org.). **O Contrato social da ciência**. Unindo saberes na educação ambiental. Petrópolis: Vozes, 2002.

MOLION, L. C. B. Mitos do Aquecimento Global. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. **Revista Plenarium**, v.5, n.5, p. 48 - 65, out., 2008. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br>. Acesso em: 10/08/2017.

MOLION, L.C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-7ea5f627d14a9f9a88cc694cf707236f.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução Eliane Lisboa, Porto Alegre: Sulina, 2005.

OLIVEIRA, Marcos José; CARNEIRO, Celso Dal Ré; VECCHIA, Francisco Arthur Silva; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. **Terrae Didática**, UNICAMP, v. 13, n. 3, p. 149-184, 2017.

Disponível em:

<<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8650958/17527>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

OLIVEIRA, Marcos José; VECCHIA, Francisco Arthur da Silva. A controvérsia das mudanças climáticas e do aquecimento global antropogênico: consenso científico ou interesses políticos? **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, ANAP, v. 5, p. 946-962, 2009. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/318044172\\_A\\_Controversia\\_das\\_Mudancas\\_Climaticas\\_e\\_do\\_Aquecimento\\_Global\\_Antropogenico\\_Consenso\\_Cientifico\\_ou\\_Interesse\\_Politico\\_Forum\\_Ambiental\\_da\\_Alta\\_Paulista](https://www.researchgate.net/publication/318044172_A_Controversia_das_Mudancas_Climaticas_e_do_Aquecimento_Global_Antropogenico_Consenso_Cientifico_ou_Interesse_Politico_Forum_Ambiental_da_Alta_Paulista)>. Acesso em: 17 mai. 2019.

PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. **A nova aliança**. Brasília: Universidade de Brasília, 1984.

REIS, Danielle Aparecida. **Compreensões elaboradas pelo campo da educação ambiental sobre o tema mudanças climáticas: análise de dissertações e teses brasileiras**. 2013. 217 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, Rio Claro, 2013. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90220/reis\\_da\\_me\\_rcla.pdf](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90220/reis_da_me_rcla.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2019.

REIS, Daniele Aparecida; SILVA, Luciano F.; FIGUEIREDO, Newton. As Complexidades Inerentes ao Tema “Mudanças Climáticas”: desafios e perspectivas para ensino de física. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. 03, p. 535 -554, set./dez., 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17n3/1983-2117-epec-17-03-00535.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

RIBEIRO, Renata A.; KAWAMURA, Maria Regina D. Educação ambiental e temas controversos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 14, n. 2, 2014, p. 159-169. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/download/4358/2924/>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

RUMENOS, Nijima Novello. O tema mudanças climáticas nos livros didáticos de ciências da natureza para o ensino fundamental II: um estudo a partir do PNLD 2014. Dissertação (mestrado). 158 f. UNESP. 2016.

SILVA, Luciano Fernandes **A temática ambiental, o processo educativo e os temas controversos: implicações teóricas práticas para o ensino de física** Tese de Doutorado em Educação Escolar. Unesp. 2007.

SILVA, Luciano Fernandes; CARVALHO, Luiz Marcelo. A temática ambiental e o processo educativo: o ensino de física a partir de temas controversos. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 1, número especial. nov. 2007. Disponível em: <<http://200.133.218.118:3536/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/152/105>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

SILVA, Carlos Magno Lima Fernandes e. **Educação em mudanças climáticoambientais. 2016.** 170f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

VELTRONE, Allan Rogério. As ciências sociais e as controvérsias em torno da mudança climática. **Macapá**, Estação Científica/UNIFAP, v. 5, n. 1, p. 09-21, jan./jun. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/view/1815/veltronev5n1.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2019.

VIEIRA, K. R. C. F.; BAZZO, W. A. Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 1, número especial, 2007.

XAVIER; Maria Emília Rehder; KERR, Américo A. F. Sansigolo Kerr. O efeito estufa e as mudanças climáticas globais. **Caderno Brasileiro de ensino de Física, Florianópolis**, v. 21, n. 3, p. 325-349, 2004. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proc\\_lima/file/publicacoes/conceitos/portugues/analisedoefeitoestufaemtextosjornalisticos.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proc_lima/file/publicacoes/conceitos/portugues/analisedoefeitoestufaemtextosjornalisticos.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2019.

WATANABE-CARAMELLO, Giselle. **Aspectos da complexidade**: contribuições da física para a compreensão do tema ambiental. 2012. 250f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde.../Giselle\\_Watanabe\\_Caramello.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde.../Giselle_Watanabe_Caramello.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2019.

WATANABE-CARAMELO, Giselle; KAWAMURA, Maria Rerina Dubeux. Uma educação na perspectiva ambiental crítica, complexa e reflexiva. **VIII ENPEC/I CIEC**, UNICAMP, Campinas, v. 14, n. 2, p. 255-264, 2014. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viii/enpec/resumos/R0558-2.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2019.