

OS TEMAS RADIAÇÃO E RADIOATIVIDADE NO CURRÍCULO MÍNIMO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (RJ): APONTAMENTOS E INTERCESSÕES COM A BNCC E PCNs+

THE RADIATION AND RADIOACTIVITY THEME IN THE MINIMUM CURRICULUM OF THE STATE OF RIO DE JANEIRO (RJ): NOTES AND INTERCESSIONS WITH THE BNCC AND PCNs+

Tainã Andrade de Almeida*
Telma Temoteo dos Santos**

RESUMO

Almejando fundamentar teoricamente um curso de formação continuada para professores da educação básica, na área de conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias, o presente artigo apresenta os resultados do recorte de uma ação de investigação sobre os temas radiação e radioatividade. O caminho metodológico compreendeu o levantamento e análise documental (currículo mínimo do Estado do Rio de Janeiro e políticas nacionais para currículo da educação básica) e revisão narrativa de artigos que versam sobre as ações de preposição, implantação e avaliações de políticas curriculares. Os resultados indicam discrepâncias entre as orientações presentes nos documentos, ora com poucas indicações interdisciplinares, e ainda no caso da BNCC, cabendo a discentes e docentes a responsabilidade pelo ensino e aprendizagem em razão das escolhas que serão feitas. Portanto, emerge-se a necessidade de estratégias de discussões contextualizadas e interdisciplinares para a formação docente.

Palavras-chave: Currículo Mínimo. Radiação e Radioatividade. Ciências da Natureza. Ensino de Ciências. PCNs. BNCC.

ABSTRACT

Aiming to theoretically support a continuing education course for basic education teachers, in the area of knowledge of Natural Sciences and its Technologies, this article presents the results of an investigation action on the themes of radiation and radioactivity. The methodological path included the survey and document analysis (minimum curriculum of the State of Rio de Janeiro and national policies for basic education curriculum) and narrative review of articles that deal with the actions of preposition, implementation and evaluation of curricular policies. The results indicate discrepancies between the guidelines present in the documents, sometimes with few interdisciplinary indications, and even in the case of the BNCC, students and teachers are responsible for

* Tecnóloga em Radiologia pela Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO). Discente no curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Ensino em Biociências e Saúde (IOC-FIOCRUZ). tainaandradealmeida@gmail.com

** Doutora pelo Programa de Ensino em Biociências e Saúde (IOC-FIOCRUZ). Docente na educação básica e no ensino superior no Instituto Federal Norte de Minas Gerais (IFNMG). Docente e orientadora na Pós-Graduação *lato sensu* em Ensino em Biociências e Saúde (IOC-FIOCRUZ). Laboratório de Inovações em Terapias, Ensino e Bioprodutos (LITEB-IOC-FIOCRUZ). temoteo.telma@gmail.com

teaching and learning due to the choices that will be made. Therefore, there is a need for contextualized and interdisciplinary discussion strategies for teacher education.

Keywords: Minimum Curriculum. Radiation and Radioactivity. Natural Sciences. Science teaching. PCNs. BNCC.

Introdução

Os estudos sobre a radiação/radioatividade têm impactado e modificado a vida dos seres vivos por meio da Medicina, Química, Física, Agronomia, Engenharia de Alimentos dentre outros campos do conhecimento. Desde os primeiros estudos de Wilhelm C. Röntgen, passando por Antoine H. Becquerel, e a menção pela primeira vez do termo radioatividade pela ganhadora dos Nobéis Marie Curie (UNEP, 2016; THAUATA *et al.*, 2014; XAVIER *et al.*, 2007), o foco das pesquisas mudaram: no lugar de descobrir elementos radioativos, vieram o desenvolvimento de técnicas tais como radiografias, tomografias, aceleradores de partículas, usinas nucleares, e de produtos como os fertilizantes, quimioterápicos, dentre outros (XAVIER *et al.*, 2007).

Para alguns autores (CACHAPUZ *et al.*, 2005; BORGES, 2002; MORTIMER, 1996; ARROYO, 1988; KRASILCHIK, 1988), é importante que a população conheça os processos de desenvolvimento e aplicação dos temas das ciências e tecnologias para que as “resistências” sejam diminuídas por meio da elaboração de questionamentos críticos. É evidente que o conhecimento real sobre as radiações, seja natural ou artificial, não é garantia da “aceitação” popular, mas é necessário que os indivíduos tenham acesso a informações corretas para que sejam capazes de argumentar quando confrontados com problemas do seu cotidiano (SCHMIDT; HORTA; PEREIRA, 2014).

Objetos iniciais de grande interesse da Física e da Química, a radiação/radioatividade foi apreendida como tema de pesquisa pela área de Ensino de Ciências. O reconhecimento da importância, do alcance e impacto dos seus produtos no dia-a-dia dos sujeitos, levou a inclusão no currículo da educação básica para serem trabalhados segundo a história e evolução das ciências (BNCC, 2017). Autores como Araújo *et al.*, (2018), Santos e Costa (2017), Medeiros e Lobato (2010), Silva, Campos e Almeida (2012) e Resquette (2013) pesquisaram e discutiram sobre a radiação e radioatividade, na metodologia de ensino, na produção de recursos didáticos, na avaliação de aprendizagem e nas discussões sobre a importância da interdisciplinaridade e contextualização.

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo principal analisar o tratamento dos temas radioatividade e radiação no currículo mínimo do Estado do Rio de Janeiro (RJ). Em adição, eleger-se como objetivo específico, realizar reflexões teóricas dos resultados do currículo mínimo do Estado do Rio de Janeiro com as Diretrizes Curriculares Nacionais e demais instrumentos normativos, para a área do currículo, elaborados pelas secretarias de educação, de modo a identificar interseções com os documentos das políticas educacionais. É a partir da instauração de políticas curriculares que demais políticas educacionais são (re)estruturadas, vide como a implementação da BNCC levou a mudanças na formação inicial e continuada de docentes, no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) e na composição dos tempos de aulas dentro das unidades escolares, constituindo-se o principal evento da área do currículo das primeiras décadas do século XXI, da educação brasileira.

Caminho metodológico

É uma pesquisa qualitativa, de discussão teórica, de levantamento de dados e análise documental (FLICK, 2009; FONSECA, 2002; COSTA e COSTA, 2009). Trata-se de um recorte do trabalho de conclusão, da primeira autora, no curso de pós-graduação *lato sensu* em Ensino em Biociências e Saúde (IOC-FIOCRUZ), no qual, se buscou reunir subsídios teóricos e metodológicos para contribuir com as discussões temáticas sobre radiação e radioatividade em disciplinas das Ciências da Natureza. Deste modo, justifica-se que na linha temporal, mesmo no momento atual já tendo disponível a BNCC, que documentos do currículo mínimo sejam analisados, em razão dos profissionais docentes em exercício terem passado pela escola quando outros documentos curriculares orientavam a ação do ensino e aprendizagem.

Parte-se, portanto, de uma investigação sobre os temas radiação e radioatividade no currículo do Estado do Rio de Janeiro (RJ). Tal seleção de território é justificada pelos desdobramentos que serão produzidos (já em andamento) a partir dos dados apresentados neste artigo: elaboração de materiais educativos, de apoio, para a formação continuada de docentes inseridos na rede pública do Estado do Rio de Janeiro, que atuam em disciplinas das Ciências da Natureza.

Para o levantamento e análise documental foram priorizados os documentos que norteiam o currículo das escolas da educação básica em três grandes áreas: do currículo mínimo do Estado do Rio de Janeiro, com recorte para as Ciências da Natureza (Biologia,

Física e Química); das políticas de currículo, âmbito nacional e os documentos basilares para a educação básica brasileira (figura 1).

Nos documentos supracitados empreendeu-se uma investigação norteada pelos seguintes parâmetros e questionamentos:

1. Tratamento dos temas: De que forma a radiação e radioatividade são apresentadas?

2. Perspectiva interdisciplinar: Há indicação de conexão entre as disciplinas da área das Ciências da Natureza ou os temas analisados encontram-se restritos a uma ou outra disciplina?

3. Perspectiva de contextualização: É discutida a importância de se contextualizar os temas analisados, a partir de exemplos variados do cotidiano do estudante?

4. Políticas educacionais (estadual e nacional): a) Apresentam os impactos, desafios e as possibilidades de problematização, interdisciplinaridade e contextualização dos temas estruturantes dos currículos? b) Alinha-se aos indicativos teóricos e metodológicos orientados nos estudos sobre currículo e políticas nacionais?

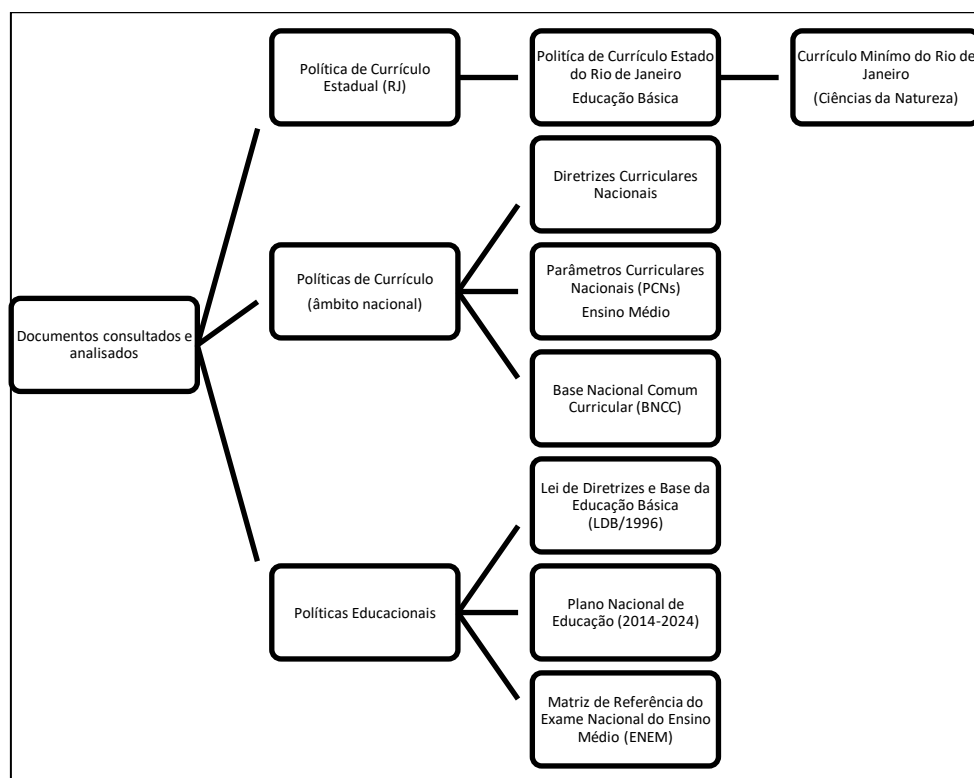


Figura 1: Apresentação dos documentos selecionados, consultados e analisados para alcançar os objetivos da pesquisa

Fonte: elaborada pelas autoras

Na primeira etapa, a análise dos documentos do currículo mínimo do estado do Rio de Janeiro foi realizada por meio de leitura flutuante para responder à pergunta: *para*

os temas radiação e radioatividade, qual(is) indicação (oes) de abordagem no currículo, de conceitos estruturantes e na ação docente?

Nas segundas e terceiras etapas foram analisados os textos que versam sobre as políticas de currículo, âmbito nacional: a Lei de Diretrizes e Base da Educação Básica (BRASIL, 1996), as Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2013), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs +) (BRASIL, 2002), para o ensino médio e a versão final do texto da Base Nacional da Educação Básica (BNCC) (BRASIL, 2017). Tais adições para análise justificam-se para a sustentação teórica das discussões aqui realizadas quanto a emergência dos dados oriundos do currículo mínimo.

Já na quarta etapa, foi consultada a Matriz de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) (BRASIL, 2019), a fim de: i) saber se os temas radiação e radioatividade estão indicados e ii) se sim, como o ENEM afere a aprendizagem dos estudantes. Justifica-se a inclusão deste documento pois há um amplo debate acadêmico sobre o papel das avaliações externas nas políticas curriculares, e na proposição e aplicação de um currículo nas escolas e na prática docente (MOREIRA, 2019; CORREA; SANTOS, 2018; MACHADO; ALAVARSE, 2014; PACHECO, 2014; FONTANIVE, 2013).

Em adição, foi realizado um levantamento de artigos por meio das palavras-chaves radiação, radioatividade e ensino de ciências (combinação destas), para a construção do referencial teórico. Desta forma, o caminho metodológico escolhido possibilitou discussões para a área do currículo das Ciências da Natureza, nos estudos da radiação e radioatividade, e para a formação continuada de professores.

Parte do texto do referencial teórico será apresentado no subtópico seguinte: uma breve retrospectiva sobre a elaboração e implementação das políticas de currículo, o ensino de ciências e os impactos nas perspectivas de ensino e aprendizagem. Em sequência, os resultados e discussões, finalizando com as considerações finais.

Referencial teórico

As políticas de currículo para a educação básica e o ensino de ciências: uma breve apresentação

Se o currículo é o caminho a ser percorrido no processo formativo, como apontado por Sacristán (2000), quando se transporta a discussão para o ensino das Ciências da Natureza quais elementos espera-se que o estudante se depare a fim de tornar a sua

jornada enriquecedora, com novas experiências? A resposta para tal questão perpassa por: as orientações curriculares devem estar restritas ao desenvolvimento de habilidades e competências cognitivas, ou levar a aprendizagem que contemple a tríade dos *conteúdos procedimentais, atitudinais e conceituais*. Os estudantes devem ser capazes de transpor o que aprendem nas disciplinas escolares para o seu dia-a-dia e vice-versa.

Porém, da forma como é organizado e apresentado aos sujeitos educadores, o currículo pode ser apropriado e entendido como objeto neutro, dentro do qual há um conjunto de teorias, conceitos e conteúdos que serão tratados segundo uma lógica metodológica linear, sem possibilidades de adaptações em razão do momento histórico e das necessidades emergentes do contexto dos estudantes.

No currículo, os conteúdos conceituais das disciplinas estão intrincados a um conjunto de temas sociais e científicos, que acabam orientando como devem ser abordados dentro da educação formal. Assim o currículo atende a interesses para além do ensinar e aprender: está submisso as questões sociopolíticas, econômicas, culturais, dentre outras. Ou seja, incide sobre a escola, por meio do currículo institucionalizado, demandas que em alguns aspectos se assemelham ao modelo de produção *taylorista-fordista*: alta eficiência atrelada a baixo custo, em outras palavras, o alcance de índices regulares de “aprendizagem” acompanhados da redução das “despesas” com a educação pública.

Para Silva (2010) e Ribeiro (2018) é de suma importância destacar que o currículo não é um campo neutro, mas de embates pedagógicos, sociológicos e políticos, já que a sua estrutura, concepção e implementação são orientados a partir de ideologias do Estado e dos sujeitos responsáveis por este objeto. Destaque para os desdobramentos do currículo: políticas de formação inicial e continuada dos professores e gestão escolar; estrutura dos recursos pedagógicos, em especial dos livros didáticos; concepção das avaliações externas e estrutura das políticas de acompanhamento dos níveis de aprendizagem dos egressos da educação básica.

As políticas de currículo têm sido usadas para classificar os estudantes e a excessiva teorização do currículo distancia-se das realidades heterogêneas encontradas nas escolas. Ou seja, assim como qualquer outra política educacional voltada para o ensino e aprendizagem, “[...] estão diretamente relacionadas com a maneira como o sistema educacional concebe a função social da escola, sendo o(a) professor(a) a pessoa a quem é atribuída a autoridade institucional para dar cumprimento a ela” (GATTI; BARRETO; ANDRÉ, 2011, p. 36).

O crescimento do movimento para a instauração de currículos de base tecnicista, pautados na lógica do saber fazer e a excessiva instrumentalização e perspectiva utilitarista do saber, inaugurou uma nova era na estrutura curricular. Sob esta ótica, a escola deve ocupar-se em transferir conteúdos cuja aplicação serão úteis no exercício profissional técnico industrial, separando-se em “castas”, os sujeitos na formação básica: aos oriundos das classes trabalhadoras, a continuidade em subempregos e aos de classe alta, a possibilidade de ingresso na formação superior em carreiras científicas, as quais se exigem a capacidade de pensamento crítico, atualizado, conectado e interdisciplinar.

Todavia, os PCNs + (BRASIL, 2002), as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (BRASIL, 2013) e a BNCC (BRASIL, 2017) são convergentes quando o tema é o papel da escola em ofertar uma educação e formação cidadã: ambiciona-se um ensino pautado na criticidade, na contextualização e na formação protagonista dos sujeitos que tenham acesso à educação formal.

As reformas curriculares partem do pressuposto que a inovação dos textos das políticas e normativas que irão promover de forma automática a melhoria nos contextos educacionais, no que tange os níveis de aprendizagem dos estudantes. Porém, não é suficiente que algum tema esteja no currículo, mas que haja elementos favoráveis para o trabalho docente como, por exemplo: número de horas aulas para a disciplina, semanalmente, incentivo a autonomia (intelectual e laboral) do professor, fomento aos projetos interdisciplinares, acesso a formação continuada dentro do espaço escolar, redução da jornada de trabalho e condições de trabalho para atender as demandas do ensino. Pois, “[...] em algumas disciplinas, como Física e Química, a situação em relação à escassez de professores é mais crítica”. [...] há uma necessidade de 23,5 mil professores de Física apenas para o ensino médio, mas nos últimos 12 anos houve 7,2 mil licenciados para essa cadeira (BRASIL, 2003, p.1).

Todavia, levando em conta a insuficiência de corpo docente, seja em quantidade ou qualidade da formação, como supracitado neste documento é de se esperar que o livro didático seja usado ora como “âncora”, cerceando outras formas de discussão ou como “bússola” guiando o que deve ou não ser ensinado em sala de aula (CAVALCANTE, 2013; DANTE, 1996).

Em adição, os livros didáticos estão alinhados com as exigências de exames como o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Essas avaliações geralmente não levam em conta os contextos de aprendizagem e acabam por homogeneizar um tipo de contextualização que tende a priorizar uma visão majoritária sobre uma temática do

currículo. No que se refere ao estudo de Física, a menção superficial de alguns temas acaba por apresentar o conteúdo de forma errônea no livro didático, propagando conceitos equivocados, prejudicando os discentes na compreensão da ‘Natureza da Ciência’ e conseqüentemente na construção dos conhecimentos científicos (SANTOS *et al.*, 2015).

Para que os docentes consigam romper o ciclo da má compreensão sobre radiação e radioatividade, e em adição apresentar estes temas em diálogo com disciplinas diversas, situando suas discussões no cotidiano fazem-se urgente que a reestruturação ocorra nos momentos formativos do docente.

O papel do Ensino de ciências é diminuir as distâncias entre o que se ensina nas escolas e o que os estudantes conseguem relacionar com o seu cotidiano. Aulas que se ocupam da visão cartesiana e positivista das ciências, cujos objetivos centrais restringem a transferir e fixar conceitos de modo a cumprir a carga de conteúdos indicada nos planos de ensino. Surgem, a partir desta prática engessada, estudantes desmotivados, com resistências e dificuldades acumuladas ao longo de suas passagens pela educação básica (CACHAPUZ *et al.*, 2005). Ao currículo impera o desafio de propor lugar de mediação nos planos de ensino/aulas para que ciência, tecnologia e ambiente (CTS) ocorra na sala de aula aproximando o estudante da totalidade dos conhecimentos e não de fragmentações conceituais (SANTOS; MORTIMER, 2002; JAPIASSU, 1999; SANTOMÉ, 1998).

Pesquisa de Medeiros e Lobato (2010) apontou que na Química o tema radiação nuclear era o mais debatido nos livros, enquanto na Física havia a preponderância dos estudos sobre ondas eletromagnéticas. O que segundo estes mesmos autores tal fato contribui para a estruturação de conceitos, concepções e conhecimentos errôneos acerca da radiação e radioatividade, levando os sujeitos os associarem apenas aos aspectos prejudiciais, não sendo capazes de, por exemplo, os perceberem como fenômenos naturais.

Para Monteiro e Silva (2020), a dificuldade de aprendizagem sobre estes temas perpassa por questões como a transposição didática, o debate sobre mitos (estão associados apenas aos malefícios), e a insuficiente compreensão teórico-prática, por parte de alunos e professores, pelo caráter abstrato. E, ainda as deficiências oriundas de um ensino defasado e a resistência dos alunos em disciplinas como a Química, Física e Biologia, como já apontado no subtópico anterior.

Acrescenta-se, a excessiva compartimentalização dos saberes em disciplinas fechadas e a ausência de práticas interdisciplinares e contextualizadas. Na tentativa de romper as barreiras disciplinares, cunha-se para a radiação e radioatividade, o termo,

transversais. Porém, sabe-se que a escola, por meio de adaptações curriculares tem trabalhado estes temas sejam como estruturantes das disciplinas ou como “transversais” tentando relações com o cotidiano dos alunos apenas quando recebem algum destaque das mídias, como, por exemplo, na ocorrência de acidentes naturais ou provocados pelos seres humanos.

O que tais atalhos curriculares e metodológicos podem provocar na (des) aprendizagem dos estudantes? Anselmo (2016) constatou uma defasagem no domínio de conceitos estruturantes acerca da radiação/radioatividade, sendo necessário: 1) desenvolver nos sujeitos competências e habilidades para que fossem capazes de relacionar tais termos com situações do seu cotidiano, e 2) que o ensino de tais conceitos estruturantes nas aulas de ciências possa servir como caminho introdutório para os estudos da física moderna, ainda na educação básica, e orientar os sujeitos na tomada de melhores decisões sobre os cuidados para a saúde individual e coletiva.

A compartimentalização do conhecimento em disciplinas propicia uma perda de conhecimento acadêmico, já que a radiação e a radioatividade são conhecimentos que transcendem muros disciplinares. A radioatividade é uma competência que para seu domínio se faz necessário uma abordagem minimamente interdisciplinar, como sugere os documentos oficiais do governo federal (BNCC, 2017). A fragmentação dessa competência faz com que conhecimento acadêmico seja perdido ao longo do processo, aumentando as incertezas e fomentando credices populares. No próximo subtópico, serão apresentados os resultados e discussões da análise dos documentos curriculares selecionados para a presente pesquisa.

Resultados e discussões

Nos PCNs+ (BRASIL, 2002) são delimitados os objetivos de aprendizagem para os temas do currículo a partir de abordagens interdisciplinares. Para cada disciplina (figura 2) há os chamados *temas estruturadores* (TEs) (BRASIL, 2002), com sugestões de sequências cronológicas de trabalho dos conteúdos, para os três anos do Ensino Médio.



Figura 2: Apresentação dos temas estruturadores (TEs) nas disciplinas e o conjunto de elementos que os constituem

Fonte: elaborada pelas autoras

Na Física (figura 3), o TE 5 (Matéria e Radiação), indica para os estudos sobre a radiação: suas interações com a matéria, a utilização suas características físico-químicas para uso medicinal e diagnóstico médico, as aplicações industriais na agricultura, geração de energia elétrica e, ainda, o uso em aparelhos eletrônicos (BRASIL, 2002). Ainda em Física, o TE 6 (Universo, Terra e Vida), indica discussões sobre radiação cósmica e como os impactos para a vida na Terra (BRASIL, 2002). Tanto o TE5 quando o TE 6 são

“propostos para a terceira série [do Ensino Médio] por apresentarem elementos que permitem realizar sínteses mais consistentes” (BRASIL, 2002, p. 82).

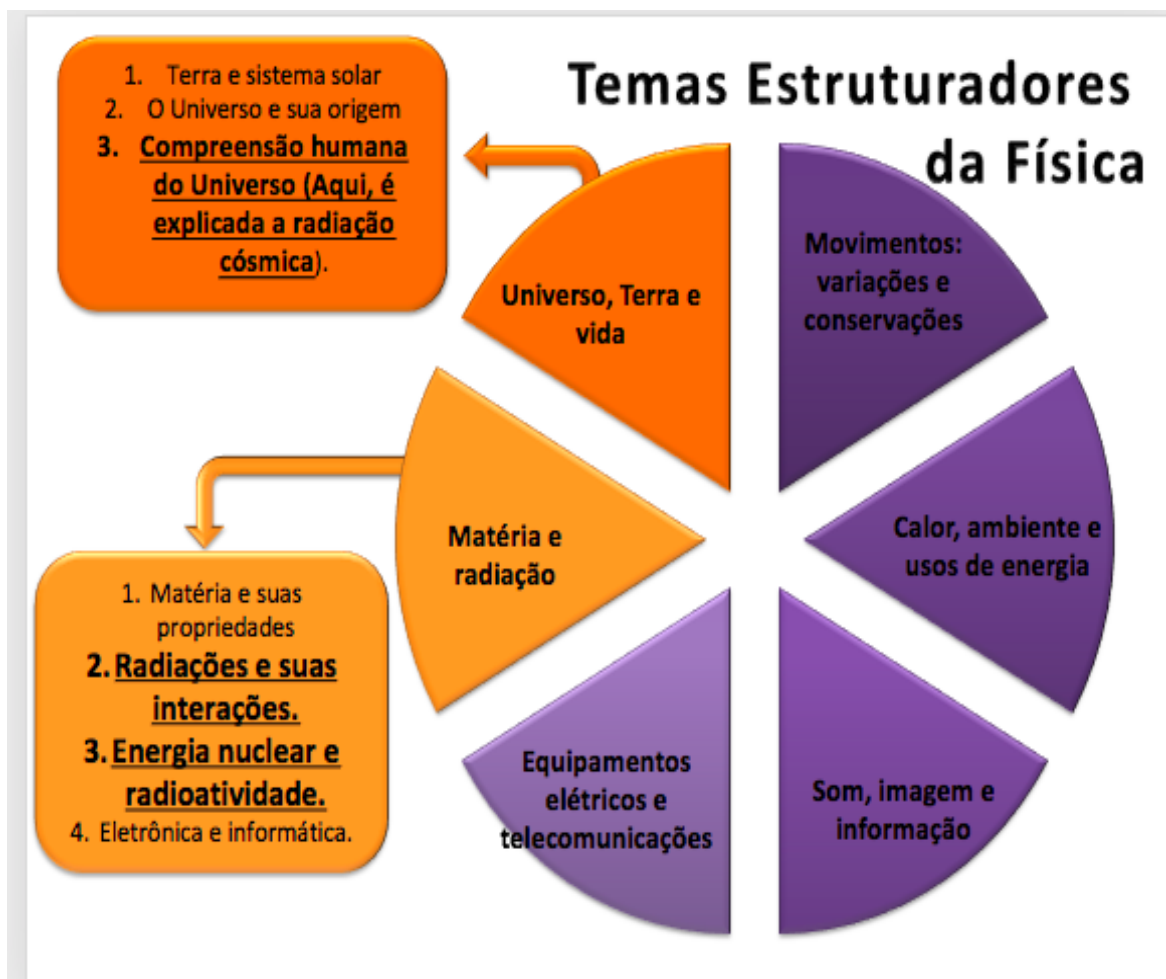


Figura 3: Temas Estruturantes (TEs) na disciplina Física, com destaque para os que apresentam temas relacionados à radiação/radioatividade

Fonte: elaborada pelas autoras

Na Química (figura 4), o TE 6 (Energia e Transformação Química), aponta os estudos sobre as transformações químicas para geração de energia elétrica, com enfoque nos processos de fissão e fusão nuclear, envolvidos com a emissão de radiação (BRASIL, 2002).

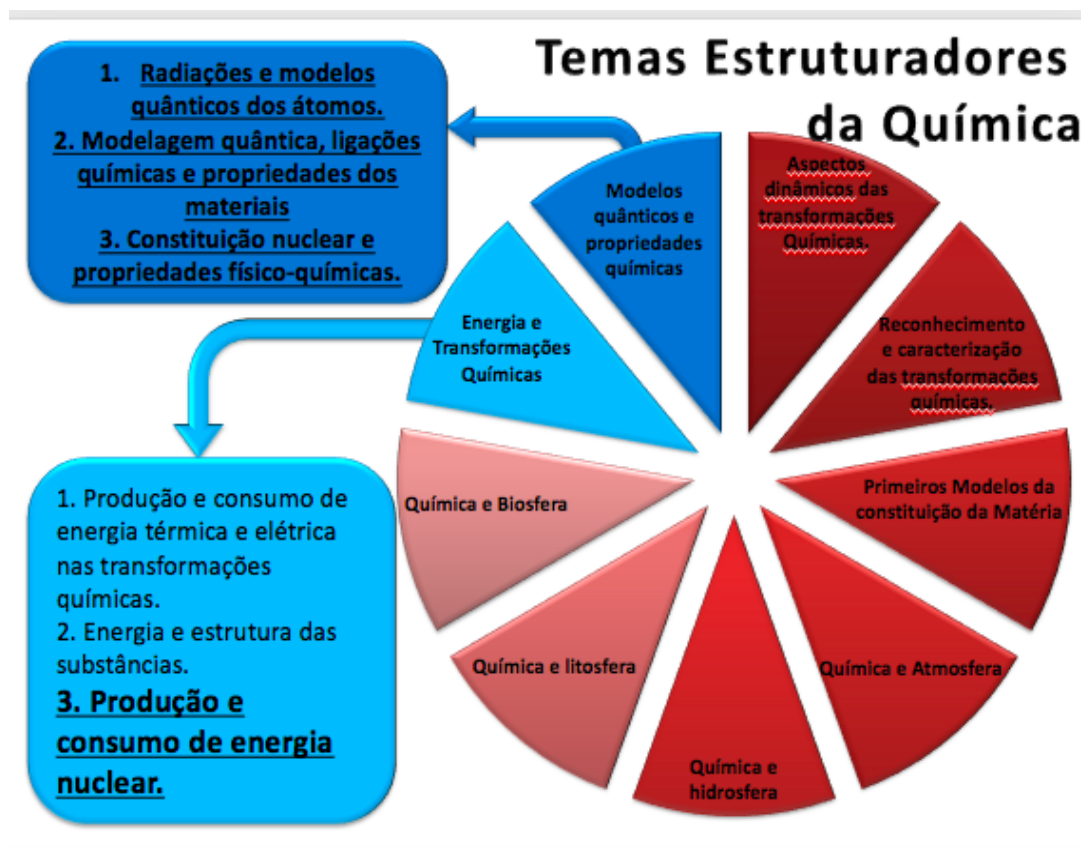


Figura 4: Temas Estruturantes (TEs) na disciplina Química, com destaque para os que apresentam temas relacionados à radiação/radioatividade

Fonte: elaborada pelas autoras

O TE 9 (Modelos Quânticos e Propriedades Químicas) dá destaque aos espectros da radiação eletromagnética, os modelos atômicos e as relações entre número atômico e número de massa nos diferentes decaimentos radioativos (alfa, beta e gama), e não menos importante, quantificar a radiação nos diferentes processos de emissão de energia nuclear como produção de energia, agricultura, medicinal, indústria e artefatos bélicos (BRASIL, 2002). Há a possibilidade de trabalho interdisciplinar entre os TEs da Física e Química, como por exemplo, ao falar da produção de energia (Química) também discutir o TEs da Física, Matéria e Radiação. Porém, a ausência de TEs na Biologia relacionados a radiação/radioatividade, limita a aprendizagem dos docentes sobre as questões biomoleculares e estrutura e interações celulares nos sistemas biológicos e meio ambiente, com os fatores abióticos e bióticos.

A figura 5 apresenta recortes dos textos originais que se referem ao conhecimento sobre radiações mencionadas em documentos oficiais.

	Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)	Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro	Matriz de Referência do ENEM
Química	<ul style="list-style-type: none"> Compreender os processos de fusão e fissão nucleares e a produção de energia neles envolvida. Reconhecer transformações nucleares como fonte de energia. Buscar fontes de informação sobre geração e uso de energia nuclear. Avaliar os riscos e benefícios dos diferentes usos da energia nuclear. 	<ul style="list-style-type: none"> Compreender e interpretar graficamente a cinética de decaimento radioativo (tempo de meia-vida). 	<ul style="list-style-type: none"> H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e (ou) do eletromagnetismo. H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.
	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar a radiação gama como resultante de transições entre níveis quânticos da energia do núcleo. Interpretar processos nucleares em usinas de produção de energia elétrica na indústria, agricultura, medicina, ou em artefatos bélicos, em função das interações e radiações nucleares, comparando riscos e benefícios do uso da tecnologia nuclear. 		
Física	<ul style="list-style-type: none"> Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de micro-ondas, tomografia etc.). Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias. Avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não ionizantes em situações do cotidiano. Energia nuclear e radioatividade Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos. Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina. Avaliar os efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina. Compreender que a energia nuclear pode ser obtida por processos de fissão e fusão nuclear. Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos. Identificar que a energia solar é de origem nuclear. 	
	<ul style="list-style-type: none"> Compreender aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações) através dos tempos, identificando especificidades do modelo atual. 		

Figura 5: Competências presentes nos PCNs + (2002), CME/RJ (2012) e Matriz de Referência do ENEM (2019), relacionadas aos estudos dos temas radiação/radioatividade

Fonte: texto extraído dos documentos curriculares analisados e adaptados pelas autoras

Na figura supracitada, observa-se uma redução no quantitativo de conteúdos, das habilidades e competências indicadas, presentes no CM/RJ, em relação ao conhecimento da radiatividade e radiações, especialmente na Química. Muitos conceitos exemplificados nos PCNs + não são sequer mencionados no CM/RJ, demonstrando o distanciamento entre o que é determinado para as escolas públicas do Rio de Janeiro e o que as demais políticas públicas curriculares orientam. Estão presentes duas habilidades (utilizar e compreender) restritas aos estudos no segundo ano do ensino médio: em Física, no quarto bimestre, um único bloco para a abordagem dos temas energia, usinas e reações nucleares (BRASIL, 2012a). Já em Química, no quarto bimestre é indicado um bloco com dois temas: Termoquímica e Espontaneidade de Reações Química e Cinética; em Cinética tem três diferentes objetivos, e em um deles o discente deverá aprender sobre decaimento radioativo (BRASIL, 2012b).

Não há menção ao tema radiação e radioatividade nos PCN + em Biologia (BRASIL, 2002), e no CM/RJ de Biologia (BRASIL, 2012c), ou seja, ficará ao encargo dos docentes introduzir discussões que incluam, por exemplo, a Radiobiologia. Esse tipo de conteúdo é relevante por especificar questões como os efeitos biológicos das radiações ionizantes em diferentes tipos de estruturas celulares (MOREIRA, 2011).

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é uma política governamental de verificação da aprendizagem, no qual espera-se avaliar os conhecimentos adquiridos pelos discentes durante o Ensino Médio por meio de um ‘exame de referência’, cujos resultados validam o ingresso dos discentes em cursos de nível superior (SANTOS; COSTA, 2017). É objeto de crítica, pela sua imposição nos currículos e práticas docentes, já que

A escola contemporânea adotou, através do ENEM, um modelo de avaliação pautada apenas em suas diretrizes e, com isso, abre mão do planejamento coletivo e do pensamento crítico, que considera os saberes de todos os que compõem o ambiente escolar, atribuindo aos docentes e discentes a tarefa de compreender o que é solicitado pelo exame (SANTOS; COSTA, 2017, p. 4).

A matriz curricular do ENEM, não faz menção aos TEs, mas indica a avaliação dos conteúdos curriculares por meio de oito competências gerais, sendo que para cada uma destas há cerca de três a cinco habilidades específicas, não as distribuindo em disciplinas isoladas, mas tratando-as na perspectiva do conjunto das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Desde a implementação do ENEM em 1998 até o ano de 2015, doze questões avaliativas sobre radiação e radioatividade estiveram presentes nas provas

aplicadas, sendo que em onze destas, são enfatizados os impactos ambientais em caso de acidentes (FERNANDES; CAMPOS, 2016).

São excluídos dos debates no ensino, na aprendizagem e nas avaliações externas, temáticas como a irradiação na produção agrícola, com contribuições na conservação de alimentos e no controle de doenças. Com uso de fótons na intensidade correta obtêm-se alterações desejáveis tais como “a inibição de brotamentos, retardo na maturação, redução da carga microbiana, eliminação de micro-organismos patogênicos, esterilização, desinfecção de grãos, cereais, frutas e especiarias” (COUTO; SANTIAGO 2010, p. 202).

A BNCC, para a área de conhecimento das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Ensino Médio, elege como objetivo principal aprofundar os estudos dos temas trabalhados, em Ciências, no ensino fundamental, distribuídos nas unidades temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. É categórica quando aponta para a urgência da formação integral dos educandos por meio de um ensino que ofereça oportunidades de aprendizagem que valorizem as tecnologias, cidadania, história e cultura.

Para o Ensino Médio, a BNCC (figura 6) apresenta três competências específicas e suas respectivas habilidades para o ensino e aprendizagem.



Figura 6: As três competências eleitas para estruturar os conteúdos e orientar o ensino, da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Fonte: conteúdo extraído da BNCC (2017, p. 537)

Nas competências 1 e 3, há indicações diretas no texto da BNCC sobre as habilidades a serem desenvolvidas e o conjunto de temas do currículo a elas pertencentes. Na competência 1, a habilidade EM13CNT103, fala em “Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica” (BNCC, 2017, p. 541, grifo nosso). O termo radiação não aparece em nenhuma outra habilidade desta competência, porém, há potencialidade de trabalho nas habilidades EM13CNT104 e EM13CNT105, que falam sobre saúde e ambiente e os fenômenos naturais presentes no ambiente, respectivamente.

Já na competência 3, as habilidades EM13CNT304, EM13CNT309 e EM13CNT310 apesar de não trazerem o termo radiação ou radioatividade, elegem conteúdos que estão associados a estes fenômenos, com possibilidade de discussões interdisciplinares, como por exemplo, produção de alimentos, de energia, tratamento de doenças, questões socioambientais e, em adição, a importância da bioética. Ressalta-se, entretanto, que a competência 2, por meio das habilidades que incluem os estudos sobre a origem da vida na Terra e os estudos sobre origem e extinção de espécies (Biologia) têm como estruturantes a radiação/radioatividade, além de tópicos da Física e Química. Recai sobre os docentes a responsabilidade para identificar tais ligações interdisciplinares entre as competências da área de conhecimento e as perspectivas de introdução da radiação/radioatividade no desenvolvimento das habilidades.

Todavia, cabe ressaltar que a implementação do texto da BNCC veio acompanhada da reestruturação do Ensino Médio. A partir da data limite de efetivação da BNCC (até o ano de 2022), todas as escolas passarão a ofertar por meio do seu currículo 1.800 horas de carga horária de estudos cujos conteúdos estejam alinhados com a BNCC e a carga horária será complementada por meio dos itinerários formativos. Porém, caberá aos estudantes fazer a escolha sobre qual itinerário consideram fundamental para o futuro profissional. Tal contexto gerou debates acalorados em grupos que defendem e criticam a reestruturação do ensino médio, por: 1) de um lado, o argumento que tal organização curricular gera autonomia para as escolhas dos discentes, diminui a evasão escolar e introduz na escola o debate sobre a preparação para o mercado de trabalho; 2), por outro lado, há a crítica sobre o cerceamento na oferta de um ensino plural, no qual os estudantes possam ter contato com as muitas disciplinas do currículo. Em adição, há também a denúncia de que nem todas as escolas estarão preparadas para ofertar os itinerários

formativos já que é comprovado que em muitas localidades há escassez de docentes, principalmente da área das Ciências da Natureza.

Sendo os itinerários formativos oriundos das competências específicas de cada área do conhecimento, é por meio deles que os alunos terão a oportunidade de escolher em qual área podem aprofundar os estudos, e qual conjunto de disciplinas e projetos pedagógicos terá acesso entre outras situações de trabalho. Os itinerários formativos são definidos pelos sistemas de ensino, e caberá ao estudante escolher a instituição que ofereça o itinerário de interesse (TEIXEIRA *et al*, 2019) Assim, desta análise, emerge uma questão: Qual será a situação de aprendizagem dos estudantes que não optarem pelo itinerário formativo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias?

Outro ponto que convida para a reflexão é sobre os materiais didáticos (livros), aprovados pelo MEC que já apresentam a organização dos conteúdos orientados pelo texto da BNCC, como os indicados no PNLD/2021. Caberá aos docentes: i) possuir capacidade reflexiva-crítica e de intervenção para e na implementação das determinações curriculares, presentes na BNCC e ii) estender tais competências para a escolha do material didático, das metodologias de ensino e aprendizagem, e de recursos didáticos complementares.

Considerações finais

O currículo da educação básica tem sido objeto de discussão há décadas e ainda constitui uma temática controversa e atual, em especial sobre quais conteúdos devem compor o currículo, os meios e recursos necessários para sua implantação à estrutura e disponibilidade dos recursos metodológicos.

A forma como os professores são formados impacta diretamente na visão e conduta que terão diante dos processos de ensinar, aprender e avaliar. A análise empreendida no presente artigo aponta que o currículo mínimo do estado do RJ, que orientou o ensino de sujeitos na rede escolar reduz os estudos sobre radiação/radioatividade em habilidades que enfocam os temas energia e estudos sobre a estrutura atômica, distribuindo-as na Física e Química, com a ausência na Biologia. Apesar de nos PCN+ haver um maior quantitativo de competências e habilidades, há também a ausência da Biologia na discussão dos temas objetos de análise deste estudo.

A BNCC tem clara organização interdisciplinar no conjunto de competências e habilidades, porém recai sobre alunos (por meio da escolha dos itinerários formativos) e

docentes (de posse de aporte teórico e metodológico) a responsabilidade em criar espaços nos quais a radiação e radioatividade sejam tidas como imersas nos conteúdos eleitos como os básicos e primordiais das Ciências da Natureza.

No entanto, não houve menção nos documentos analisados dos entraves da implementação das políticas curriculares, da necessidade de atualização dos temas das disciplinas pertencentes às ciências da natureza, já que em tese são direcionados aos sujeitos sociais do campo da educação, bem como a sociedade em geral.

O desafio persiste, portanto, em apresentar os temas radiação/radioatividade no currículo como fenômenos naturais, pertencentes às áreas da Física, Química e Biologia, cuja compreensão e desenvolvimento de habilidades e competências perpassam por práticas docentes de ensino que apresentem ligações interdisciplinares. E, ainda, que o ensino nestas disciplinas possibilite o desenvolvimento de sujeitos competentes e hábeis que quando confrontados com problema ou questão desafiadora os compreendam e proponham resoluções e/ou segunda vias usando os conhecimentos científicos e escolares.

Deste modo, os resultados aqui levantados suscitam importantes questionamentos para a formação inicial e continuada dos professores atuantes nas Ciências da Natureza, fomentando a necessidade de pensar em estratégias de colaboração para o enriquecimento teórico e prático, que venha a contribuir com o ensino e aprendizagem.

Referências

ANSELMO J. C. **O (não) ensino de radiações ionizantes: concepções sobre o uso, geração e proteção radiológica**. 2016. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

ARAÚJO, L. de A.; GAZINEU, M. H. P.; LEITE, L. F. C. da C.; AQUINO, K. A. da S. A Radioatividade no Cotidiano: atividade com educandos do Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 4, p. 160-169, 2018.

ARROYO, M. G. A função social do ensino de ciências. **Em Aberto**, v. 7, n. 40, p. 3-11, out./dez. 1988.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais**. Brasília-DF: MEC, 2013.

BRASIL. **Matriz de Referência do ENEM – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília-DF: MEC/INEP, 2019.

BRASIL. **Levantamento feito pelo Inep mostra déficit de docentes nas turmas de 5ª a 8ª séries e ensino médio, principalmente nas disciplinas de Física e Química**.

Brasília-DF: MEC/INEP, 2013. Disponível em: http://inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/sistema-de-ensino-precisa-de-250-mil-professores/21206. Acesso em: 13 fev. 202.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília-DF: MEC/INEP, 2006.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, (LDB). 9394/1996. Brasília-DF: MEC/INEP, 1996.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília-DF: MEC/INEP, 2017.

BRASIL. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN); Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília-DF: MEC/INEP, 2002.

BRASIL. Currículo Mínimo do Estado Rio de Janeiro para o Ensino Médio – Física; 2012a.

BRASIL. Currículo Mínimo do Estado Rio de Janeiro para o Ensino Médio – Química; 2012b.

BRASIL. Currículo Mínimo do Estado Rio de Janeiro para o Ensino Médio – Biologia, 2012c.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A.; **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAVALCANTE, A. B. S. **Energia nuclear no ensino médio: uma análise dos livros didáticos de Física dos programas PNLEM 2007 e PNLD 2012**. 2013. 237 f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Física e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

CORREA, C. S.; SANTOS, L. M. O olhar dos professores sobre as avaliações externas e seus impactos nas práticas pedagógicas. **Revista Educação Pública**, v. 18, n. 21, p. 1-3, 2018.

COSTA, M. A. F; COSTA, M. A. F. B. **Metodologia da pesquisa: conceitos e técnicas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

DANTE, L. R. Livro Didático de Matemática: uso ou abuso? **Em Aberto**, Brasília, ano 16, n. 69, p. 83-97, jan./mar. 1996.

FERNANDES, L. dos S.; CAMPOS, A. F. Análise das questões sobre radioatividade no Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, Amazônia. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 13, n. 25, p. 62-74, 2016.

FLICK, U. **Introdução a Pesquisa Qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Apostila da Universidade Estadual do Ceará UECE. Fortaleza, 2002.

FONTANIVE, N. S. A divulgação dos resultados das avaliações dos sistemas escolares: limitações e perspectivas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 21, n. 78, p. 83-100, 2013.

GATTI, B. A.; BARRETTO, E. S. de S.; ANDRÉ, M. **Políticas docentes no Brasil: um estado da arte**. Brasília-DF: Editora UNESCO, 2011.

JAPIASSU, H. **Um desafio à educação: repensar a pedagogia científica**. São Paulo: Letras e Letras, 1999.

KRASILCHIK, M. Ensino de ciências e a formação do cidadão. **Em aberto**, v. 7, n. 40, p. 55-60, 1988.

MACHADO, C.; ALAVARSE, O. M.; Qualidade das Escolas: tensões e potencialidades das avaliações externas. **Educação & Realidade**, v. 39, n. 2, p. 413-36, abr./jun. 2014.

MEDEIROS, M. de A.; LOBATO, A. C. Contextualizando a abordagem de radiações no ensino de química. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 12, n. 3, p. 65-84, 2010.

MONTEIRO, M. D. da S.; SILVA, S. A.; Sequência de ensino e aprendizagem sobre radioatividade pautada na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). **Dialogia**, n. 36, p. 595-609, set./dez. 2020.

MOREIRA, J. V. de A. **Radiobiologia – efeito das radiações ionizantes na célula – e formas de proteção das radiações ionizantes**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Medicina) - Universidade da Beira Interior Ciências da Saúde; campus Covilhã, 2011.

MOREIRA, W. E. **Avaliações Externas e o ensino das ciências naturais: o que pensam professores das escolas públicas de Luziânia (GO)**. 2019. 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2019.

MORTIMER, E. F.; Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para Onde Vamos? **Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

PACHECO, J. A. Políticas de avaliação e qualidade da educação: uma análise crítica no contexto da avaliação externa de escolas, em Portugal. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, v. 19, n. 2, p. 363-71, jul. 2014.

- RESQUETTI, S. O. **Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento CTS.** 2013. 281 f. Tese (Doutorado em Educação para Ciência e a Matemática) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.
- RIBEIRO, M. de P. Precisamos Falar Sobre Currículo. **Revista Espaço do Currículo**, v. 3, n. 11, p. 499-515, 2018.
- SACRITÁN, J. G. **O Currículo: uma reflexão sobre a prática.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- SANTOMÉ, J. T. **Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado.** Porto Alegre: Artmed, 1998.
- SANTOS, J. R. S.; BEZERRA, J. S.; GOMES, L. C.; PEREIRA, R. N. **A Escolha do Livro-Didático de Física: Mais um Desafio para o/a Professor/a; II CONEDU; Congresso Nacional de Educação; 2015.** Disponível em: file:///C:/Users/Familia/Downloads/TRABALHO_EV045_MD1_SA4_ID681_07092015134914.pdf. Acesso em: 23 abr. 2021.
- SANTOS, L. R. O.; COSTA, J. de J. Educação Ambiental e as Ciências da Natureza: Desafios Curriculares Frente ao Exame Nacional do Ensino Médio. *In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES, 10.; FÓRUM PERMANENTE DE INOVAÇÃO EDUCACIONAL, 11., Anais[...]*, Aracajú, 2017. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/enfope/article/view/4599>. Acesso em: 29 abr. 2021.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. **Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2002.
- SCHMIDT, L.; HORTA, A.; PEREIRA, S.O Desastre Nuclear de Fukushima e os seus Impactos no Enquadramento Midiático das Tecnologias de Fissão e Fusão Nuclear. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 4, p. 233-250, 2014.
- SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 10, n. 19, p. 46-61, dez. 2013.
- SILVA, T. T. **Documentos de Identidade: uma introdução às Teorias de Currículo.** Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2010.
- TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; DI PRINZIO, R.; DI PRINZIO, M. A. R. R. **Radioproteção e Dosimetria: fundamentos.** Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2014. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; Radiação: Efeitos e Fontes.** 2016. Disponível em: <http://www.aben.com.br/Arquivos/544/544.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2021.

XAVIER, A. M.; LIMA, A. G.; VIGNA, C. R. M.; VERBI, F. M.; BORTOLETO, G. G.; GORAIEB K.; COLLINS, C. H.; BUENO, M. I. M. S. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 83-91, 2007.