

**ELIRIANE CAROLINE DA SILVA**

**ANÁLISE DO PCK DE PROFESSORES NO PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES  
DE ENSINO COM FOCO EM NATUREZA DA CIÊNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação – Mestrado Profissional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Poliana Flávia Maia

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal**

T

S586a  
2022

Silva, Eliriane Caroline da, 1991-  
Análise do PCK de professores no planejamento de  
atividades de ensino com foco em natureza da ciência / Eliriane  
Caroline da Silva. – Florestal, MG, 2022.  
1 dissertação eletrônica (111 f.): il.

Inclui apêndices.

Orientador: Poliana Flávia Maia.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
IEF, 2022.

Referências bibliográficas: f. 97-101.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvcaf.2022.010>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Ciência - Educação. 2. Método de Ensino. 3. Ciência -  
História. 4. Professores - Formação. I. Maia, Poliana Flávia,  
1982-. II. Universidade Federal de Viçosa. IEF. Mestrado  
Profissional em Educação em Ciências e Matemática. III. Título.

CDD 23. ed. 507


**ELIRIANE CAROLINE DA SILVA**

**ANÁLISE DO PCK DE PROFESSORES NO PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES  
DE ENSINO COM FOCO EM NATUREZA DA CIÊNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação – Mestrado Profissional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 16 de setembro de 2022.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 ELIRIANE CAROLINE DA SILVA  
Data: 14/12/2022 11:02:46-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Eliriane Caroline da Silva  
Autora

Documento assinado digitalmente  
 POLIANA FLÁVIA MAIA  
Data: 14/12/2022 13:58:52-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Poliana Flávia Maia  
Orientadora

*Em memória a Marie Curie,  
que abriu as portas da Ciência para manifestações femininas.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me permitir realizar esta conquista, que mesmo não sendo no momento almejado, veio a ser concretizada em Seu tempo, que é perfeito e agradável!

Aos meus avós, José e Luzia, uma parte de vocês também se realiza em mim.

Aos meus pais, que me ensinaram com seus valores a nunca desistir.

A minha irmã Elisiane, ao meu afilhado Caio e a prima Manu pelo apoio e refúgio nos momentos difíceis.

À professora Poliana Maia, pela amizade e orientação, não cabem aqui palavras que expressem toda minha gratidão por você.

A minha amiga Isabela, pela admiração, amizade e credibilidade. E pelos muitos encontros de comemoração ou lamentações nos diferentes momentos desta caminhada.

Aos grupos de estudos Reagir e NOS Modelando, por todas as discussões, conselhos e trocas, que foram de extrema importância para o desenvolvimento desta pesquisa. Ao Gustavo e à Larissa, um agradecimento especial pelo apoio na transcrição e organização dos dados.

A todos os colegas que fizeram parte desta caminhada. Em especial agradeço ao Victor, que além de um grande parceiro de estudos, se tornou também um excelente amigo.

Por fim, agradeço a todos meus estudantes, sem vocês nada disso teria sentido.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

SILVA, Eliriane Caroline da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2022. **Análise do PCK de professores no planejamento de atividades de ensino com foco em Natureza da Ciência.** Orientador: Poliana Flávia Maia.

A natureza da Ciência (NdC) é uma das temáticas que auxiliam no desenvolvimento da alfabetização científica dos estudantes, uma vez que contribui com habilidades de criticidade, avaliação e validação de informações. Uma das formas de inclusão de assuntos relacionados à temática é a abordagem histórica, que se apresenta como pano de fundo para o desenvolvimento e reflexão de diferentes aspectos de NdC. Entretanto, muitas publicações vêm apresentando um uso inadequado da abordagem histórica no contexto de sala de aula, o qual não contribui com eficiência para o desenvolvimento de aspectos de NdC. Algumas destas pesquisas mostram que as falhas se apresentam além da apresentação da História da Ciência (HC), e que se encontram muitas vezes nas estratégias utilizadas pelos professores, ou até mesmo na falta delas. Sabemos que, além do conhecimento curricular, os professores apresentam também um conhecimento profissional sobre técnicas e estratégias de ensino, chamado de Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK), e tendo em vistas as dificuldades encontradas pelos profissionais em utilizar a HC, para desenvolver de forma adequada e eficiente a NdC, acreditamos ser necessário contribuir para o aperfeiçoamento do PCK de NdC destes professores. Neste sentido, esta pesquisa analisa a participação de dois professores de Química em um processo formativo sobre HC, para o aprimoramento de seus PCK de NdC. O processo formativo se baseou no uso do filme *Radioactive* e de um caso histórico sobre Marie Curie, que compuseram a abordagem histórica e basearam o desenvolvimento do conhecimento sobre diferentes aspectos de NdC. Devido ao contexto pandêmico em que esta pesquisa ocorreu, a coleta de dados foi realizada de forma remota, por meio de questionários, aulas, reuniões e entrevistas realizadas on-line, além de planejamentos, coletados antes e após a participação no processo formativo, que envolviam especificamente aulas em que a abordagem histórica fosse utilizada. A partir do material coletado foi possível analisar as manifestações de NdC segundo o Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências, bem como os domínios de PCK

alcançados nestas manifestações e as Bases de Conhecimento Profissionais associadas as mesmas, de acordo com o Modelo de Consenso Refinado de PCK. Os resultados mostraram um aumento significativo de manifestações de NdC nos planejamentos dos professores participantes, além de um maior número de manifestações de domínios de PCK associados a diferentes bases de conhecimento profissional. Nas entrevistas constatou-se também um maior interesse destes profissionais pela HC após a participação no processo formativo. A pesquisa tem como produto educacional um material paradidático composto de uma introdução sobre a alfabetização científica e seus benefícios, o caso histórico “Marie Curie: a mulher e a cientista em uma mesma essência”, a categorização do caso histórico, com o destaque de mais de 140 aspectos de NdC e uma coletânea de referenciais bibliográficos de outras histórias da Ciência.

Palavras-chave: Natureza da Ciência. História da Ciência. Conhecimento Pedagógico de Conteúdo. Formação de professores.

## ABSTRACT

SILVA, Eliriane Caroline da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2022. **Analysis of the PCK of teachers in the planning of teaching activities with a focus on the Nature of Science.** Adviser: Poliana Flávia Maia.

The nature of Science (NOS) is a primal subject to foster the student's scientific literacy development, which contributes to the improvement of critical skills, evaluation, and validation of information. One way to include issues related to this theme is the Science history approach, which presents itself as a background for the development and reflection of different aspects of NOS. However, many publications have shown inappropriate uses of the historical approach in the classroom context, so it does not contribute efficiently to the development of the NOS aspects. Some of these research has shown that Science teaching fails in go toward the History of Science (HS) approach, due to the strategies used by teachers, or the lack of them. In addition to curricular and content knowledge, teachers must develop professional knowledge related to teaching methods, which is labeled Pedagogical Content Knowledge (PCK). In order to overcome such difficulties in teaching with HS, we argue that is necessary to contribute for the improvement of the PCK in NOS subjects of science teachers, like a path to promote adequately and efficiently the students' knowledge in NOS. In this sense, this research analyzes the participation of two Chemistry teachers in a training process in HS, that aims the improvement of their PCK in NOS. The training process was based on the use of the Radioactive movie and a historical case about Marie Curie, which composed the historical approach and supported the development of knowledge about different aspects of NOS. Due to this research took place in the pandemic context, data collection was carried out through questionnaires, video recording of the classes, meetings, and interviews, all of them remote. In addition, we gather data through lessons planning elaborated by the teachers, before and after participation in the training process. These lessons plans were focused on historical approach. From the data, we analyzed how NOS aspects occurred, employing a analytical tool intituled Science Model for Science Teaching. To analyze the development of PCK, we used the Refined Consensus Model of the PCK to indicate the domains reached during the process, as the Professional Knowledge Bases

associated with them. The results showed a significant increase in manifestations of NOS aspects in the lessons plans, in addition to a greater manifestation of PCK domains associated with different bases of professional knowledge. During the interviews, it was verified that these teachers were more interested in HS after participating in the formative process. The research presents an educational proposal as an educational product, which includes an introduction about scientific literacy, the historical case “Marie Curie: a woman and a scientist in the same essence”, the NOS categorization of the historical case, presenting more than 140 aspects of NOS and a collection of bibliographic references from other histories of Science.

**Keywords:** Nature of Science. History of Science. Pedagogical Content Knowledge. Teacher training.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	13
2.1 A HC na promoção da alfabetização científica .....	13
2.2 A NdC e suas relações com a HC.....	19
2.3 Uma nova visão sobre aspectos da NdC no Ensino de Ciências .....	24
2.4 A HC e a NdC na formação e atuação de educadores de Ciências.....	27
2.5 O Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) .....	30
2.6 O PCK de NdC.....	37
3 METODOLOGIA DE PESQUISA .....	40
3.1 Questão de Pesquisa.....	40
3.2 Abordagem Metodológica .....	41
3.3 Contexto de Pesquisa.....	42
3.4 Sujeitos da Pesquisa.....	42
3.5 Produto Educacional .....	43
3.6 Produção de dados .....	44
3.7 Metodologia de Análise.....	48
4 RESULTADOS .....	53
4.1 A HC e a NdC no cotidiano dos professores.....	53
4.2 Abordando a HC e NdC no contexto formativo .....	57
4.3 Perspectivas de uso de HC e NdC no ensino .....	70
4.4 Discussão dos resultados .....	79
5 CONCLUSÃO.....	92
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	97
APÊNDICES.....	102
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....	102
APÊNDICE B _ Questionário Inicial .....	105
APÊNDICE C _ Questionário Final .....	107
APÊNDICE D _ Modelo de Planejamento de Aula.....	108
APÊNDICE E – Entrevista.....	109

## 1 INTRODUÇÃO

A promoção de um ensino de Ciências mais autêntico, que apresente o conhecimento científico de forma ampla, contemplando sua construção histórica e os diversos contextos que influencia e, ou são influenciados por esse processo, no qual os estudantes possam construir novos conhecimentos de forma reflexiva e crítica, tem constituído os principais objetivos de educação na área (FARIAS; ARROIO, 2014; ALVIM; ZANOTELLO, 2014; BRASIL, 2015; BRASIL, 2002; MINAS GERAIS, 2005). Espera-se que os conhecimentos construídos auxiliem na validação de informações, na resolução de situações problemas e no julgamento de questões sociocientíficas (QSC) que permeiam seu cotidiano. Cientes deste objetivo, há a necessidade de buscarmos metodologias e abordagens que contribuam para o letramento científico de nossos estudantes.

Em acordo com essa perspectiva atual de ensino, a abordagem de natureza da Ciência (NdC) vem se mostrando de grande potencial para que os estudantes conheçam a Ciência de forma integral, pois essa visa apresentar a construção dos conhecimentos científicos em sua completude, levando o estudante a refletir sobre os diversos contextos que influenciam o conhecimento, desde sua produção até a sua aplicação social. Nesse sentido,

A NdC é definida como um domínio híbrido que mistura aspectos de vários estudos sociais da ciência incluindo a história, sociologia e filosofia da ciência combinadas com as pesquisas das ciências cognitivas tal como a psicologia dentro de uma rica descrição da ciência; como ela funciona, como os cientistas operam como um grupo social e como a sociedade em si direciona e reage aos empreendimentos científicos (McCOMAS, 2008, p. 249-250, tradução nossa).

A abordagem de NdC possibilita refletir sobre os contextos culturais, econômicos, sociais e políticos envolvidos, levando a percepções reais de uma Ciência construída sem neutralidade, a partir de interesses pessoais, com interferências de fatores políticos e econômicos (LEDERMAN, 2002; ALLCHIN, 2011).

A apresentação de fatos históricos com integralidade e transparência se apresenta como um conteúdo em potencial para a abordagem e desenvolvimento de aspectos de NdC e desenvolvimento da alfabetização científica dos estudantes. Comumente, vemos a exposição da História da Ciência (HC) sendo realizada de forma

superficial, a partir de datas e nomes, em uma abordagem anacrônica que não acrescenta significados efetivos no contexto escolar (CASTILLO; ARTEAGA, 2014). No entanto, defendemos aqui que, em uma abordagem completa, na qual a HC possa ser usada com o pano de fundo em uma narrativa de construção de determinado conhecimento, é importante contemplar os vários contextos da época. Nessa perspectiva, além de datas e nomes, deve-se trazer para o processo de ensino, acontecimentos que mostram além do próprio cientista, a pessoa, seus preceitos e sua personalidade, seus escritos, erros, dificuldades e acertos, apresentando muito além da Ciência. Tal abordagem tem potencial de agregar inúmeros benefícios ao processo de ensino e aprendizagem, que incluem o desenvolvimento cultural dos estudantes, pois a HC apresenta a compreensão da mesma enquanto constructo humano, e que está em constante evolução, favorecendo a alfabetização científica e colaborando para que as relações entre Ciência, tecnologia e sociedade sejam notadas, interpretadas e avaliadas mais facilmente pelos estudantes.

A abordagem de HC que tem sido tradicionalmente promovida, difunde e reforça várias concepções deturpadas a respeito da Ciência, sendo muitas dessas crenças compartilhadas pelos próprios professores (GIL-PEREZ *et al.*, 2001). Nesse sentido, entendemos que para se ter uma construção efetiva de NdC e promover a alfabetização científica<sup>1</sup> por meio da HC, é necessária uma transformação na concepção dos professores, de modo a se contribuir na formação deles.

Nesse intuito, apresentamos nessa dissertação a elaboração, aplicação e análise dos dados relativos a um curso formativo para professores das áreas de Ciências da Natureza. O curso apresenta a abordagem de HC para o desenvolvimento de ideias sobre NdC no processo de ensino e aprendizagem em sala de aula. Mais do que beneficiar a formação dos estudantes, buscou-se aprimorar as estratégias didáticas dos professores participantes, apresentando novas metodologias e materiais que poderão ser utilizados no contexto de sala de aula.

Entre os materiais utilizados no processo formativo está nosso produto educacional, que além de divulgar a abordagem histórica para o desenvolvimento de aspectos de NdC, aborda também a importância da alfabetização científica dos estudantes. O produto educacional apresenta um caso histórico ilustrado e baseado

---

<sup>1</sup>Nesse trabalho adotamos o termo 'alfabetização científica' em acordo com a perspectiva freireana, em um sentido mais amplo de leitura e transformação do mundo (Sasseron e Carvalho, 2011).

em originais sobre a vida pessoal e o trabalho científico de Marie Currie. A partir da abordagem do caso, é possível a identificação e o desenvolvimento do conhecimento de diferentes áreas de NdC, uma vez que ele apresenta mais de 140 aspectos de NdC contemplados, conforme o Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências – versão 2 (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020).

A utilização de casos históricos para a abordagem de NdC vai ao encontro de ideias de Allchin (2011), que defende o uso desses, assim como o uso de casos contemporâneos e atividades investigativas como propostas eficientes no desenvolvimento de tais conhecimentos.

A partir da análise do desenvolvimento do conhecimento de docentes a partir da participação no processo formativo, esse trabalho objetiva caracterizar o desenvolvimento do conhecimento dos professores em relação aos aspectos de NdC e à integração desses no planejamento de ensino. A partir disso, o trabalho analisará o conhecimento pedagógico de conteúdo (*Pedagogical Content Knowledge* - PCK) dos professores manifestado nesses planejamentos, à luz do Modelo de Consenso Refinado (RCM) de PCK (CARLSON; DAEHLER, 2019).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A HC na promoção da alfabetização científica

A promoção do ensino de Ciências na Educação Básica pode ser mediada por diferentes abordagens, entre elas a HC, que trabalhada de maneira adequada, tem grande potencial para contribuir para o entendimento da construção do conhecimento científico. No entanto, abordagens inadequadas da HC nas salas de aulas não têm contribuído positivamente neste processo. Por exemplo, pesquisas que analisam a HC em livros didáticos indicam que ela é apresentada, em geral, de forma progressiva e linear, expondo a Ciência como “um avanço constante, nunca dando um passo errado, uma fonte de solução para todos os males do mundo” (MILNE, 2011, p.13). Desta forma, os livros não apresentam uma visão sobre a construção do conhecimento científico, pois desconsideram fatores externos, como aspectos econômicos, políticos e sociais que interferem diretamente na produção deste conhecimento. Esta exposição inadequada aproxima-se bastante daquilo que Schwab (1962, 1974 *apud* Niaz 2014) chamou de “retórica das conclusões”, uma vez que o ensino de Ciências não contempla o contexto histórico e os conhecimentos científicos são apresentados como verdades absolutas e pré-existentes, de forma que “não há espaço para discussões sobre a natureza da Ciência, seus impactos ambientais e sociais, suas relações políticas, econômicas e culturais; enfim, a Ciência é apresentada como um ser autônomo ao contexto histórico a que pertence” (ALVIM; ZANOTELLO, 2014, p.353).

Outro aspecto apresentado nos livros didáticos, que pode favorecer a construção de ideias deturpadas da Ciência, é a exposição de fatos históricos de maneira anacrônica, ou seja, a apresentação de fatos do passado segundo as características do momento presente (CASTILLO; ARTEAGA, 2014). Isso impede que o estudante construa uma real imagem dos acontecimentos científicos, visto que os cenários dos eventos históricos se mostram desconstruídos e incompletos, geralmente ocultando detalhes que poderiam contribuir para aumentar o interesse dos estudantes, bem como na contextualização do conhecimento e no desenvolvimento de habilidades de inferir e argumentar em QSC. Além disso, a apresentação da HC no ensino reduzida a nomes, datas e anedotas, a distância de sua completude real, e resulta mais em prejuízos do que benefícios para o ensino de Ciências (ASSIS, 2014).

Quando observamos individualmente a apresentação de experimentos científicos históricos nos livros didáticos, além de ser inapropriada quando consideramos os detalhes dos experimentos originais, há também falhas relacionadas ao entendimento da experimentação (HEERING, 2014), que validam a existência de um único método científico. Dessa forma, a abordagem inadequada da HC prejudica a compreensão das práticas científicas, pois não apresenta os métodos e as tecnologias da época, deslocando-os, muitas vezes, ao tempo e *status* do conhecimento atual.

Além de falhas no material didático, os problemas, desafios e dificuldades para a introdução da HC na Educação Básica perpassam também pelo

tempo didático necessário para a inteligência desses saberes transdisciplinares tão complexos, a construção de narrativas adequadas para não especialistas, as distorções ocasionadas na imagem da Ciência sobre sua construção e, por fim, o choque com a cultura escolar (FORATO; GUERRA; BRAGA, 2014, p.138).

Assim, uma vez que os conhecimentos são abordados de forma conteudista, apresentados como verdades absolutas, sem considerar sua construção e sua relação com o contexto de produção e aplicação dos conhecimentos, o ensino na Educação Básica traz uma cultura de se empenhar mais na apresentação de conteúdo. Essa ênfase nos conteúdos científicos em detrimento ao processo de construção deles, coloca a HC como apêndice do ensino, sendo muitas vezes relegada ou desvinculada de importantes objetivos de ensino.

Por outro lado, os docentes apresentam dificuldade em incorporar a HC no ensino de Ciências, principalmente devido à falta de compreensão dos objetivos dessa no ensino, por dificuldades de relacioná-la ao desenvolvimento dos conteúdos científicos e, ainda, pela própria falta de domínio da HC (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001). Reconhecendo estes desafios, Höttecke e Silva (2010) afirmam que para uma abordagem de HC bem-sucedida, há a falta de habilidades no geral, como no ensino baseado em investigação, narrativa, escrita, bem como em encenar cenários e dirigir o desenvolvimento dos estudantes, ou até mesmo em mediar discussões abertas entre eles. Devemos considerar também que a abordagem da HC é construída por contribuições de historiadores e filósofos, os quais precisam reconhecer as necessidades do ambiente escolar, que são bem diferentes de suas questões profissionais e acadêmicas (ALLCHIN, 2014). As particularidades da sala de aula

promovem então uma reflexão sobre quais visões estão sendo construídas a partir deste modelo de abordagem inadequado, e quais seriamos benefícios alcançados quando o desenvolvimento da HC é realizado adequadamente durante o processo de ensino e aprendizagem em salas de aulas de Ciências.

Gil-Pérez *et al.* (2001) destacam sete visões deturpadas da Ciências apresentadas por estudantes, que são:

- (i) concepção empírico-indutivista e ateórica; (ii) visão rígida (algorítmica, exata, infalível, ...); (iii) visão aproblemática e ahistórica; (iv) visão exclusivamente analítica; (v) visão acumulativa de crescimento linear; (vi) visão individualista e elitista; e (vii) visão socialmente neutra da ciência (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p.130 - 133).

De acordo com os autores, tais visões contribuem para o insucesso escolar, para o estímulo de rejeição por parte dos educandos e para a falta de candidatos que se interessam por áreas científicas no ensino superior. Além disso, quando ocorre abordagem inadequada, visões erradas já trazidas previamente pelos estudantes são confirmadas, pois os mesmos não conseguem compreender a HC em sua totalidade, apenas de forma seletiva, com alguns aspectos enfatizados (ALLCHIN; ANDERSEN; NIELSEN, 2014). Um exemplo disso ocorre na abordagem histórica sobre modelos atômicos, que geralmente se inicia no modelo de Dalton, perpassa pelos modelos de Thomson e Rutherford, finalizando em Bohr, como se os modelos fossem sendo substituídos gradativamente ao longo do tempo, não sendo exposta a evolução do conhecimento alcançada a partir de novos experimentos e descobertas, anulando também a participação de outros cientistas, os que antecederam Dalton e os que participaram da evolução do conhecimento até a elaboração do modelo de Bohr (FERREIRA; PEDUZZI, 2014).

Para Georges Canguilhem (2009),

o objeto da história das ciências deveria estar focado na historicidade do discurso científico e, muito menos, nos feitos da ciência. Assim, esta não deveria possuir como temática principal um objeto natural ou científico, mas debruçar-se sobre a historicidade do discurso e da prática científica, apresentando-os como objetos culturais de um dado tempo e localidade (p.197).

Tal proposta conduziria estudantes e a população para uma importante reflexão acerca da historicidade da prática e do discurso científico, efetivando uma educação científica crítica, necessária para a vida em sociedade na contemporaneidade.

A abordagem da HC no ensino de Ciências influencia diretamente no desenvolvimento cultural dos estudantes pois, neste caso, é de suma importância o aprendizado de certos episódios da história do conhecimento científico. A partir de tais episódios é possível acompanhar a construção do conhecimento, suas relações com o contexto cultural, político e social da época, promovendo uma visão científica mais ampla, de forma a compreender a Ciência no passado, bem como sua construção no presente. Com isso, a ideia de método científico é reconstruída, e o aluno passa a ter mais conhecimento sobre o trabalho dos cientistas, compreendendo a existência de ‘métodos’ das ciências, sem a visão positivista de que existe um método universal de construção do conhecimento científico. A abordagem de HC também contribui para mostrar a evolução do conhecimento científico com o passar do tempo, rompendo com a ideia de que a Ciência é uma “verdade definitiva e incontestável”, apresentando-a como um conhecimento em constante transformação (MILNE, 2011; FORATO; GUERRA, 2014; ALVIM; ZANOTELLO, 2014).

A abordagem de HC no ensino colabora também no entendimento das relações entre Ciências, tecnologia, cultura e sociedade no ambiente da sala de aula, pois permite explorar como os contextos cultural, político e social influenciam diretamente na construção do conhecimento científico e, portanto, no desenvolvimento da tecnologia. Alguns autores demonstraram a importância desta relação ao desenvolverem trabalhos que envolviam tanto a abordagem de HC quanto as relações com a tecnologia, cultura e sociedade (SCHMIEDECKE; PORTO, 2014; GANDOLFI; FIGUEIRÔA, 2014). Por exemplo, Schmiedecke e Porto (2014) analisaram os conhecimentos históricos sobre a energia nuclear de licenciandos em Física, detectando sua insuficiência e propondo, em seguida, uma sequência didática, contemplando a temática. Nesse contexto, os autores destacaram como a abordagem de temas pouco explorados em sala de aula colabora para que os professores estejam mais bem preparados para serem “efetivos partícipes de uma educação promotora da formação de cidadãos verdadeiramente críticos acerca da ciência presente em seu cotidiano” (SCHMIEDECKE; PORTO, 2014, p.240).

Na pesquisa desenvolvida por Gandolfi e Figueirôa (2014), os autores abordaram, de maneira interdisciplinar, a construção do conhecimento científico no

século XVII, durante a exploração do salitre<sup>2</sup>, nas nitreiras<sup>3</sup> brasileiras. Neste trabalho, foi apresentado a elaboração e aplicação de uma sequência didática para o Ensino Médio, envolvendo o contexto cultural, político e social, a partir da apresentação de originais escritos por químicos empíricos brasileiros, que trabalharam diretamente na exploração do salitre. Segundo os autores, “uma abordagem histórica vem ao encontro das novas tendências para o ensino, principalmente no que tange a formação de cidadãos conhecedores das relações entre processos científicos, tecnológicos e sociedade” (GANDOLFI; FIGUEIRÔA, 2014, p.280), ideias das quais compartilhamos.

A abordagem de HC pode colaborar ainda na alfabetização científica dos estudantes, pois esta permite o trabalho com o conteúdo de forma mais reflexiva, o que contribui no desenvolvimento do pensamento crítico e oportuniza uma nova forma de ensinar (FERREIRA; PEDUZZI, 2014). Com este entendimento, os cidadãos do século XXI podem se tornar mais conscientes a respeito do funcionamento da Ciência e os impactos causados de forma direta e indireta em nosso cotidiano. Nesse sentido, “o uso de HC possibilita aos estudantes construir uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político” (CASTILLO; ARTEAGA, 2014, p.301).

Na visão de Farías e Arroio (2014), a abordagem de HC durante as aulas de Ciências, em geral, podem oferecer benefícios nos níveis cognitivo, emotivo/individual e sociocultural. O nível cognitivo trata das facilidades promovidas durante o entendimento de conceitos científicos mostrados no contexto; o emotivo/individual abrange o aspecto de aproximação da Ciência, no sentido de estabelecer uma identificação entre professores, alunos e pessoas que realmente constroem a Ciência, contribuindo para a motivação dos estudantes; e, o sociocultural trata das influências positivas alcançadas quando o empreendimento científico se inclui na sociedade e cultura, fazendo parte do cotidiano do aluno. Ainda sobre o nível emotivo/individual, Marcelo Zanotello (2011) (apud GANDOLFI; FIGUEIRÔA, 2014, p.281) apontou outra relação nesta identificação, afirmando que “o conhecimento das dificuldades dos

---

<sup>2</sup> Salitre: nome popular do nitrato de potássio ( $KNO_3$ ), a principal matéria prima da pólvora.

<sup>3</sup> Nitreiras: Lugar onde são extraídos compostos de nitro, como o nitrato de potássio. No Brasil, as primeiras nitreiras naturais foram exploradas nas serras da Bahia, a partir do séc. XVI (GANDOLFI; FIGUEIRÔA, 2014).

cientistas frente às suas questões podem gerar uma identificação por parte dos alunos diante das dificuldades que encontram em seu aprendizado”.

Um método eficiente para favorecer esta aproximação entre estudantes e cientistas é o contato direto com materiais originais, ou seja, a substituição de reinterpretções apresentadas em livros didáticos ou sites da internet, por fontes primárias. Segundo Gandolfi e Figueirôa (2014), o material é uma ferramenta em potencial para aproximar do estudante as concepções, raciocínios e a lógica que envolvem o trabalho do cientista, durante a construção de determinado conhecimento científico. A partir destes originais, Alvim e Zanolello (2014) acreditam proporcionar

reflexões acerca dos contextos culturais de produção dos mesmos, salientando perspectivas intelectuais, conexões políticas, inserções sociais, práticas e instrumentos científicos, representações, impactos socioambientais, dentre outros aspectos relacionados à produção da ciência (p.357).

Assim, apresenta-se uma visão diacrônica da Ciência, pois os fatos do passado são vistos ambientados nas situações em que realmente aconteceram naquela época.

Outro benefício alcançado quando se apresenta originais é a evolução e entendimento a respeito do método científico, pois os cientistas observam, comparam, medem, testam, especulam, hipotetizam, criam ideias e ferramentas conceituais construindo teorias e explicações. No entanto, não existe uma sequência única de atividades, que os conduza a soluções ou respostas funcionais ou válidas (LEDERMAN *et al.*, 2002). Nesse sentido, a leitura de originais contribuem para a validação de ideias adequadas sobre a construção do conhecimento científico, pois narrativas historiográficas produzidas no âmbito da história cultural das Ciências permitiriam uma efetiva integração entre história e ciência na educação científica, superando um caráter de complementaridade ou de ilustração atribuído à história no ensino das Ciências (ALVIM; ZANOTELLO, 2014).

Ao se promover uma abordagem adequada da HC, contribui-se para a promoção da alfabetização científica, que sugere não apenas reconhecer a Ciência enquanto conteúdo, ou atividades experimentais e/ou observações carregadas de teoria, mas compreender os conhecimentos científicos, de forma a desenvolver a competência de avaliar informações particulares que envolvam a Ciência e seu desenvolvimento na vida cotidiana (ALLCHIN, 2011a). Segundo Ryder (2001), é importante que a alfabetização científica contemple “argumentos utilitários,

democráticos e (em menor grau) sociais, porque as pessoas precisam saber algo sobre Ciências” (p.37). Nesse sentido, a HC se apresenta como pano de fundo, contextualizando o desenvolvimento do conhecimento científico, relacionando-o aos contextos de sua construção, apresentando sua evolução ao longo do tempo. A HC torna a Ciência significativa e qualquer estudo da Ciência, sob qualquer perspectiva, pode fornecer *insights* para a interpretação da confiabilidade de alegações científicas no contexto social (Allchin, 2014), auxiliando assim na alfabetização científica do aluno.

Milne (2011) afirmou que para que as pessoas sejam identificadas como conhecedores da Ciência, elas devem apresentar algum conhecimento da história e de como as práticas e discursos evoluíram ao longo do tempo. Portanto, é desejável que o ensino de Ciências seja mais autêntico, isso é, que aproxime o estudante da Ciência, contribuindo para a formação de cidadãos críticos-reflexivos, promovendo assim, uma visão mais ampla da Ciência, além de permitir um melhor entendimento a respeito da construção do conhecimento científico (SANTOS, 2019). Contudo, para que isso aconteça, é necessário criar mecanismos para que a produção do conhecimento realizado pela comunidade científica adentre os muros escolares efetivamente (FORATO; GUERRA; BRAGA, 2014), o que vai muito além da criação de materiais específicos, ou investimento na formação de professores, perpassa por uma evolução cultural, de valorização e respeito do potencial humano enquanto produtores de conhecimento.

## **2.2 A NdC e suas relações com a HC**

Quando referimo-nos à NdC, essa envolve conhecimentos para serem abordados no ensino de Ciências, que tratam, entre outras áreas, da epistemologia e da sociologia da Ciência, apresentando-as como uma maneira de conhecer o mundo, mostrando os valores e/ou crenças inerentes à construção do conhecimento científico e ao seu desenvolvimento (LEDERMAN et al., 2002). Na Educação Básica, a abordagem de NdC tem o potencial de preparar os estudantes para atuarem em uma sociedade em que a Ciência e a tecnologia são cada vez mais importantes. Além disso, aprender sobre NdC implica em entender como a Ciência funciona, o que ajuda o cidadão a manter reivindicações de credibilidade em verificação, frente a situações-

problemas da vida cotidiana, ou seja, “interpretar a confiabilidade das alegações científicas na tomada de decisões pessoais e públicas” (ALLCHIN, 2011b, p.521).

Apesar de impasses e discordâncias entre educadores e pesquisadores da área de ensino de Ciências em relação “o que” e “como” introduzir NdC no ensino (MOURA, CAMEL; GUERRA, 2020), o objetivo principal para a incorporação da NdC no currículo de Ciências tem se alinhado para alcançar a alfabetização científica dos cidadãos, construindo habilidades e competências que os façam capazes de abordar problemas científicos e tecnológicos na vida moderna e em uma cultura democrática (ALLCHIN; ANDERSEN; NIELSEN, 2014).

Para que o ensino deste conhecimento se efetive, é necessário retirar a NdC da “barra lateral” do material didático e transformá-la em um conjunto de conhecimentos integrados ao ensino de Ciências. Nesse sentido, o conhecimento de NdC não pode se limitar a conhecimentos declarativos. É preciso reformular a abordagem da NdC, apresentando e promovendo reflexões sobre controvérsias da Ciência, de forma que a problematização do conhecimento seja realizada de forma acessível: em uma escolha de decisões e escolhas humanas (ALLCHIN, 2011a), aproximando a Ciência do cotidiano do estudante.

Allchin (2011a), ao citar os problemas não resolvidos de NdC, se refere à coletânea de casos históricos de Minnesota<sup>4</sup>, com 16 casos, que destacam individualmente alguns temas de NdC. Entre os casos, o primeiro relata a história de Alfred Russel Wallace, que teria também desenvolvido uma teoria sobre a origem das espécies, teoria referida a Charles Darwin. Com esse caso é possível desenvolver 6 recursos de NdC, entre eles os motivos pessoais do cientista, a importância das experiências pessoais e a relação delas com o trabalho do cientista e a diversidade do pensamento científico. De acordo com Allchin, esses casos têm potencial para serem trabalhados em sala de aula, podendo colaborar com a construção de conhecimentos de NdC de forma contextualizada. É válido lembrar que, uma vez que a problematização é feita, a abordagem da NdC se torna relevante para a alfabetização científica, desde que essa seja abordada em uma construção em grande parte baseado em dados, e não uma questão de julgamento ou achismos. Neste caso, concordamos com Allchin (2014, p.3) quando afirmou que “a confiabilidade parece ser

---

<sup>4</sup> Esta coletânea trata-se de 16 estudos de casos, desenvolvidos na Universidade de Minnesota. Cada um dos casos destaca um pequeno conjunto de recursos de NdC, que podem ser desenvolvidos em uma sequência didática que os utilize.

o princípio central, não a explicação”. Ou seja, é importante que o estudante, por meio de seus conhecimentos, avalie as informações e defina a confiabilidade delas, ainda que estas informações contemplem um assunto desconhecido.

Outro aspecto importante de ser levado em consideração ao se propor atividades de ensino envolvendo NdC, durante a promoção da alfabetização científica que almejamos, é a reflexão sobre a divulgação do conhecimento científico, uma vez que o conhecimento passa por caminhos desde o meio científico até a divulgação para a sociedade. No contexto do meio científico:

alguns argumentam que uma das características mais perturbadoras da Ciência contemporânea é a privatização efetiva do conhecimento. A ciência é cada vez mais conduzida a portas fechadas, no sentido de que muitos procedimentos e descobertas permanecem secretos ou são protegidos por patentes, removendo-os do escrutínio crítico da comunidade científica (HODSON, 2014, p.940).

Nesse sentido, a NdC permite a compreensão dos caminhos percorridos pela Ciência, desde sua construção até sua aplicação, permitindo que o estudante reflita sobre o papel da Ciência na contemporaneidade, avaliando seus benefícios, comunicação e utilização em seu cotidiano.

Como seria possível a mediação deste conhecimento em salas de aula de Ciências? De acordo com Abd-el-Khalick (2005) há uma relação entre a NdC e a HC, pois HC apresenta em si a construção da Ciência e, em consequência disso, apresenta aspectos da NdC, podendo ser diretamente integradas no contexto escolar. Além disso, tem-se um grande desafio em se tornar a Ciência significativa para os estudantes, e neste contexto “as perspectivas históricas e filosóficas, a história e questões epistêmicas podem auxiliar a promoção deste engajamento” (ALLCHIN, 2014, p. 4). Ainda de acordo com Allchin (2014), há três abordagens para contextualizar o ensino de NdC: a abordagem de casos históricos, a abordagem de casos contemporâneos e o desenvolvimento de atividades investigativas por parte dos estudantes.

Em relação à abordagem de casos históricos, além dos vários benefícios citados, alcançados pela apresentação e discussão da HC no ensino de Ciências, Allchin (2014) ainda pontua que a abordagem ajuda a concretizar mudanças conceituais e a aprender com erros, pois a história, quando apresentada de maneira adequada, representa mudanças mais substanciais do que a sucessão gradual de

modelos. Outro aspecto interessante proporcionado por esta abordagem é o contato do estudante com as diferentes narrativas da história, uma vez que entre elas podemos identificar características que romantizam os cientistas, outras em que mostram que a Ciência é masculina, e algumas que destacam a Ciência como exclusivamente ocidental. No entanto, apesar de tais visões, é importante o contato com tais narrativas, pois a história sobre um cientista é, ao mesmo tempo, uma lição sobre a dimensão humana da Ciência.

Ainda em relação aos casos históricos, Allchin, Andersen e Nielsen (2014) se atentam ao grande potencial da abordagem em apresentar recursos individuais da NdC, como o contexto cultural ou o potencial dos preconceitos teóricos, que influenciam diretamente na interpretação dos dados ou na verificação de um erro durante o trabalho do cientista, os quais provocam mudanças na teoria histórica. Os autores ainda assumem que “nem todo caso histórico exibirá todos os recursos igualmente” (p.470). No entanto, no ensino de Ciências é de extrema importância considerar que o trabalho dos cientistas não ocorre à margem do contexto social em que vivem, ou livre de influências de seu momento histórico. Isso fundamenta o trabalho de questões culturais e históricas na produção do conhecimento científico (ALVIM; ZANOTELLO, 2014).

Os casos contemporâneos, por sua vez, são relatos de acontecimentos recentes da cultura contemporânea, nos quais conhecimentos científicos podem ser utilizados para a sua interpretação e/ou entendimento. Na visão de Allchin, Andersen e Nielsen (2014), uma característica fundamental de tais casos é que eles não estão resolvidos. Nesse sentido, a resposta ainda está em elaboração, sendo a Ciência diretamente aplicada na situação problema citada. A incerteza que transparece nestes casos é uma das potencialidades que levam ao desenvolvimento de aspectos da NdC em salas de aula de Ciências. Apresentando tais aspectos, os casos contemporâneos propiciam o desenvolvimento de habilidades interpretativas, levando os estudantes a avaliar evidências e a desenvolver argumentos em um contexto social crítico (ALLCHIN, 2014).

Outra potencialidade dos casos contemporâneos é a dependência epistêmica envolvendo a Ciência e a alfabetização científica em duas dimensões que são extremamente importantes para a construção do conhecimento científico. A primeira dimensão é uma reflexão sobre “qual é a natureza da experiência e os meios para um

não especialista saber em quem confiar?” (ALLCHIN, 2014, p. 9). Nessa situação, os casos contemporâneos contribuem para o desenvolvimento da habilidade de perícia, uma característica da NdC, uma vez que o estudante é levado a avaliar a confiabilidade das informações que lhe são apresentadas. A segunda dimensão é refletir sobre “quem pode ser confiável como fonte credível de informações sobre Ciência?” (ALLCHIN, 2014, p. 9). Nesse sentido, os casos contemporâneos levam o estudante a perceber que, mesmo partindo de fontes confiáveis, os argumentos são formulados a partir de um conflito que envolve ideologias, opiniões políticas e/ou comerciais, que podem ou não distorcer os resultados científicos, o que promove a construção do conhecimento científico a partir de uma nova ótica. Diante de tais dimensões, o ensino de Ciências tem grande potencial para preparar cidadãos que sejam habilitados a avaliar as informações, antes de considerar evidências e argumentos apresentados, frente às muitas situações do cotidiano, nas quais a Ciência nem sempre é percebida e valorizada.

Por outro lado, as atividades investigativas são aquelas que envolvem os estudantes em pesquisas autênticas (coordenadas e/ou estruturadas de acordo com suas habilidades), e refletem explicitamente sobre problemas epistêmicos, como qualidade das evidências, interpretação de dados, conflitos ideológicos, anomalias, modelos alternativos, entre outros (ALLCHIN, 2014). Tais atividades aproximam os estudantes do trabalho do cientista e rompem com o paradigma de método científico único. É válido lembrar que nem sempre uma atividade investigativa oferece todos os benefícios ou promove uma “nova descoberta”, porém apresentam desta forma as falhas que também ocorrem na Ciência. Além disso, se os estudantes podem se beneficiar ao vivenciarem os métodos utilizados pelos cientistas, em contrapartida, eles devem ser “conscientizados sobre as estruturas conceituais em que eles e os cientistas operam” (MILNE, 2011, p.123). Portanto, as abordagens de casos históricos, casos contemporâneos e atividades investigativas têm muito a colaborar nas salas de aula de Ciências, pois

alcançam uma certa medida de alfabetização política, incluindo o conhecimento de como se envolver em uma ação coletiva, com indivíduos que têm competências, origens e atitudes diferentes, mas compartilham de um mesmo interesse comum, em um contexto de atividades específicas (HODSON, 2014, p. 942).

Nesse sentido, para mediar a construção do conhecimento dos estudantes, de forma autêntica e efetiva, é importante promover a familiaridade com o contexto, a compreensão dos conceitos científicos inerentes aos assuntos, bem como o interesse e a relação com assuntos anteriormente trabalhados em sala de aula. Tais aspectos são cruciais para a escolha de temas que envolvem as abordagens mencionadas.

Na busca pela produção de saberes cada vez mais fundamentados sobre HC e NdC, entende-se que a Ciência vista como cultura, seria mais do que um conjunto de saberes especializados, produzidos a partir de teorias e metodologias. A Ciência é, e assim deve ser vista, como uma construção humana sobre os fenômenos naturais a partir de interações com seu universo cultural, dialogando socialmente com o meio, uma vez que Ciência sofre e exerce influências sociais, políticas, econômicas e culturais neste meio (ALVIM; ZANOTELLO, 2014).

### **2.3 Uma nova visão sobre aspectos da NdC no Ensino de Ciências**

Ao longo dos anos, pesquisadores vêm tentando caracterizar aspectos essenciais da NdC para o Ensino de Ciências. Lederman *et al.* (2002) construíram uma lista de sete princípios para serem abordados em sala de aula: (i) a natureza empírica do conhecimento científico, (ii) teorias e leis científicas, (iii) a natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico, (iv) a natureza carregada de teoria do conhecimento científico, (v) a inserção social e cultural do conhecimento científico, (vi) o mito do método científico e (vii) a natureza provisória do conhecimento científico (LEDERMAN *et al.*, 2002). Tais ideias foram fortemente rebatidas por outros grupos de pesquisadores, que alegavam que a Ciência devia ser entendida pela sua funcionalidade na prática, de maneira integral, sem considerar apenas alguns princípios. Desta forma, novas propostas surgiram.

O entendimento da Ciência enquanto conhecimento integral é apresentado por Allchin (2011), que defende a ideia de que um estudante conhecedor da NdC é capaz de participar da sociedade de forma crítica e atuante, avaliando a confiabilidade de informações para elaborar argumentos bem fundamentados, frente a uma situação problema de seu cotidiano. Para Allchin (2011), a NdC não deve ser definida em uma lista de princípios e sim entendida por diferentes dimensões sobre a Ciência, as quais se relacionam a sua funcionalidade, desenvolvimento e confiabilidade. Estas dimensões compõe o PDCC – Perfil de Dimensões Conceituais da Ciência, composto

por 10 dimensões, sendo elas: (i) observações e raciocínio, (ii) métodos de investigação; (iii) história e criatividade; (iv) o contexto humano; (v) cultura; (vi) interações sociais entre cientistas; (vii) processos cognitivos; (viii) economia/financiamento; (ix) instrumentação e práticas experimentais e (x) comunicação e transmissão de conhecimento (ALLCHIN, 2011). Para Allchin, o estudante que desenvolve competências relacionadas à abrangência destas dimensões conhece a Ciência de forma “integral” e compreende sua funcionalidade em seu cotidiano.

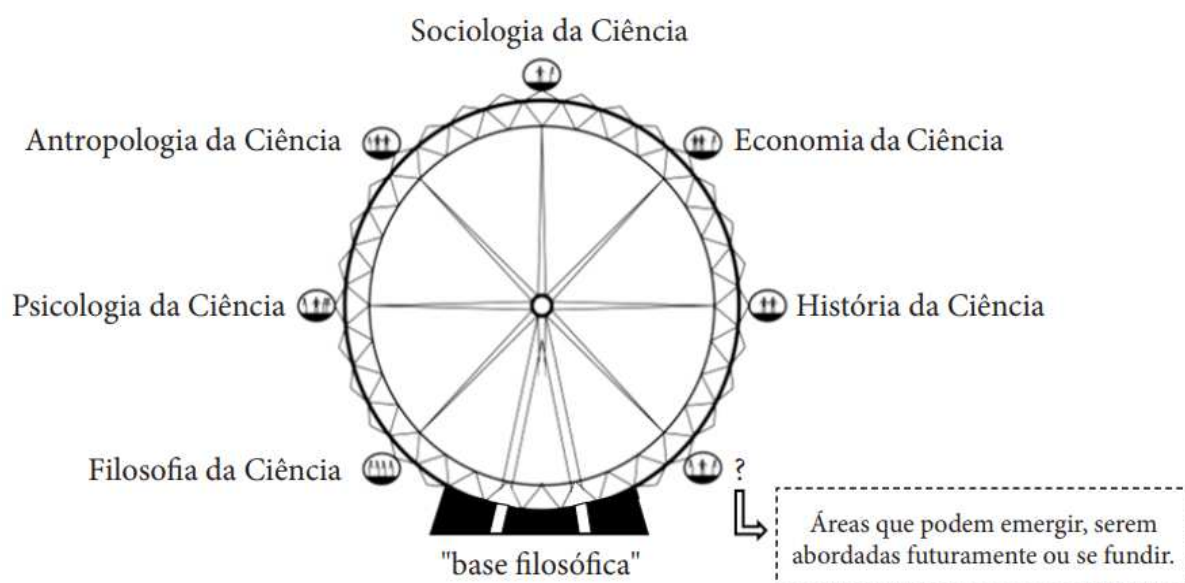
Irzik e Nola (2014), por sua vez, usaram características semelhantes entre diversos estudos científicos para caracterizar as várias Ciências e definir os principais aspectos para o ensino das Ciências em sala de aula, o que foi apresentado como um modelo denominado Semelhança Familiar. Dessa forma, os autores buscaram identificar características semelhantes entre determinadas Ciências, enfatizando a possibilidade de diferentes formas de construção e validação do conhecimento científico.

Muitas outras ideias foram publicadas (DAGHER; ERDURAN, 2014; ROCHA; GURGEL, 2017; HODSON; WONG, 2017) e, cada uma a seu modo, contribuiu para o desenvolvimento de muitos estudos que transformaram as visões sobre o ensino de Ciências, bem como a abordagem da NdC. Entretanto, verificamos nestas ideias uma organização conceitual que, na prática do ensino, pode transformar a abordagem da NdC em conhecimentos declarativos ou, em outras situações, alcançar a propagação de um conhecimento incompleto, pois apesar dos modelos citados serem amplos, eles podem ser de difícil compreensão. É válido lembrar que a maioria dos professores possuem dificuldades relacionadas aos conhecimentos de NdC e, portanto, um modelo mais claro, pautado em definições e com mais direcionamentos, contribuiria para a compreensão de tais ideias.

Neste contexto, uma nova visão sobre os aspectos da NdC foi proposta por Erduran e Justi (2015), nomeado Modelo para o Ensino de Ciências (MoCEC). O modelo retrata uma analogia relacionada à *London Eye* e é representado visualmente como uma roda gigante composta de sete cabines, onde cada uma delas indica uma perspectiva disciplinar que pode ser abordada no Ensino de Ciências, ao se discutir a NdC, que são: Antropologia, Psicologia, Sociologia, Economia, Filosofia, História e Cognição. Além destas, uma oitava cabine representa perspectivas disciplinares que

ainda podem ser propostas ou abordadas. A ideia de cabines expõe a possibilidade do pesquisador, e/ou um grupo deles, visualizarem as Ciências de várias perspectivas, construindo o conhecimento científico e entendendo a natureza do mesmo (JUSTI; ERDURAN, 2015). No entanto, ao proporem o modelo, as autoras somente definiram tais perspectivas, não detalhando as áreas ou definindo seu alcance. Partindo disso, no sentido de aprimorar o modelo, Santos, Maia e Justi (2020) propuseram uma ampliação do mesmo, o MoCEC v.2 (Figura 1).

Figura 1 - Representação visual do MoCEC v.2



Fonte: Santos, Maia, Justi (2020) p. 594.

No MoCEC v.2 a roda gigante possui sete cabines, onde seis delas representam áreas do conhecimento que podem integrar uma abordagem de NdC no ensino de Ciência. Tais áreas, ao se movimentarem, podem passar por uma base filosófica, o que nos leva à conclusão de que a filosofia pode se integrar às visões de todas as áreas do conhecimento apresentadas. Entre as cabines, o MoCEC v.2 apresenta uma que se encontra vazia, a qual representa áreas que ainda podem emergir em novas análises.

Para caracterizar as áreas do conhecimento, as autoras detalharam aspectos que podem ser observados em cada uma delas:

- Filosofia da Ciência: *epistemologia, ética e lógica;*

- Psicologia da Ciência: *complexidade, criatividade, falibilidade, incerteza, influência motivacional, inteligência, limitação, não linearidade do pensamento, objetividade, personalidade, racionalidade, representação e subjetividade;*
- Antropologia da Ciência: *incomensurabilidade, influência cultural;*
- Sociologia da Ciência: *aceitabilidade, credibilidade, falibilidade, incerteza, influência sociopolítica e interação entre cientistas;*
- Economia da Ciências: *acesso ao conhecimento, aplicabilidade, competitividade, fonte de financiamento, investimento econômico, produtividade, publicidade e viabilidade;*
- História da Ciência: *influência histórica, multiplicidade, não linearidade, progressividade e provisoriedade.*

Além de detalhar as áreas do conhecimento, as autoras descreveram cada aspecto citado<sup>5</sup>, facilitando o trabalho dos pesquisadores quanto à identificação e caracterização da abordagem da NdC em salas de aula do Ensino de Ciência, bem como a compreensão dos professores em relação aos aspectos que podem ser abordados dentro de uma perspectiva de ensino que contemple a NdC. Dessa forma, o objetivo desse modelo relaciona-se tanto à análise de dados de pesquisas na área do ensino de Ciências que envolvam NdC (função analítica do modelo), como ao uso no planejamento do ensino de Ciências.

Por apresentar as definições de áreas e aspectos de NdC em detalhes, utilizamos este modelo em nossa pesquisa em suas duas funções: como modelo para orientar o processo formativo dos professores em relação à NdC e como ferramenta analítica. Assim, o modelo foi utilizado para a identificação e categorização de aspectos de NdC no caso histórico, divulgado no produto educacional, para o desenvolvimento destes aspectos, e para avaliar a integração deles nos dados produzidos pelos participantes desta pesquisa.

#### **2.4 A HC e a NdC na formação e atuação de educadores de Ciências**

Entre os vários benefícios gerados pela abordagem da HC citados no texto, vamos aqui nos dedicar a uma reflexão sobre a prática do professor ao lidar com esta abordagem no Ensino de Ciências.

---

<sup>5</sup> Para acesso à descrição completa dos aspectos e áreas de conhecimento, ver Santos, Maia e Justi, 2019.

De acordo com Allchin (2014), o professor recebe influências de outras perspectivas ao formular uma abordagem de HC que integre o conhecimento científico, entre elas estão as perspectivas antropológicas, cognitivas, literárias, retóricas, técnicas, psicológicas, culturais, políticas, econômicas, feministas e marxistas. No caso dessas formulações carregadas destas influências, o professor que utiliza essa abordagem em sala, percebe que elas podem não ser eficazes, quando usadas somente no intuito de tornar a Ciência mais interessante, pois deve-se notar a diferença entre prender a atenção do aluno por um curto prazo e/ou envolvê-lo em uma construção do conhecimento que promova uma aprendizagem efetivamente significativa.

Neste intuito, é importante que o professor objete transformar seus alunos em “aprendizes vitalícios da NdC, buscando o desenvolvimento de habilidades mais reflexivas” (ALLCHIN, 2012, p.697). Para isso é necessário que os professores desenvolvam e dominem conhecimentos pertinentes às práticas científicas para que, em seu trabalho, ensine Ciências envolvendo estas práticas e ensinando também sobre as mesmas (IBRAIM; JUSTI, 2019), pois o “papel do professor como mediador entre a cultura científica e a cultura de nossos povos é decisivo na difusão da imagem da Ciência que guia seus alunos” (CASTILLO; ARTEAGA, 2014, p.301). Diante disso, se um professor se ativer a ensinar um conteúdo teórico, por meio de uma metodologia específica de ensino, o exibindo como um produto inacabado e incontestado, o único desenvolvimento possível é o de habilidades na manipulação de algoritmos matemáticos e a repetição de conhecimentos declarativos, sem significados para o estudante (CASTILLO; ARTEAGA, 2014; MILNE, 2011).

Ainda em relação ao conhecimento de práticas científicas, Milne (2011) levantou a questão sobre o que constitui estas práticas e como conhecê-las pode favorecer o educador da Ciência, tornando-o um melhor profissional e mais conhecedor da mesma. Para que isso seja alcançado, é necessário que os educadores tenham um entendimento mais robusto sobre NdC e em particular, sobre as práticas científicas. Neste sentido, a autora propõe que a NdC seja conhecida e ensinada pelos professores, no intuito de:

Desenvolver as capacidades dos alunos para experimentar fenômenos mais profundamente, para ajudá-los a entender se uma pergunta em sua forma atual pode ser examinada usando práticas científicas, o que constitui uma explicação ou argumento, e como os

modelos ajudam uma investigação científica. Há também a necessidade da valorização de cursos, incluindo narrativa, explicação e argumentação como formas de comunicação que servem funções importantes para conhecer a Ciência. (MILNE, 2011, p.9)

Assim, se um professor ignora a NdC, ignora também a descoberta, e em suas aulas não haverá interação entre intuição, criatividade e imaginação, além de outras habilidades dos cientistas e interferências de seu campo de ação durante o desenvolvimento do conhecimento científico.

Nadeau e Désautels (1984, *apud* HODSON, 2014) apontavam cinco valores míticos que envolviam a educação científica da época: (i) realismo ingênuo: a Ciência aponta a verdade sobre o universo; (ii) empirismo feliz: Ciência é a coleta cuidadosa, organizada e exaustiva de dados; (iii) experimentação crédula: experimentos podem verificar conclusivamente hipóteses; (iv) racionalismo excessivo: a Ciência procede exclusivamente pela lógica e pela avaliação racional e (v) idealismo cego: os cientistas são seres completamente desinteressados e objetivos. Ao longo dos anos, outros pesquisadores também apontaram falhas construídas por um Ensino de Ciências inadequado, como Hodson (1998), McComas (1998) e Gil-Pérez *et al.* (2001). Entretanto, tais construções inadequadas não são específicas dos estudantes, são também apresentadas por professores em consequência de sua própria formação, e influenciam diretamente nas escolhas curriculares realizadas pelos mesmos em sala de aula (HODSON, 2014). Com efeito, a formação inadequada gera profissionais com ideias inadequadas, que mediam a construção de outras ideias inadequadas em seus estudantes, instaurando um círculo vicioso. Ainda neste contexto, Hodson (2014) apontou que professores não enfatizam aspectos de NdC no ensino porque são mal interpretados com frequência, e durante a abordagem acabam sendo muito simplificados, tornando algo para ser memorizado, em vez de entendido e simplificado.

Há então a necessidade de desconstruir tais visões inadequadas, substituindo-as por uma nova construção, com visões mais fundamentadas e atuais, em que professores e estudantes se aproximem da Ciência e a utilizem com propriedade na construção de seus argumentos, combatendo assim, a construção de novas visões anticientíficas (MARTINS, 2015). Para os professores, além da reestruturação de ideias individuais, há o desafio de garantir que seus estudantes estejam cientes das semelhanças e distinções entre a Ciência tratada dentro da escola e a Ciência no

mundo fora da escola (HODSON, 2014). Contudo, estamos de acordo com Martins (2015) de que “é melhor algum ensino de NdC, ainda com falhas, do que deixarmos de agir e permitirmos a continuidade da propagação de visões deturpadas e equivocadas da Ciência” (p. 717).

## **2.5 O Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK)**

Os professores possuem, dentre suas habilidades profissionais, conhecimentos específicos ligados à sua atuação em sala de aula, bem como a mobilização de estratégias e conteúdos durante o processo de ensino. Tais habilidades foram definidas como Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK)<sup>6</sup> (SHULMAN, 1986). Nesse sentido, analisando o trabalho de professores iniciantes, bem como as dimensões do conhecimento desenvolvidos em disciplinas de formação inicial de professores, pesquisadores afirmam que bons profissionais não conhecem apenas o conteúdo, mas dominam estratégias e metodologias que tornam a sua instrução mais eficaz (GROSSMAN; WILSON; SHULMAN, 2005). O que nos apresenta a importância do aprendizado de novas técnicas de ensino por parte dos professores.

O PCK não possui uma natureza única, pois os professores, frente à necessidade de integração da disciplina com o conhecimento de outros assuntos relevantes para o ensino, adaptam suas estratégias e selecionam as melhores metodologias, para o desenvolvimento do assunto específico, durante o processo de ensino e aprendizagem (GROSSMAN; WILSON; SHULMAN, 2005; IBRAIM; JUSTI, 2019). Nesta seleção, os professores não devem se limitar a saber apenas aquilo que ensinarão em sala de aula, até porque elementos não explícitos no conteúdo podem auxiliar, e muito, no esclarecimento daquilo que é ensinado, e influenciar diretamente na compreensão do aluno sobre o assunto (ASSIS, 2014). De acordo com as ideias de Grossman, Wilson e Shulman (2005), bons professores não são definidos apenas por saberem o conteúdo, e sim por tornarem possível e eficaz a instrução dos assuntos nele apresentado.

As habilidades profissionais dos professores passaram a ser objetos de estudo quando em 1968 Shulman coordenou um dos painéis no Congresso do Instituto

---

<sup>6</sup> A sigla inglesa PCK representa o nome oficial do estudo, *Pedagogical Content Knowledge*, proposto por Shulman em 1987. Devido à popularidade da sigla no meio acadêmico e à amplitude do conhecimento na área da pesquisa educacional, optamos por utilizar a sigla original.

Nacional de Educação (FERNANDEZ, 2015). Nessa oportunidade, Schulman chamou a atenção para o que ele denominou “paradigma ausente”, quando constatou que muitas das pesquisas, até então publicadas, tratavam do conhecimento conteudista dos professores, mas pouco se falava sobre a prática pedagógica em si e sobre o conhecimento associado à mesma. Desde então, muitos trabalhos foram publicados com o objetivo de definir e modelar o PCK de professores (GROSSMAN,1990; CARLSEN,1999; MORINE-DERSHIMER; KENT, 1999; MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO,1999; PARK; OLIVER, 2008). Frente a tantas publicações e diferentes interpretações de um mesmo assunto, aconteceu, em 2012, o PCK *Summit* (Cúpula PCK), que reuniu 22 pesquisadores da área de educação em Ciências com o objetivo de aproximar as pesquisas da área e convergir para a elaboração de um modelo de PCK, que expressasse as ideias de todo grupo. Em 2015 foi publicado o modelo da Cúpula, chamado Modelo de Conhecimento e Habilidades Profissionais do Professor (*Teacher Professional Knowledge and Skills – TPK&S*) (GESS-NEWSOME, 2015).

No modelo TPK&S foram definidas o que os pesquisadores chamaram de bases dos conhecimentos profissionais, sendo elas: (i) *conhecimento de avaliação*; (ii) *conhecimento pedagógico*; (iii) *conhecimento de conteúdo*; (iv) *conhecimento dos estudantes*; e (v) *conhecimento curricular* (GESS-NEWSOME, 2015). O conhecimento de avaliação abrange competências do professor que estão relacionadas à construção de ferramentas avaliativas no processo de ensino e aprendizagem, ou seja, na elaboração de materiais ou processos que possam avaliar de forma significativa o conhecimento do estudante, bem como a habilidade de selecionar pontos importantes da prática pedagógica que devem ser avaliados.

O conhecimento pedagógico, por sua vez, contempla o conhecimento do professor a respeito das diferentes metodologias e abordagens que podem ser utilizadas durante o processo de ensino, contribuindo de forma positiva para a aprendizagem dos estudantes. Neste caso, a escolha da metodologia ou abordagem é realizada conforme o conteúdo específico que está sendo trabalhado, de acordo com experiências vivenciadas pelo professor, seja na prática pedagógica, em diálogos com outros professores, na leitura de um artigo ou até mesmo em cursos de formação continuada.

O conhecimento de conteúdo é aquele da disciplina, incluindo as práticas científicas usadas para construir tal conhecimento, suas ideias centrais, os principais colaboradores, até seu uso tecnológico. Tal instrução tem sido, tradicionalmente, a parte central na formação de professores.

O conhecimento dos estudantes aborda o conhecimento do professor em relação a sua classe, ou seja, da habilidade do professor em identificar aspectos mostrados por seus estudantes, durante o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. Tais aspectos podem nortear a abordagem do professor, bem como os caminhos percorridos durante as aulas.

Por último, conhecimento curricular trata do conhecimento do professor relacionado a materiais e documentos que norteiam a organização de conteúdos que são trabalhados em sala de aula. A base inclui materiais que orientam a organização dos conteúdos, conforme a disposição do currículo como, livros didáticos; o currículo formal, prescrito, instituído por órgãos políticos a fim de organizar a educação a nível nacional, estadual e/ou municipal; e sobre as interações que ocorrem dentro de sala de aula, nas relações entre professores e alunos, e que contemplam assuntos que vão além do estabelecido no prescrito.

No TPK&S, essas cinco bases influenciam e são influenciadas pelo conhecimento profissional específico de cada tópico, o qual abrange o “conhecimento de estratégias instrucionais, representações do conteúdo, compreensão dos estudantes, práticas científicas e maneiras de pensar” (GESS-NEWSOME, 2015, p. 31). Tal conhecimento passa por filtros e amplificadores, fatores que estão arraigados na concepção do professor e que interferem diretamente nas escolhas de seus instrumentos instrucionais durante o trabalho em sala de aula. Neste sentido, concepções construídas durante sua formação docente, ainda na graduação, podem contribuir de forma positiva ou negativa no contexto de ensino. Os pontos destacados pelos autores para estes aspectos são: “crenças dos professores, orientações e contexto” (GESS-NEWSOME, 2015, p. 31). A partir disso, o conhecimento profissional é aplicado na prática, no contexto de sala de aula.

Em sala, o conhecimento profissional do professor ainda passa pelos filtros e amplificadores dos estudantes - *crenças, conhecimentos prévios e comportamento* - para então gerar resultados, os quais devem influenciar novamente nas bases profissionais (GESS-NEWSOME, 2015). De acordo com o resultado de seus

estudantes, é esperado que o professor reflita sobre sua prática pedagógica, e que realize adaptações necessárias de forma a melhorar o rendimento escolar de sua classe, selecionando assim as estratégias de melhor eficiência no processo de ensino e aprendizagem.

Com base no modelo da Cúpula PCK, outros modelos ainda foram propostos para tópicos específicos de conteúdo (DAEHLER; HELLER; WONG, 2015; PARK; SUH, 2015), os quais foram usados em pesquisas aplicadas que levaram a novas implicações e conclusões sobre o PCK. Em 2016, em novo cenário de pesquisa, uma nova Cúpula foi realizada, com a participação dos pesquisadores da primeira versão, e outros pesquisadores de PCK, de todo o mundo. A Cúpula teve como principal objetivo a elaboração de um novo modelo de consenso de PCK, que suprisse as limitações do modelo proposto em 2012, e que foram notadas a partir das pesquisas realizadas após a primeira Cúpula.

Para a criação deste modelo, além do encontro na segunda Cúpula PCK, ocorreram entre os participantes, sessões de *feedback* em 2017, em eventos da Associação Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciência (NARST)<sup>7</sup> e da Associação Europeia de Pesquisa em Educação (ESERA)<sup>8</sup>, além de reuniões eletrônicas. O modelo de consenso refinado de PCK (RCM)<sup>9</sup> (CARLSON; DAEHLER, 2019) foi proposto após todos estes encontros está representado na Figura 2.

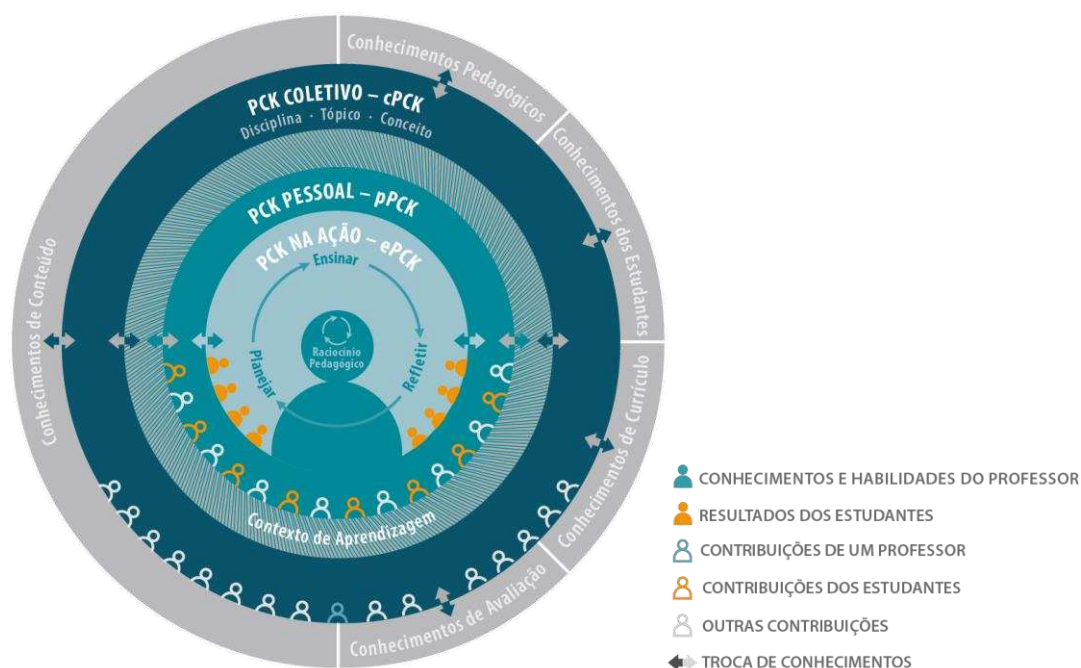
---

<sup>7</sup> A sigla inglesa NARST representa o nome oficial da associação “*National Association of Research in Science Teaching*”.

<sup>8</sup> A sigla inglesa ESERA representa o nome oficial da associação “*European Science Education Research Association*”.

<sup>9</sup> RCM é a sigla utilizada para Refined Consensus Model of PCK. Por se tratar de uma nomenclatura amplamente divulgada internacionalmente, optamos por utilizar a sigla original.

Figura 2 – Modelo de consenso Refinado (RCM)

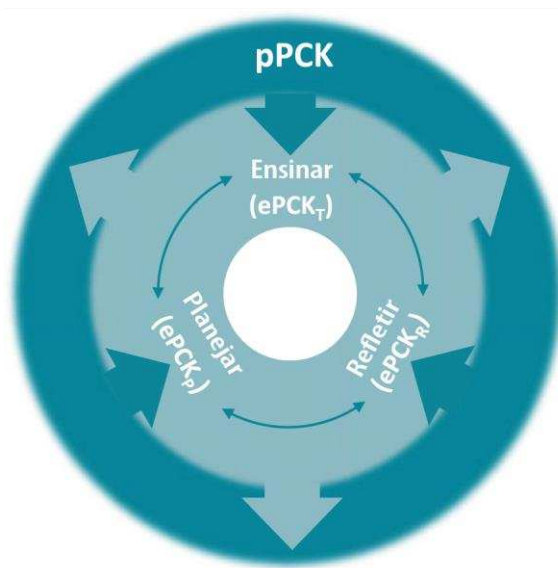


Fonte: Carlson; Daehler, 2019, p. 83. (Tradução nossa)

A característica principal deste modelo é sua representação gráfica em círculos concêntricos, os quais estabelecem relações entre si e facilitam a compreensão do PCK na prática pela expressão da fluidez entre domínios. Outra característica chave deste modelo é a identificação de três domínios distintos de PCK: o ePCK (PCK em ação), o pPCK (PCK pessoal) e o cPCK (PCK coletivo) (CARLSON; DACHLER, 2019).

O domínio de ePCK é o conhecimento e as habilidades específicas utilizadas por um professor individualmente, em um ambiente particular, com um estudante ou grupos de estudantes, com o objetivo de que eles aprendam um conceito específico, ou um conjunto deles, ou um aspecto particular do conteúdo. Podemos observar um professor praticando seu ePCK quando escolhe, por exemplo, uma receita de brigadeiro para ensinar os fundamentos de proporções aos seus estudantes, em uma aula de cálculos estequiométricos. Assim, o ePCK está diretamente ligado às ações cotidianas do professor, pois envolve as práticas primárias de sua função: planejar, ensinar e refletir, como mostrado no recorte da Figura 3.

Figura 3 – Modelo Parcial do ePCK segundo o RCM



Fonte: Carlson; Daehler, 2019, p. 83. (Tradução nossa)

As ações planejar, ensinar e refletir são colocadas em um ciclo, pois se reconhece que “o ciclo pedagógico de ensino é dinâmico e o raciocínio pedagógico que ocorre durante todo o processo de ensino é único para cada professor e cada momento” (CARLSON; DAEHLER, 2019, p.88). Esta área do modelo reconhece cada profissional na sua individualidade, tanto na sua formação quanto em suas crenças, bem como a sua realidade no contexto escolar.

O domínio de pPCK se relaciona ao conhecimento de conteúdo pedagógico cumulativo e dinâmico, e as habilidades individuais de um professor que refletem suas experiências e aprendizados, a partir das contribuições de outros professores, pesquisadores, cientistas e divulgações científicas as quais o professor tem acesso, por meio de cursos, especializações entre outros.

O pPCK é tido como um banco de ações pedagógicas das quais o professor seleciona a adequada para determinado momento específico de sua prática, (ePCK). De acordo com o exemplo anterior, caso algum estudante não entenda proporções com a analogia entre a receita de brigadeiro e o cálculo estequiométrico, o professor pode selecionar uma outra estratégia didática conhecida por ele, para ensinar a este estudante, como uma simulação virtual. O conjunto de todas as estratégias conhecidas pelo professor para instruir cálculos estequiométricos formam seu pPCK específico para este tópico, e cada uma destas estratégias quando utilizadas exemplificam seu ePCK. Sendo assim, o ePCK é um subconjunto de pPCK, e a troca

de conhecimento entre ele ocorre em ambas as direções. O pPCK do professor se desenvolve e é refinado conforme as experiências dele. Como cada professor tem uma experiência, o pPCK é único para cada indivíduo.

O RCM acrescenta o círculo de contexto de aprendizagem para situar simbolicamente o ensino e a aprendizagem no espaço e no tempo. Este contexto filtra e amplia as ações do professor e afeta diretamente o resultado dos estudantes. Materiais didáticos utilizados, normas e dinâmicas do grupo, infraestrutura da escola, poder aquisitivo da comunidade escolar, são exemplos de aspectos que preenchem este contexto. Os autores salientam a importância do professor em conhecer tal contexto, para utilizar dos atributos oferecidos, ou na adaptação dos recursos disponíveis, para facilitar a aprendizagem de seus estudantes (CARLSON; DAEHLER, 2019).

O domínio do cPCK é uma base de conhecimento especializada e articulada entre uma comunidade, que desenvolve conhecimentos relacionados a determinados assuntos. O cPCK, diferente de ePCK e pPCK, não é um conhecimento privado, mas sim um conhecimento amplamente divulgado e realizado coletivamente. Os trabalhos científicos divulgados são exemplos do pPCK, e os mesmos podem ser alcançados pelos professores conforme sua necessidade e interesse. A partir do momento que o professor busca uma formação continuada, por exemplo, acessando o cPCK, seu PCK é ampliado, e conseqüentemente suas opções de ePCK. No modelo, o cPCK abrange o contexto de aprendizagem e os círculos de pPCK e ePCK, e as trocas de conhecimento ocorrem em ambos os sentidos, uma vez que a produção de conhecimento pela comunidade científica está diretamente ligada à atuação profissional do professor na prática, e vice-versa.

No último círculo concêntrico do modelo, encontramos as bases do conhecimento profissional do professor, definidas no modelo proposto pela Primeira Cúpula de PCK (2012), uma vez que os pesquisadores da Segunda Cúpula concordaram que elas continuam sendo o alicerce para o desenvolvimento do trabalho dos professores.

Uma vez que compreendemos que é possível reconhecer, na prática do professor, aspectos dos domínios de ePCK, pPCK e cPCK, bem como a identificação das bases de conhecimento relacionadas a estes domínios, utilizaremos do RCM como modelo de análise desta pesquisa.

## 2.6 O PCK de NdC

O conhecimento sobre a HC, por parte dos professores, é uma ferramenta para enfrentar e favorecer a melhoria do interesse pela Ciência, despertar o espírito crítico diante dos fatos em que a Ciência se envolve, e manifestar isso de maneira natural, culturalmente aceita. Além da HC, o domínio sobre a NdC por parte dos professores mostra que seu ensino favorece a aprendizagem do conhecimento científico (ALLCHIN, 2011a; CASTILLO; ARTEAGA, 2014).

Em relação aos conhecimentos dos professores sobre a HC, a NdC e o desenvolvimento de seu PCK, tornam-se importantes o desenvolvimento de três habilidades:

Organizar a instrução em torno de um conjunto preciso e coerente de objetivos de aprendizagem conceituais inter-relacionadas; antecipar, eliciar, interpretar e abordar desafios específicos que o conteúdo representa para seus alunos; sequenciar e representar esse conteúdo durante a instrução de uma forma que avance a compreensão dos alunos (DAEHLER; HELLER; WONG, 2015, p.35).

Quando o professor desenvolve tais habilidades, ele consegue identificar, durante sua prática docente, o melhor momento para o desenvolvimento de abordagens que contemplem a HC e a NdC, bem como planejar as ferramentas instrucionais com maior potencialidade para abordar tais assuntos. Isso ocorre pois os professores usam ou promovem esse conhecimento profissional enquanto estão ativos e engajados no ensino de um conteúdo específico e, enquanto planejam, desenvolvem e analisam seu trabalho e o trabalho dos estudantes, com o objetivo de refletir sobre a instrução realizada (DAEHLER; HELLER; WONG, 2015).

Muitos pesquisadores desenvolveram trabalhos sobre tópicos específicos de PCK. Em relação aos trabalhos que tratavam da NdC, destacamos o Modelo do Pentágono (PARK; CHEN, 2012), o qual é centrado no PCK de professores de Ciências, e desenvolvido a partir de um ciclo de integração, reflexão e ação do trabalho pedagógico do professor. Para criar o modelo, as autoras se basearam no modelo TPK e S da primeira Cúpula, e nas mesmas ideias sobre o conhecimento profissional dos professores, uma vez que a aquisição de novos conhecimentos, sobre didática ou sobre o conteúdo, necessita, entre outras tantas coisas, da capacidade de refletir e aprender com a experiência (GROSSMAN; WILSON; SHULMAN, 2005).

Dando origem ao nome do modelo, o PCK é então rodeado por cinco eixos que influenciam diretamente em seu desenvolvimento: (i) *Orientações para o Ensino de Ciências*; (ii) *Conhecimento da compreensão dos alunos em Ciências*, (iii) *Conhecimento de avaliação de aprendizagem de Ciências*, (iv) *Conhecimento curricular de Ciências* e (v) *Conhecimento de estratégias instrucionais para o ensino de Ciências*.

Utilizando deste modelo, Park e Suh (2019) apresentaram dois trabalhos nos quais o desenvolvimento do PCK de professores foi observado: o primeiro conduzido por Park e Chen em 2012, em que quatro professores de Biologia de uma mesma escola foram observados enquanto desenvolviam o conteúdo de hereditariedade. Já o segundo, feito por Suh e Park em 2017, as autoras acompanharam três professores de Ciências da quinta série, desenvolvendo o conteúdo de força e movimento por meio do ensino por investigação.

Durante o acompanhamento destes profissionais, os pesquisadores identificaram episódios de PCK, levando em consideração três parâmetros:

- O que o professor e os estudantes fizeram;
- Quais componentes de PCK foram integrados;
- A evidência que identifica a presença dos componentes identificados.

A partir da identificação dos episódios e componentes, e a relação deles no Modelo de Pentágono de PCK, os pesquisadores traçaram o que denominaram Mapa PCK, refletindo sobre as relações dos componentes de PCK desenvolvidas pelos professores.

Destacamos também o trabalho de Cooper, Loughran e Berry (2015), que tinham como objetivo inicial retratar o PCK de professores de Ciências experientes e, posteriormente, divulgá-lo a professores iniciantes, contribuindo para seu desenvolvimento profissional. No entanto, ao se depararem com uma grande dificuldade dos próprios professores em expor seus conhecimentos profissionais, os autores desenvolveram ferramentas de representação de PCK, chamadas de *CoRes*<sup>10</sup> e *PaP-eRs*<sup>11</sup>. O *CoRes* solicitava aos professores exemplos de sua própria prática pedagógica e, ao mesmo tempo que esses eram narrados, serviam como instrumentos de reflexão e autoavaliação. Por outro lado, o *PaP-eRs* era construído

---

<sup>10</sup> CoRes é a sigla inglesa utilizada para *Content Representations* (representação de conteúdo).

<sup>11</sup> PaP-eRs é a sigla inglesa utilizada para *Pedagogical Experience Repertoires* (repertório de experiências pedagógicas).

de maneira diferente, pois exibiam uma gama de abordagens e pensamentos sobre o ensino. Enquanto o *CoRes* ajudou os professores de Ciência a revelarem aspectos particulares do PCK, o *PaP-eRs* fornecia representações de tópicos de ensino de Ciências em sala de aula.

Em relação às narrativas ouvidas pelos pesquisadores, eles concluíram que o desenvolvimento de PCK é um processo não linear, relacionado não só aos contextos profissionais, mas também a situações e crenças pessoais destes professores (COOPER; LOUGHRAN; BERRY, 2015). Os autores reforçam também os campos de pesquisa emergentes na temática de PCK, entre eles a investigação sobre o desenvolvimento de PCK dos educadores formadores de professores de Ciências. A divulgação de pesquisas com foco em PCK na formação de professores também foi uma estratégia apontada como eficiente pelos autores, uma vez que acreditavam que a divulgação destes trabalhos pudesse contribuir para a construção e aprimoramento do PCK dos professores iniciantes.

### **3 METODOLOGIA DE PESQUISA**

Neste capítulo, apresentamos detalhadamente como desenvolvemos esta pesquisa, isto é, aspectos metodológicos adotados ao longo de todo o processo, bem como a justificativa para a escolha de cada um desses aspectos.

#### **3.1 Questão de Pesquisa**

A HC se relaciona intimamente com o desenvolvimento de aspectos da NdC, e esta relação, quando abordada de forma adequada, beneficia o desenvolvimento da alfabetização científica, favorecendo a formação de cidadãos críticos, reflexivos e atuantes.

No entanto, como citado no capítulo anterior, é comum que visões equivocadas da Ciência sejam construídas no Ensino de Ciência, causadas por falhas nas metodologias, na omissão de informações, ou até mesmo pela não abordagem de conteúdos históricos. Tais deturpações não são exclusividades dos estudantes, pois os próprios professores trazem consigo visões inadequadas construídas durante seus processos de formação, oriundas da organização entre os conteúdos acadêmicos e pedagógicos nas licenciaturas (ALLCHIN, 2014; CASTILLO; ARTEAGA, 2014; GROSSMAN; WILSON; SHULMAN, 2005; HEERING, 2014; MARTINS, 2015; MILNE, 2011; NIAZ, 2014).

Neste sentido, acreditamos que a formação continuada de professores pode favorecer o desenvolvimento de suas práticas pedagógicas, bem como reconstruir seus conhecimentos e evitar o desenvolvimento de visões deturpadas dos estudantes, pois reconhecemos que ensinar é um trabalho mental e físico, exigente e difícil, que somente os profissionais mais instruídos e orientados podem realizar (SHULMAN, 2015). Além disso, “o conhecimento dos professores sobre o assunto afeta tanto o conteúdo quanto o processo instrucional, influenciando tanto o que os professores ensinam, quanto como ensinam” (GROSSMAN; WILSON; SHULMAN, 2005, p. 5). Desta forma, a reflexão sobre novas práticas metodológicas que abrangem HC e NdC têm muito a contribuir para as mudanças pragmáticas no âmbito escolar, principalmente no que tange a alfabetização científica no Ensino de Ciências.

Diante das reflexões sobre a abordagem de HC e NdC no Ensino de Ciências, bem como aquelas que tratam sobre a importância do desenvolvimento do PCK dos

professores, enquanto participantes de uma formação continuada, nos propusemos a investigar a seguinte questão de pesquisa:

Como a participação em um curso formativo sobre NdC a partir da abordagem de HC contribui para a integração desses conhecimentos no PCK de professores?

### **3.2 Abordagem Metodológica**

Esta pesquisa é de natureza qualitativa (MARTINS, 2004) na área de Educação, com ênfase em Ensino de Ciências, abordando as temáticas NdC, HC e formação de professores. Para a sua realização nos pautamos em:

- I. Coletar dados durante o contato direto com o meio e objeto pesquisado, utilizando de vários procedimentos de coleta;
- II. Os resultados foram apresentados de forma descritiva, de modo que o fenômeno pudesse ser apresentado em detalhes, e o pesquisador, por meio de sua interpretação e baseado no referencial teórico escolhido, pudesse compreendê-los;
- III. Nosso interesse é compreender o fenômeno no sentido de integrar as ideias que envolveram sua percepção, planejamento e desenvolvimento, bem como os efeitos alcançados a partir de sua prática;
- IV. Nossa análise não se baseou em uma hipótese. Neste sentido, nos dispusemos a identificar características fenomenológicas que pudessem ser analisadas, e a partir de sua interpretação, divulgadas para aprimoramento da experiência de outros profissionais da educação. Entendemos, nesse caso, que a pesquisa qualitativa não é passível de generalização, mas em sua individualidade, pode contribuir com um todo (OLLAIK; ZILLER, 2012), beneficiando o desenvolvimento educacional no Ensino de Ciências;
- V. Salientamos que buscamos compreender o fenômeno à luz do referencial teórico, porém relacionado à percepção do objeto pesquisado.

Acreditamos que nossa análise contempla características da pesquisa qualitativa na área da Educação porque, por meio de uma pesquisa empírica, buscamos tanto investigar a prática docente de professores de Química, quanto a abordagem de HC e NdC manifestada nessa prática, antes e após a participação de um processo formativo com foco no desenvolvimento destas temáticas. A produção de dados dessa

pesquisa fez uso de múltiplos instrumentos, entre eles questionários, entrevistas semiestruturadas e gravações em vídeo dos encontros. Os diversos dados produzidos foram transcritos (no caso dos registros em vídeo) e organizados em um estudo de caso, que buscou apresentar o processo de forma descritiva e cronológica. Posteriormente, buscou-se interpretar os dados à luz do referencial teórico escolhido, bem como compreendê-los na perspectiva dos participantes investigados. O processo de análise dos dados será descrito em seção posterior desse trabalho.

### **3.3 Contexto de Pesquisa**

A presente pesquisa faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo, denominado “Análise do Desenvolvimento de Conhecimentos de Professores de Ciências Para Ensinar Natureza da Ciência em Contextos de Ensino Fundamentados em Modelagem”, do Grupo NOS Modelando – Pesquisa em Educação e Ciência, coordenado pela Professora Doutora Poliana Flávia Maia e do qual faço parte. Nossa pesquisa investigou as contribuições da HC na prática pedagógica de professores de Química, para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem *sobre* Ciência, especificamente NdC. Tal projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, sendo aprovado sob código 66805717.8.0000.5149.

Devido ao contexto de pandemia causado pela epidemia da Covid-19, a coleta de dados foi adaptada, e todo o contato realizado entre pesquisador e sujeitos de pesquisa foi feito de forma remota, por meio de e-mails e encontros virtuais usando a plataforma *Google Meet*.

### **3.4 Sujeitos da Pesquisa**

Esta pesquisa foi desenvolvida durante o segundo semestre de 2021, na Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal. Os participantes desta pesquisa foram dois professores da Rede Pública e particular da Educação Básica, das cidades de Florestal e Juiz de Fora - MG, que lecionam a disciplina de Química. A seleção dos participantes da pesquisa teve como requisito principal a escolha de professores que já tinham experiência na prática docente e que estavam atuando no momento da coleta de dados. Acreditamos que a experiência e atuação no presente facilitarão e contribuirão para as reflexões/avaliações a respeito da própria prática docente de cada um dos participantes durante a participação na pesquisa. Esses professores foram convidados a participar da pesquisa, que incluiu um processo formativo inicial

e, posteriormente, o desenvolvimento de atividades complementares, que aprofundaram as temáticas do formativo. O processo formativo foi composto por um minicurso de 12 horas e reuniões posteriores que aprofundaram as discussões das temáticas apresentadas inicialmente. Esses professores apresentaram concordância prévia em autorizar o uso de todos os materiais produzidos durante o curso.

Essa pesquisa foi conduzida por mim, que sou licenciada em Química (UFV), Pós-Graduada em Educação Profissional Integrada à Educação Básica na Modalidade da Educação de Jovens e Adultos (PROEJA) (UFV), e em Ensino por Investigação (UFMG), e na época, cursava o segundo ano do Mestrado. Tal pesquisadora também possuía experiência como professora de Química na rede de ensino Estadual desde 2013.

### **3.5 Produto Educacional**

O Produto Educacional elaborado durante esta pesquisa tem como principal objetivo auxiliar os professores a utilizarem a abordagem de HC, aperfeiçoando suas habilidades em realizar uma abordagem para o desenvolvimento e construção de conhecimentos que envolvam aspectos de NdC por parte dos estudantes. Por meio dele, buscamos orientar os professores sobre a importância de conduzir temáticas que envolvam HC e NdC durante os processos de ensino e aprendizagem. Neste sentido, o Produto Educacional é composto por quatro partes: (i) Alfabetização Científica, (ii) Caso histórico, (iii) Categorização de aspectos de NdC do Caso Histórico e (iv) Outras histórias.

Inicialmente, o Produto Educacional apresenta uma discussão sobre Alfabetização Científica, abordando o significado desse termo e a relação entre a NdC e a promoção desse processo. Além disso, esse texto introdutório apresenta indicação de leitura de artigo em português para que os professores tenham acesso a um material de qualidade que aprofunda a temática.

Na segunda parte, apresentamos um caso histórico ilustrado sobre a vida e obra de Marie Curie, intitulado *Marie Curie: a mulher e a cientista em uma mesma essência*. Este caso foi baseado principalmente na biografia de Marie escrita por sua filha mais nova Eva Curie em 1944, que por sua vez é baseada em registros originais, redigidos pela própria mãe. O caso apresenta além do trabalho e pesquisa, detalhes da infância e juventude de Marie, além de descrever sua personalidade enquanto

mulher, mãe e pesquisadora. O caso também contempla os aspectos econômicos, políticos e sociais que ilustravam o cenário polonês e francês nas épocas em que Marie viveu nestes países.

Em um terceiro tópico, apresentamos uma categorização de aspectos de NdC identificados no caso histórico. Esta categorização foi construída com base no MoCEC – v.2 (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020). Os aspectos foram identificados em trechos do caso, e posteriormente, triangulados em um grupo de 7 (sete) pesquisadores. Nesta seção é apresentada a potencialidade da abordagem histórica em desenvolver aspectos de NdC, visto que em diversos trechos foram identificadas possibilidades de desenvolvimento de tais temáticas.

Para finalizar apresentamos uma coletânea bibliográfica de Outras Histórias, em que os leitores poderão conhecer outros seis episódios da história da Ciência, e por meio dos referenciais, aprofundarem nos detalhes históricos deles. Nosso objetivo aqui, é proporcionar novas oportunidades de desenvolvimento da HC e NdC no ensino de Ciências, com a produção do Produto Educacional.

### **3.6 Produção de dados**

A produção de dados desta pesquisa foi realizada a partir de um processo formativo voltado para professores da área de Ciências da Natureza. Inicialmente, os dois professores de Química foram convidados para participar desse processo. Em uma reunião prévia, além do convite, uma perspectiva geral da pesquisa foi apresentada. Nesta reunião, a fim de investigar como é desenvolvida a abordagem de aspectos de NdC nas discussões de conteúdos referentes à HC no Ensino de Ciências, pedimos aos professores participantes que nos enviassem o planejamento de uma aula na qual fosse desenvolvida algum tópico de HC, visando analisar como essa abordagem é percebida, planejada e desenvolvida por eles. Os participantes poderiam relatar um planejamento de uma aula já realizada, ou elaborar um novo planejamento. Este planejamento foi entregue antes do início do processo formativo.

O processo formativo continuou durante o Simpósio de Integração Acadêmica (SIA) 2021 da Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*, por meio de um minicurso de 12 (doze) horas, ministrado em 3 (três) dias, intitulado “*A introdução de aspectos de Natureza da Ciência fundamentada em obras cinematográficas: potencialidades do filme Radioactive*”. O minicurso foi ministrado por mim e mais um

pesquisador, no qual fomos auxiliados por uma estudante de iniciação científica. Ao todo, o minicurso contou a participação de 15 (quinze) cursistas.

Com a intenção de caracterizar os participantes de acordo com suas concepções prévias a respeito da utilização da abordagem histórica em sala de aula, bem como seus benefícios e importância, foi aplicado um questionário inicial, apresentado no apêndice B desta dissertação.

Em seguida, apresentamos aos participantes uma breve definição de caso histórico e NdC, bem como os benefícios alcançados pela abordagem destas temáticas no processo de ensino e aprendizagem, relacionando posteriormente à abrangência destes assuntos nos livros didáticos e as visões encontradas sobre eles em documentos normativos da educação (Base Nacional Comum Curricular - BNCC, Parâmetros Curriculares Nacionais Mais - PCN+ e Conteúdo Básico Comum de Minas Gerais - CBC). Complementando a reflexão sobre estas abordagens, envolvemos os participantes em uma reavaliação de suas concepções sobre HC e NdC, apresentando a eles ideias controversas sobre a construção do conhecimento científico. No total, 6 (seis) ideias foram apresentadas, e cada uma delas, relacionada a um evento histórico, que nos auxiliou na contextualização das ideias, bem como na reconstrução do conhecimento por parte dos cursistas. As ideias apresentadas, assim como os eventos utilizados são elencadas a seguir:

- *A Ciência é neutra*: desastre nuclear ocorrido em 1986, na usina nuclear de Chernobyl, na Rússia;
- *Cientistas não seguem interesses pessoais*: a controversa morte de Tycho Brahe em 1601, e o desenvolvimento das Leis de Kepler com base nas ideias de Tycho;
- *A Ciência é masculina*: a importância dos trabalhos de Anne Marie Lavoisier no desenvolvimento dos estudos de seu esposo Antoine Lavoisier, durante o século XVIII;
- *O conhecimento científico é amplamente divulgado*: A controvérsia em torno da derrota de Napoleão Bonaparte em sua última expedição em junho de 1815, que pode ter sido influenciada pelos botões de estanho utilizados nas roupas dos soldados de seu exército;
- *Interesses econômicos não fazem parte da Ciência*: a patente da luneta, registrada por Galileu Galilei em 1608 na cidade de Veneza;

- *A Ciência é ética*: a controversa da laureação do Prêmio Nobel de 1962, que contemplou apenas James Watson, Francis Crick e Maurice Wilkins pela descoberta da organização em dupla fita do DNA, excluindo Rosalind Franklin.

Após tais reflexões, a formação foi direcionada para Marie Curie, e com o propósito de investigar os conhecimentos prévios sobre sua personalidade, elaboramos uma nuvem de palavras, na qual cada participante listou 3 (três) termos relacionados a ela. Posteriormente, o filme *Radioactive* foi indicado, para que fosse assistido durante o segundo dia de minicurso, que ocorreu de forma assíncrona. Complementando a atividade pedimos aos participantes que selecionassem 5 (cinco) trechos do filme, no qual seria possível perceber algum aspecto relacionado a construção do conhecimento científico. Como o filme retrata a vida de Marie, após a chegada em Paris, e seu trabalho científico, o caso histórico foi empregado para os relatos da infância e juventude de Marie até a ida para o novo país. Tanto o filme, quanto o caso histórico estão de acordo com a metodologia de abordagem proposta por Allchin (2014), como formato em potencial para o desenvolvimento de aspectos da NdC no contexto de ensino de Ciências. Antes da indicação do filme *Radioactive*, refletimos sobre a *Alfabetização Midiática*<sup>12</sup> e *Cidadania* e a importância da educação científica destes professores na escolha de mídias utilizadas nos processos de ensino e aprendizagem.

No terceiro dia, iniciamos com uma nova nuvem de palavras, a fim de perceber as mudanças provocadas nas concepções dos cursistas pelo filme, sobre a imagem de Marie Curie. Em seguida, alguns trechos do filme foram feitos *print* da tela e os mesmos relacionados com a descrição do momento no caso histórico. O objetivo aqui era fazer com que os participantes interagissem, descrevendo aspectos que interferiam na construção do conhecimento científico notados na cena. Os trechos selecionados estão elencados a seguir:

---

<sup>12</sup> A *Alfabetização Midiática* compreende o desenvolvimento de conhecimentos e da criticidade necessários para acessar e julgar as fontes e as informações que são disponibilizadas nas diversas mídias (HÖTTECKE, ALLCHIN, 2020). É necessário que um professor analise de forma crítica os conteúdos midiáticos antes de sua utilização, observando as suas reais contribuições para o processo de ensino. Tal avaliação permite também a projeção de uma abordagem adequada, focada em partes de maior potencialidade para o desenvolvimento de determinadas ideias.

- O trabalho de extração do minério realizado manualmente por Marie, bem como as condições do laboratório e utensílios utilizados durante a pesquisa;
- A conversa do casal a respeito dos muitos produtos comercializados após a descoberta dos elementos, bem como o não patenteamento dos processos de extração;
- A conquista do primeiro Prêmio Nobel;
- A participação na II Guerra Mundial com as estações móveis de Raio X, as *Petites Curie*.

Nesta mesma linha de reflexão, apresentamos o *feedback* da atividade proposta no primeiro dia, mostrando alguns trechos listados pelos participantes e suas ideias a respeito da construção do conhecimento científico nos mesmos. Para que as ideias sobre estes aspectos de NdC identificados fossem de fato concretizadas, apresentamos em seguida, o MoCEC v.2 (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020), que define áreas do conhecimento da Ciências e aspectos de NdC que compõem as mesmas.

Continuando as reflexões sobre a *Alfabetização Midiática*, nos atentamos por destacar no filme, cenas que não coincidiram com a realidade vivida por Marie, tendo como base o caso histórico. Nesta perspectiva, salientamos aos cursistas que produções cinematográficas possuem inicialmente a função de entretenimento, e que os diretores por sua vez podem usar da criatividade para envolver os telespectadores na trama do enredo apresentado.

Finalizando o momento formativo pedimos novamente que os cursistas respondessem a um questionário final, apresentado no apêndice C, a fim de observarmos mudanças em suas concepções a respeito de HC e NdC pós a participação no minicurso.

Posteriormente, uma nova reunião foi realizada com os professores convidados a fazerem parte desta pesquisa. Neste momento apresentamos aos professores o caso histórico completo e o artigo de publicação do MoCEC v.2 em sua íntegra (materiais que foram disponibilizados posteriormente, via e-mail), e como atividade, pedimos a eles que identificassem e categorizassem os aspectos de NdC no último capítulo do caso histórico “*O reconhecimento mundial*”. Em um segundo encontro, retornamos à atividade realizada pelos professores, e com base na categorização apresentada no produto educacional, discutimos todos os aspectos encontrados.

Neste encontro pedimos também um novo planejamento de aula, a fim de investigar as mudanças provocadas pela participação no processo formativo, na prática pedagógica destes professores.

Durante os encontros do processo formativo foram realizadas gravações em vídeo, pois essas permitem analisar o processo e aspectos que frequentemente não são percebidos pela observação ao vivo e perceber a modificação da qualidade, das características e das particularidades do objeto observado (BELEI et al, 2008). Tal registro, também permite revisitar as filmagens do processo, para melhor compreensão do evento e para a certificação de que a análise de dados seria a mais fidedigna possível.

Além dos questionários, planejamento e gravações em vídeo, em algumas situações, vimos a necessidade de realizar entrevistas, confrontando respostas dos questionários com a abordagem percebida nos planejamentos, para que, dessa forma pudéssemos qualificar, de fato, o conhecimento e a concepção dos professores sobre a abordagem de NdC e HC em sala.

### **3.7 Metodologia de Análise**

Os professores participaram de um grupo colaborativo, no qual foram envolvidos em atividades formativas com o intuito de compartilhar informações, conteúdos e materiais que auxiliassem na reelaboração de seus saberes profissionais, produzidos a partir do domínio de novos conhecimentos, mudanças em posturas e formas de agir (GATTI, 2003). As atividades foram reflexivas, abrangendo as temáticas de NdC e HC, e tais reflexões, foram norteadas por estudos de materiais de apoio, encontrados no Produto Educacional, bem como pela troca de experiências.

Com o auxílio dos materiais de apoio empregados no processo formativo, buscamos envolver estes professores em discussões sobre NdC e HC, visando o desenvolvimento de conhecimentos profissionais que possam contribuir para a prática docente desses. Assim, buscamos a ressignificação da temática na formação destes profissionais, bem como o desenvolvimento de novas habilidades, que pudessem levá-los à reflexões, nos momentos de elaboração e desenvolvimento de novas abordagens sobre o tema.

Para acompanhar a evolução dos professores participantes, optamos pela descrição do processo formativo em um estudo de caso. De acordo com Ventura (2017):

O estudo de caso é entendido como uma metodologia ou como a escolha de um objeto de estudo definido pelo interesse em casos individuais. Visa à investigação de um caso específico, bem delimitado, contextualizado em tempo e lugar para que se possa realizar uma busca circunstanciada de informações (VENTURA, 2007, p. 2).

De acordo Goode e Hatte (1979), o estudo de caso organiza os dados, detalhando o objeto de estudo e preservando sua individualidade. Esse aspecto é importante em nossa pesquisa pois qualifica em detalhes o processo formativo e nos permite compreender características importantes dele. Yin (2001) relata sobre sua abrangência, visto que no estudo de caso é possível apresentar uma visão geral do evento incluindo lógica, planejamento e coleta de dados.

Segundo Gil (1995), é possível definir quatro fases que mostram o delineamento de um estudo de caso:

*a) delimitação da unidade-caso:* se relaciona às habilidades do pesquisador, que precisa delimitar os eventos para a construção do caso. Tais eventos devem ser suficientes para compreender o objeto como um todo.

*b) coleta de dados:* é a coleta de dados que nesta pesquisa foi realizada por meio de planejamentos, questionários, gravações em vídeo e entrevistas.

*c) seleção, análise e interpretação dos dados:* nesta seleciona-se os dados de acordo com as questões problema de sua pesquisa. No contexto desta pesquisa, o foco do estudo de caso são os materiais produzidos por 2 (dois) professores de Química, participantes do processo formativo.

*d) elaboração do relatório:* é representada pela elaboração dos relatórios que segundo o autor deve ser conciso e detalhado, apresentando todas as características citadas.

Alcançando todas estas fases e assumindo as potencialidades desta ferramenta, investigamos características da prática pedagógica dos professores participantes desta pesquisa (com foco no processo de planejamento da ação docente). Para responder à questão de pesquisa proposta, - *Como a participação em um curso formativo sobre NdC a partir da abordagem de HC contribui para a integração desses conhecimentos no PCK de professores?* - identificamos em nosso

estudo de caso as manifestações de NdC realizadas pelos professores durante toda a pesquisa, destacando também interações entre ministrante-participantes, quando estas foram relevantes para a manifestação de ideias relacionadas a NdC.

A identificação dos trechos de análise foi realizada por meio da análise de conteúdo que, de acordo com Cohen, Manion e Morrison (2007), consiste em

um método de pesquisa multifuncional desenvolvido especificamente para investigar um amplo espectro de problemas em que o conteúdo da comunicação serve como base de inferência, desde as palavras à categorização. Abordagens para análise de conteúdo têm o cuidado de identificar as categorias apropriadas e unidades de análise, ambas refletindo a natureza do documento que está sendo analisado e o objetivo da pesquisa. (Cohen, Manion e Morrison, 2007, p. 197)

Ainda de acordo com esses autores, a análise de conteúdo é um método de pesquisa amplamente usado em diversas áreas por “proporcionar a redução de grandes quantidades de dados escritos para proporções gerenciáveis e compreensíveis” (Cohen, Manion e Morrison, 2007, p. 475).

A análise de conteúdo foi desenvolvida a partir do estudo de caso, considerando trechos que refletissem manifestações relacionadas às áreas de NdC, de acordo com o MoCEC v.2, de Santos, Maia e Justi (2020): Antropologia, Economia, Filosofia, História, Psicologia e Sociologia, acrescentando a elas a Comunicação da Ciência. Dessa forma, a análise de conteúdo considerou como unidade de análise trechos de significado de acordo com categorias preexistentes no referencial teórico desse trabalho.

Com o objetivo de relacionar estas manifestações de NdC integradas à manifestação do PCK dos participantes, identificamos nestas passagens um dos três domínios: PCK na ação (ePCK), PCK pessoal (pPCK) e PCK coletivo (cPCK), sendo os mesmos caracterizados da seguinte forma para orientar a análise:

- *PCK na ação (ePCK)* foi identificado quando eram explicitadas características individuais da prática pedagógica na ação do professor, levando em consideração escolhas didáticas realizadas durante sua performance, seja no momento de narrar um episódio (de experiências anteriores) ou elaborar um planejamento.
- *PCK pessoal (pPCK)* foi identificado em momentos nos quais o professor apresentou as várias possibilidades didáticas que conhece para ensinar

determinado conteúdo, ou seja, quando identificamos em suas narrativas o “banco de dados” do qual ele seleciona a ação mais eficiente para determinado momento de sua prática pedagógica.

- *PCK coletivo (cPCK)* foi identificado em manifestações nas quais os participantes citavam o contato direto com produções científicas, ou seja, quando citavam de forma direta algum artigo, trabalho acadêmico, autor, teoria ou vertente do Ensino de Ciências. Esse domínio pode ser desenvolvido por grupos de professores ou agentes de sua formação, como professores formadores.

Além dos domínios de PCK, identificamos também em qual base do conhecimento profissional do professor determinado domínio foi manifestado, sendo elas:

- *Conhecimento de Avaliação:* quando o professor seleciona uma ferramenta avaliativa em um episódio específico;
- *Conhecimento Pedagógico:* quando o professor aponta ou utiliza uma metodologia eficiente para determinado contexto ou tópico de ensino;
- *Conhecimento de Conteúdo:* quando o professor remete à sua rede cognitiva de conhecimentos específicos de determinado assunto, estando eles envolvidos ou não na sua prática, para esclarecer, complementar ou desenvolver a aprendizagem de seus estudantes;
- *Conhecimento do Estudante:* quando o professor cita características específicas de seus estudantes, as quais os levaram a selecionar determinado conhecimento, estratégia ou ação;
- *Conhecimento Curricular:* quando o professor manifesta conhecimentos específicos sobre documentos normativos da Educação ou sobre os objetivos de ensino de sua área.

Algumas passagens não contemplavam áreas de NdC, mas mostravam nitidamente episódios que caracterizavam o PCK dos professores participantes. Por entender que tais passagens poderiam auxiliar nosso entendimento sobre o PCK destes professores, caracterizamos tais passagens como “sem área” e identificamos o domínio de PCK e Base do Conhecimento Profissional relacionada as mesmas.

Para a organização de todas estas identificações, o QUADRO 1 – Análise do Estudo de Caso, foi elaborado, do qual apresentamos um recorte.

QUADRO 1 – Análise do Estudo de Caso (recorte)

Interlocutor	Evento	Área de NdC evidenciada	Domínio da Manifestação de PCK	Base do Conhecimento Profissional
P1 – Planejamento Inicial	Elaboração do planejamento com os objetivos de contextualizar os conceitos químicos e biológicos; e reconhecer sua importância na sociedade; identificar a importância da mulher na ciência brasileira; e a enumeração de pontos positivos e negativos da Ciência em uma visão social.	Sociologia	ePCK	Conhecimento de Conteúdo
	Escolha do vídeo "A vida e obra da cientista brasileira Johanna Döbereine" como ferramenta de ensino.	Psicologia e Sociologia	ePCK	Conhecimento Pedagógico
	Aplicação de questionário online, envolvendo reflexões sobre o vídeo proposto. Entre elas: Quais as vantagens e desvantagens de sua pesquisa?	Economia e Sociologia	ePCK	Conhecimento de Avaliação
	Retomada das questões na aula seguinte, em um âmbito de correção e socialização das ideias.	Sem área	ePCK	Conhecimento Pedagógico

## **4 RESULTADOS**

Como previamente apresentado, optamos por descrever nossos resultados em um estudo de caso único, no qual os professores participantes do processo formativo são identificados como: professor 1 e professor 2 (P1 e P2, respectivamente). Para facilitar a organização dos dados em uma estrutura cronológica, optamos por dividi-lo em três momentos: a HC e a NdC no cotidiano dos professores; abordando a HC e NdC no contexto formativo; perspectivas de uso de HC e NdC no ensino.

### **4.1 A HC e a NdC no cotidiano dos professores**

Após o convite aos professores, realizamos um primeiro encontro *on-line* para a apresentação da pesquisa, no qual foram explicados os objetivos do trabalho e foi negociada a agenda dos encontros. Devido ao contexto pandêmico, a coleta de dados foi realizada de forma remota a partir da plataforma Google *Meet*, com o uso de recursos do Google Formulários, para questionários, e Google *Classroom*, para o compartilhamento de textos e materiais.

Nesse primeiro encontro, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (apêndice A) foi apresentado aos participantes, o qual foi posteriormente enviado por e-mail, sendo solicitada a leitura e manifestação de concordância na participação da pesquisa.

Nesse encontro inicial, destacamos a necessidade sobre a legitimidade das respostas (isto é, que os professores fossem muito fiéis às suas ideias) e sobre a necessidade de interações durante a participação na pesquisa. Devido ao contexto pandêmico, não houve a possibilidade de acompanharmos de perto a atuação destes profissionais, por isso foi pedido que cada resposta fosse dada de acordo com a realidade de atuação, sem se preocupar com erros ou acertos, e tentando ao máximo detalhar seus contextos reais de sala de aula. Com a finalidade de deixar os professores mais à vontade ao longo do processo, enfatizamos que a pesquisa se propõe a compreender e respeitar as diferentes realidades em que os participantes atuam, bem como a personalidade e individualidade de cada um durante a sua prática pedagógica. Dessa forma, não haveria respostas certas ou erradas, apenas

possibilidades e visões diferenciadas. Além disso, foi assegurado o anonimato dos participantes na divulgação dos resultados da pesquisa.

Ao final desse primeiro encontro, foi solicitado aos participantes que enviassem um planejamento de aula em que fosse desenvolvida uma temática de HC. Este planejamento poderia retratar uma nova aula, ou uma aula lecionada anteriormente, contanto que ele apresentasse de forma fidedigna a realidade de atuação destes profissionais. Não foi definido tema, conteúdo ou série para este planejamento. Dessa forma os participantes tiveram liberdade em definir o tema de maior afinidade. Para facilitar a organização do plano de aula, foi sugerido um modelo, disponível no apêndice D - Modelo de planejamento de aula, no entanto o mesmo poderia ser flexibilizado, de acordo com o formato que os participantes estivessem acostumados a usar. Os participantes tiveram uma semana para elaborar o planejamento. É importante destacar que os parâmetros para a elaboração da aula ficaram a critério dos professores para que eles refletissem sobre as características de sua própria realidade, como: recursos disponíveis, características da turma e da escola, conhecimentos prévios dos estudantes, entre outros aspectos relevantes para a elaboração de um plano de aula. Buscamos aqui observar a manifestação do conhecimento PCK dos professores, identificando suas habilidades específicas na abordagem da temática central desta pesquisa, a NdC nos contextos de HC.

Para o planejamento de sua aula, P1 escolheu como temática A história do Brasil: a importância do ser feminino. Esse planejamento compreendeu uma aula direcionada aos estudantes do 3º ano do Ensino Médio, com os objetivos de *contextualizar os conceitos químicos e biológicos, reconhecendo sua importância na sociedade; identificar a importância da mulher na ciência brasileira; e a enumeração de pontos positivos e negativos da Ciência em uma visão social*. Para a participação desta aula, os estudantes do P1 usariam os conhecimentos prévios relacionados a Equilíbrio Químico, Termoquímica, Cinética Química e Ciclo do Nitrogênio.

Nesse plano de aula, inicialmente os estudantes participariam de uma Roda de Conversa sobre mulheres cientistas e, após as discussões, o vídeo "*Conheça seis mulheres cientistas brasileiras*", disponível no YouTube, seria apresentado. Em seguida, P1 apresentaria a vida e obra da cientista brasileira *Johanna Döbereine*, indicada ao Nobel de Química em 1997. Como a atuação desta cientista foi na área de Engenharia Agrônoma, temáticas que envolvem os conhecimentos prévios

necessários seriam expostas neste momento. A apresentação de P1 seria complementada com a exibição do vídeo “*Um cientista, uma história, Jöhanne Döbereine*”, também disponível no YouTube.

Para finalizar a aula, P1 propôs a aplicação de um questionário online, com as seguintes questões:

1. *Você acredita ser igualitário o mercado científico do país, se tratando das mulheres?*

2. *O desenvolvimento da pesquisa da cientista Johanna Döbereine é importante? Quais as vantagens e desvantagens de sua pesquisa?*

3. *Por que a fixação de nitrogênio é de suma importância nas Ciências Biológicas, na Química e de maneira geral no mundo?*

4. *Nas observações do seu dia a dia, você já se questionou ou postulou alguma ideia sobre algum problema que nossa sociedade enfrenta? E se sua invenção seria importante para a nossa sociedade?*

P1 afirmou que pretendia retomar as questões, em uma próxima aula, discutindo as respostas dos estudantes e consolidando as ideias construídas. A avaliação desta aula seria baseada nesse momento.

Constatou-se que o planejamento de P1 não contemplava um conteúdo específico da grade curricular, e que a discussão partiu de um tema gerador para que os estudantes pudessem conhecer os processos de construção da ciência e algumas das personalidades científicas que participaram ativamente deste processo. A utilização de vídeos e questionário online mostrou também as ferramentas que auxiliaram o professor na adaptação de seus trabalhos no contexto de pandemia.

P2, por sua vez, desenvolveu seu planejamento sobre Unidades e medidas, com o objetivo de *proporcionar o entendimento sobre medidas, sua importância na Química e no seu dia a dia*. A aula seria direcionada para estudantes do 1º ano do Ensino Médio, e os conhecimentos prévios necessários não foram descritos pelo professor.

De acordo com o planejamento, a aula de P2 estaria dividida em 3 (três) momentos: (i) *experimento em grupo, roteirizado, onde os estudantes mediriam o volume de uma gota d'água*; (ii) *apresentação e discussão do histórico da instituição*

*das medidas e suas unidades; (iii) exposição das principais medidas presentes nos Sistema Internacional de Unidades, discussão sobre precisão, exatidão e erro.*

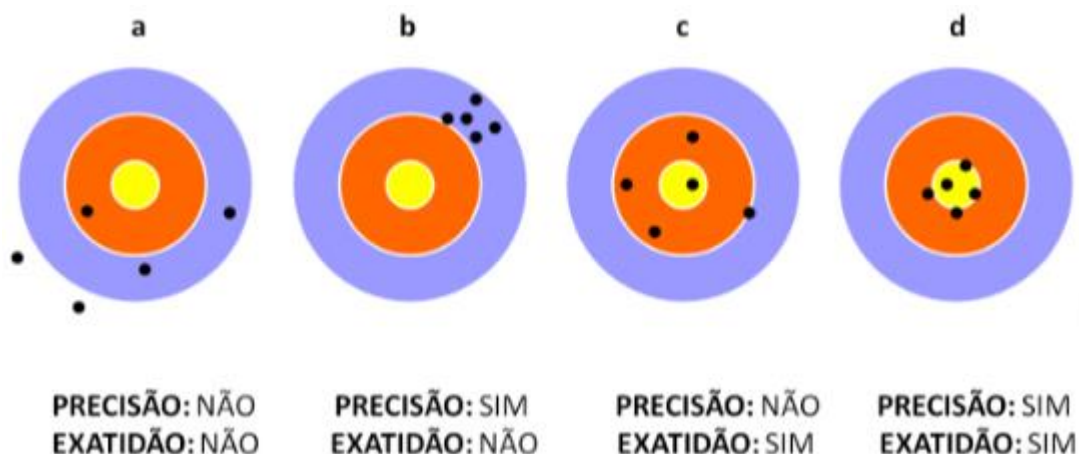
O planejamento de P2 apresentou uma introdução detalhada sobre o assunto, contendo um breve histórico da instituição das medidas e a definição das principais unidades utilizadas na Química: massa, volume, temperatura, densidade, pressão e solubilidade.

Ao detalhar os momentos da aula, P2 realizaria a discussão do primeiro momento a partir das seguintes questões:

- 1. O número de gotas obtidas para 2,0 mL de água é coerente com o obtido para 3,0 mL de água? Justifique.*
- 2. Qual o volume ocupado por uma gota de água?*
- 3. Todos os grupos chegaram ao mesmo resultado? Como você chegou a esse resultado?*
- 4. O valor determinado na questão 2 é exato?*
- 5. Quais erros experimentais poderiam ocorrer no procedimento adotado?*
- 6. Compare a precisão do béquer com a precisão da proveta no que diz respeito à determinação do volume.*

Em seguida, P2 abordaria o contexto histórico, considerando as primeiras formas de medidas adotadas pelo homem, relacionando as mesmas com as atuais, em uma conversa mediada com os estudantes sobre as unidades de medidas do cotidiano, e as principais unidades químicas. O próximo assunto envolveria os conceitos de determinação da precisão, exatidão e erro. Nesse momento, o professor destacaria a ocorrência do erro na construção do conhecimento científico, e a necessidade do aprimoramento dos equipamentos de medidas para a obtenção de valores cada vez mais precisos, citando exemplos como a determinação da Lei da Conservação das Massas por Lavoisier e a construção da Tabela Periódica. Para ilustrar tais conceitos, o professor utilizaria um modelo gráfico (Figura 4).

Figura 4 \_ Ilustração sobre os conceitos de Precisão e Exatidão.



Fonte: Desconhecida por P2.

Para encerrar a aula, P2 determinaria o valor médio do volume da gota d'água a partir das medidas encontradas pelos grupos. A avaliação da aula seria realizada observando a participação dos estudantes.

O planejamento de P2 envolve uma temática que abrange além do desenvolvimento de conhecimentos da Química, habilidades de cálculo e interpretação de dados, integrando discussões conceituais sobre a temática e interpretações experimentais

#### 4.2 Abordando a HC e NdC no contexto formativo

Após a elaboração dos planejamentos, os professores convidados participaram do minicurso. Após a apresentação da equipe coordenadora, o primeiro momento foi a aplicação do questionário inicial, disponível no apêndice B - Questionário Inicial, a partir do qual foi possível interpretar outras características do perfil docente desses participantes.

A primeira questão do questionário buscava investigar se os professores costumavam utilizar a HC no contexto de ensino. P1 relatou que fazia pouco uso, que se recordava de ter utilizado um texto histórico uma vez, que a discussão com os alunos foi muito legal, mas que não acreditava ter feito uma boa abordagem dentro do contexto de ensino. P2 respondeu que sim, porém, afirmou ter dificuldades em intercalar e usar a abordagem de forma que fique interessante para os estudantes.

A pergunta de número 2 questionava se os professores têm dificuldades de incluir a HC em suas aulas, e em caso positivo, que tais dificuldades fossem listadas. Tanto P1 quanto P2 afirmaram que possuíam dificuldades. As dificuldades listadas por P1 estavam relacionadas na seleção de fontes confiáveis sobre o assunto, e a associação da temática de HC aos conceitos da Química, expondo uma preocupação em relação ao cumprimento do cronograma anual do conteúdo, tendo em vista que a inclusão de HC poderia estender seu planejamento. Por outro lado, P2 afirmou que a dificuldade estava em unir a história à Química tornando-a interessante.

A pergunta de número 3 indagava aos professores sobre a importância de incluir a HC nos contextos de ensino. Os dois professores afirmaram reconhecer que é importante. P1 ainda afirmou que a HC permite a criatividade, a percepção e principalmente a compreensão dos estudantes, que percebem que a Ciência não é uma verdade absoluta, e, ao longo do tempo, trouxe benefícios a nossa sociedade como um todo. Em contrapartida, P2 afirmou acreditar que seja importante para mostrar a construção do conhecimento científico não linear, e que ele está atrelado aos acontecimentos históricos que influenciam as descobertas e desenvolvimento da Ciência.

A pergunta de número 4 questionou os professores sobre o que eles acreditam que o estudante possa aprender em uma abordagem de HC no contexto de ensino. P1 disse que esta abordagem enriquece a aprendizagem e aproxima o estudante da Ciência, enquanto P2 afirmou que por meio dela pode ser desenvolvido um pensamento mais amplo em relação à Ciência, pois a HC mostra a construção deste conhecimento e as contribuições de outras áreas para formulação de teorias, com isso, o estudante aprende que a Ciência não está isolada do meio em que é feita.

A pergunta de número 5 indagou sobre as temáticas em que estes professores desenvolviam a abordagem histórica. Para P1, as temáticas em que a abordagem é mais comum são aquelas que podem contextualizar várias matérias como Física, Química e Biologia, contemplando, por exemplo, os conteúdos de equilíbrio químico, cinética química e orgânica. Isso, condiz com o planejamento apresentado por este profissional, abrangendo um assunto interdisciplinar. Enquanto P2 listou as temáticas determinação da constante de Avogadro, unidades de medida, reações nucleares e processos endotérmicos e exotérmicos, o que também condiz com o planejamento deste professor sobre unidades de medidas. No momento de responder, P1

apresentou dúvida sobre esta questão, pois não compreendeu ao certo o que estava sendo pedido. A dúvida foi esclarecida sem exemplos diretos, para que a resposta do ministrante não influenciasse os cursistas. P1 disse ter compreendido a pergunta e optou por responder assuntos gerais, como apresentado anteriormente.

A questão 6 buscava investigar em quais momentos o professor tenta inserir da HC no ensino. P1 respondeu:

*“gosto de trabalhar inicialmente com os alunos do 1º ano, porque acredito que nesta fase de ensino, temos que evidenciar a química e despertar como ela é vital para nós. Nunca planejei uma aula com abordagem histórica, mas pretendo utilizar mais. Nas aulas online, temos o artifício rápido de vídeos, documentários que estão em redes sociais, vídeos e demais fontes, mas acaba que com a pressão de finalizar o semestre letivo com todos os conteúdos que precisamos abordar, fica esquecido a história da ciência”.*

Nessa mesma questão, P2 respondeu de forma bastante objetiva, afirmando que apenas que utiliza a abordagem sempre que julga importante, sem citar exemplos desses momentos.

Na questão 7 enumeramos nove informações que se relacionam diretamente a um momento histórico e que podem ser usadas no contexto da abordagem de HC, e pedimos aos professores que nos apontassem aquela/aquelas que os mesmos utilizavam em suas práticas pedagógicas. P1 apontou apenas o tópico descoberta científica, enquanto P2 apontou sete das nove opções listadas: nome do cientista, foto do cientista, descoberta científica, ano da descoberta, contexto político da época, contexto cultural da época e algum fato da vida pessoal dos cientistas envolvidos.

Na questão 8 indagamos sobre as ferramentas metodológicas utilizadas por estes professores em uma abordagem de HC, na qual listamos oito opções. P1 apontou apenas a utilização de filmes, enquanto P2 apontou diversas opções, como livro didático, filmes, reportagens, artigos, além de produzir o próprio material.

A questão 9 perguntou se os professores participaram de alguma disciplina específica durante a sua formação acadêmica que contemplasse a HC, e se a mesma foi suficiente para a sua atuação profissional. P1 disse que não participou e P2 participou de uma disciplina intitulada História da Química, porém ele afirmou que ela foi de cunho informativo e não formativo.

Na questão 10 perguntamos se os professores se interessavam por aprender sobre HC. P1 respondeu:

*“Sim, porque quero aplicar mais em minhas aulas e chamar mais atenção dos alunos, não somente a teoria maçante, mas de forma mais contextualizada, até com curiosidades que despertam e podem correlacionar cognitivamente no decorrer do ano letivo com os alunos.”*

P2 também manifestou seu interesse afirmando: *“depois que me interessei pela relação Ciência e Religião, percebi que a relação da história com os processos científicos e teorias produzidas estão intimamente ligados.”*

Após as respostas ao questionário, os ministrantes iniciaram a apresentação com as discussões das temáticas já abordadas anteriormente. Enquanto as definições de caso histórico e NdC eram apresentadas, os pilares do ensino de Ciência definidos por Hodson (2014) a saber, aprender Ciência, aprender sobre Ciência, aprender a fazer Ciência e aprender a lidar com questões sociocientíficas (QSC) foram relacionadas à abordagem de aspectos de NdC em sala de aula. Neste momento o ministrante perguntou aos participantes *“o que vocês entendem por aprender Ciência?”*. P2 respondeu:

*P2: “Na minha cabeça seria... ajudar os estudantes a entender os processos da ciência, tipo isso, aprender ciência seria, é... ajudar o estudante a ser capaz de desenvolver o pensamento científico, seja ele aprendido por leitura de algum artigo e caso ele não vá ser cientista, seja ele ser um cientista mais pra frente, alguma coisa assim.”*

No entanto, o ministrante pediu que P2 identificasse em sua fala se esta definição se relacionava mais com aprender Ciência ou aprender sobre Ciência, visto que P2 mencionou a aprendizagem de processos da Ciência:

*P2: Sim, é isso que eu estou pensando, porque se eu falo que ele vai aprender um processo, às vezes ele vai aprender sobre ciência, porque às vezes ele só vai saber o processo ou, por exemplo, e vai saber só o método científico ou alguma coisa assim, então ele está aprendendo sobre ciência porque não necessariamente ele vai aplicar aquele método científico na vida dele, ou vai ter alguma influência na vida dele, direta assim.*

Apesar de, aparentemente, P2 compreender e diferenciar os dois pilares (*saber ciência* e *saber sobre ciência*), ele assumiu que, na prática, ainda possui dificuldades em identificar ações relacionadas a cada um deles no contexto de ensino:

*P2: Tá, mas no dia a dia essas coisas não estão muito meio que misturadas? Tipo assim, eu vejo que às vezes, tá, beleza, eu entendi o seu ponto, mas no dia a dia da sala de aula essas coisas não tão meio que*

*bagunçada? Assim, eu não sei se dá muito pra dividir. Até porque quando você fala assim: “você vai aprender sobre ligação química”. Como que eu cheguei nesse conhecimento científico sem saber sobre ciência?*

Neste momento, o ministrante argumentou sobre a integralidade dos pilares e sobre a importância da não sobreposição de nenhum deles, mostrando, assim, a importância de oferecer aos estudantes caminhos para que os quatro pilares possam ser desenvolvidos. Em seguida, os ministrantes pediram aos participantes exemplos de como trabalhar o terceiro pilar aprender a fazer Ciência. As respostas obtidas foram:

*P2: Eu chutaria atividades investigativas, é...*

*P1: Eu chutaria experimento.*

*P2: É... experimento, eu falei experimento é bacana também, entra em atividades investigativas, né, você pode só fazer um demonstrativo... [interrompido].*

Neste momento, o ministrante pediu que os participantes exemplificassem esse experimento, já que ele poderia ter caráter investigativo ou não.

*P1: É, eu acho que pode intercalar, né, você... por exemplo, pegar um experimento, uma teoria que você queira tratar com os alunos, e de uma forma investigativa, você levando o aluno a cada vez um significado, por que fazer aquela ciência? E por que comprovar aquela ciência? Eu pensei assim.*

*P2: Ontem, eu dei aula de constante de Avogadro para os meus meninos, aí eu queria um experimento, fiquei duas semanas testando o experimento. Deu certo em casa, calculei os negócios tudo, estava certo. Eu fazia a determinação da constante de Avogadro a partir da produção de hidrogênio dentro de uma seringa. É um artigo da Química Nova na Escola que tem e eu tentei fazer em casa.[...] Aí eu cheguei na sala de aula [...] não deu certo.[...] Aí eu falei, “olha, o que pode ter dado errado aqui? Fiz eles pensarem, o que pode ter dado errado, quais foram os motivos de erro do meu experimento, o que é o que eu fiz de errado?” Obviamente foi um experimento demonstrativo porque a gente está com essa questão de distanciamento e não podia separar, eu não tinha material para todo mundo, então não dava para fazer, é... Aí eu pedi a eles pra pensarem o que pode ter dado errado, mas aí depois eu percebi que o negócio que eu usei pra tampar pra não tirar a água estava... Não saiu tudo, aí acho que isso atrapalhou o experimento, mas tudo bem, e a bateria também acabou depois, eu tinha carregado mas acabou...*

A partir da narrativa da prática pedagógica de P2, o ministrante iniciou uma discussão identificando pontos nesta prática que remetem aos três pilares de Hodson

(2014) discutidos anteriormente. Por exemplo, o ensino da Constante de Avogadro que se relaciona ao aprender Ciência, destacando também como P2 soube conduzir o experimento, que mesmo não dando certo, incluiu o caráter investigativo em sala, porque levou seus estudantes a refletir sobre os erros.

Em seguida, iniciamos uma discussão sobre as QSC, na qual o ministrante citou como exemplo o contexto atual de pandemia e a busca por vacinas em prevenção ao vírus. Após a discussão do exemplo, os participantes foram questionados sobre quais habilidades poderiam ser trabalhadas com QSC? Nesse sentido, P1 refletiu sobre os caminhos percorridos pelos cientistas na elaboração de uma vacina eficaz:

*P1: Eu acho que trazendo um contexto histórico, né, já estou aqui pensando aqui num caminho, eu acho que eu colocaria em evidência a história, e aí colocando numa linha de tempo não linear, né, mas tentando mostrar para os alunos que existem variáveis que são/ que dá errado em um experimento, e aí mostrando que com a experimentação, teste, e aí a gente vai chegar numa forma eficaz que no caso a vacina que nós temos hoje em dia, talvez tentaria trazer assim.*

O ministrante então esclareceu que QSC podem abranger cenários históricos e contemporâneos, e os dois apresentam oportunidades para o desenvolvimento de habilidades por parte dos estudantes. P1 ainda traz uma opinião pessoal sobre QSC:

*P1: E eu gosto muito, assim, não sei, quando eu já era um aluno do ensino médio, eu já pensava/ a gente tem essa questão científica, né, já desde cedo, vem muito assim naquela questão também de curiosidade, e eu sinto que a gente não pode trazer os alunos assim, de uma forma geral, nem mesmo com o professor, que existe uma verdade absoluta sobre tudo.*

Seguindo a programação, apresentamos sobre a abordagem histórica nos documentos normativos da educação, nos quais apenas o CBC contempla a história, relacionando-a apenas aos modelos atômicos. Tal orientação do CBC é contestada por todos os participantes, que assumem que há outras possibilidades entre os conteúdos, nos quais possa ser trabalhada a abordagem histórica.

A próxima atividade consistia em discutir controvérsias sobre a Ciência, na qual, a cada afirmativa, os participantes deviam expor sua opinião a respeito. A primeira controvérsia tratava da neutralidade da Ciência, a esse respeito P2 destacou que:

*P2: Eu já acredito que ela não é neutra e ela nunca vai ser neutra. Ela é influenciável porque ela é empreendimento humano, ela é o empreendimento humano mais promissor e mais é... e o melhor entendimento humano que já foi feito, mas como ela é o entendimento humano, ela vai ser influenciada pelas concepções dos seres humanos, não devia? Não devia, mas é.*

A segunda controvérsia foi sobre a influência de interesses pessoais dos cientistas no desenvolvimento da Ciência. A esse respeito, P1 destacou que:

*P1: Eu não concordo porque ele segue, eu acredito que a gente vai muito por interesse, né, por exemplo, muitos cientistas vão para a área da inorgânica, orgânica, biologia, física, educação, então acho que segue interesse pessoal, aquela questão emotiva, né, que vocês falam.*

P1 ainda complementa que outros fatores como questões financeiras e familiares podem influenciar o trabalho do cientista. A respeito da terceira controvérsia, que mencionava a grande diferença entre a participação masculina e feminina na construção da Ciência ao longo da história, P1 manifestou:

*P1: Concordo que é masculina e acho muito também ocidental, ah, porque... a gente sempre, né, a gente quase não vê muita mulher na área da ciência, a gente sempre relata assim, particularmente, a Marie Curie, mas tem tantas outras.*

P1 também expressou a opinião sobre os interesses econômicos em relação ao desenvolvimento científico, assunto da quarta controvérsia:

*P1: Fazem parte sim. Eu acredito, porque muito, muito do que a sociedade moderna né, tem da tecnologia né, da sua parte científica, vem de algum interesse econômico ou por trás disso, né, igual a gente falou, político, familiar, etc. Acho que sim.*

Para introdução do assunto central do minicurso, os cursistas elaboraram uma nuvem de palavras sobre Marie Curie, contribuindo cada um com duas palavras que se relacionasse com a cientista. Nesta nuvem palavras gerais de sua contribuição foram vistas, entre elas: radiatividade, rádio, radiação e Nobel foram as mais citadas.

O segundo dia foi destinado à realização de uma atividade assíncrona, em que os cursistas assistiram ao filme “*Radioactive*”. Foi solicitado que eles

selecionassem cinco trechos nos quais fossem possível visualizar fatores que interferiram na construção do conhecimento científico.

O terceiro dia iniciou com um *feedback* dos cursistas em relação ao filme, o qual de maneira geral foi bastante positivo. Os participantes citaram o quanto o filme os aproximou da cientista, pois a obra cinematográfica retratou Marie enquanto pessoa e pesquisadora. Citaram tanto sobre a potencialidade da obra em materializar o contexto histórico e principalmente sobre a viabilidade de utilizar o filme em sala de aula, mesmo que em pequenos trechos.

Para iniciar as discussões do filme, os ministrantes pediram que os participantes elaborassem uma nova nuvem de palavras, contribuindo desta vez com três palavras, relacionadas a Marie Curie novamente. Desta vez, a nuvem foi se compondo com palavras ligadas a características pessoais de Marie, resultado ligado diretamente ao filme visto. As principais palavras citadas foram: empoderamento, objetividade, revolucionária.

A segunda atividade do dia consistiu em apresentar aos cursistas algumas cenas do filme, relacionadas aos trechos do caso histórico “*Marie Curie: a mulher e a cientista em uma mesma essência*” apresentado no Produto Educacional, pedindo que fossem reconhecidos fatores que influenciavam na construção do conhecimento científico.

A primeira cena mostrava o trabalho manual de Marie na extração dos elementos Rádio e Polônio a partir da matéria bruta *plechblenda*, bem como a estrutura física do ateliê utilizado como laboratório e os equipamentos usados. Neste momento o P1 argumentou:

*P1: É, eu ia falar do local, porque até naquele símbolo do filme e as anotações dela, vários testes que ela fazia, não davam, tipo assim, ela estava vendo que tinha alguma coisa ali, mas talvez não conseguisse encontrar devido, talvez né, das condições do ambiente, do laboratório.*

Sobre as características pessoais de Marie, P1 complementou:

*P1: “Eu achava ela bem destemida também né, pensadora né.”*

Neste ponto vemos que P1 consegue identificar aspectos da área de Psicologia (*objetividade e limitação*), bem como da área de Economia (*fonte de financiamento*) \_ mesmo que não use estes nomes para destacar estas características \_, visto que reconhece os danos causados pela falta de estrutura durante o trabalho de pesquisa realizado pelo casal.

O segundo trecho escolhido trata de um diálogo do casal sobre o não patenteamento dos processos de extração dos elementos e como tal escolha permitiu que eles fossem utilizados em diferentes ramos industriais, permitindo seu uso em diferentes produtos, os quais ganhavam cada vez mais o mercado. Em relação ao trecho, P1 e P2 argumentaram:

*P2: É, essa cena, ao mesmo tempo em que eu a vejo problemática, é... para mim é uma das cenas mais bonitas do filme. Assim, eu a vejo problemática porque tipo assim, saiu tacando o rádio em tudo, e ninguém sabia os problemas que isso poderia causar. [...] A saída da ciência que você faz dentro do laboratório, pra aplicações na sociedade, mesmo que seja uma aplicação problemática, porque obviamente ninguém conhecia o rádio, ninguém esperava que o problema da radiação, mas, sair do laboratório e criar um produto, [...] você mostra que a ciência não é atoa né, [...].*

*P1: [...] eles sabiam da descoberta, que ela foi muito impactante na época, mas eles também não tinham muito pudor, porque por exemplo, manuseando tudo no laboratório sem luvas, sem EPI nenhum, então assim, eu acho que tudo era muito novo e pra eles não era impactante, era realmente uma novidade, um tiktok, uma sensação da época, mas essa parte realmente, ele fica né, assim, perplexo com a descoberta, mas eu já achei que ela ficou mais, é... não sei, eu senti que ela fica um pouco, assim, assustada né, com a situação, como assim isso foi descoberto, pra ser descoberta a criação e tal.*

O ministrante então pergunta se a produção exacerbada de produtos com rádio era uma precipitação na visão de P1:

*P1: Aí, eu acho que não, acho que foi realmente uma inspiração, sabe? Eu fiquei sentindo muito isso que, ele e ela, eu não sei se teve uma... teve uma cena sim, deles dois crianças, que ele queria, ele... que a vida dele, ele queria já, como se ela já estivesse na vida dele desde muito tempo, e como a curiosidade dos dois, desde criança serviu como inspiração para a ciência, eu senti como isso, uma fonte de inspiração, já vindo deles desde novos.*

P1 apresenta aqui sua opinião sobre os fatos épocas, sem uma avaliação crítica dos malefícios causados a longo prazo pelo uso industrial do Rádio. No entanto o que nos chamou a atenção foi o encantamento por uma cena específica do filme, que nitidamente, despertou emoções no professor em relação ao enredo.

No chat, ainda tratando do desconhecimento dos males causados pela radioatividade, o P2 lembrou os trechos do filme que mostravam Marie dormindo ao lado da amostra de Rádio, e disse que todo o processo de pesquisa, foi uma empolgação do casal. Eles não esperavam que os problemas poderiam acontecer. P1, por meio do chat, concordou.

Ao continuarmos a mesma reflexão sobre aspectos de NdC retomando a atividade dos cursistas, muitos deles interagiram trocando opiniões e expondo as partes que se destacaram no filme. P1 ressaltou a importância de tal interação:

*P1: [...] é legal que tragam, ah... comentários dos outros colegas. Porque são visões que a gente viu, só que às vezes a gente se atentou a alguma outra coisa, né? E... eu achei muito interessante que a gente vê trabalhos, assim, de história e tudo mais, mas a gente não consegue às vezes intercalar, né? Em nosso dia, assim, como docente, né? Estou falando como docente, como que a gente pode tratar tantas coisas com os alunos, principalmente com esse filme né.*

P1 também afirmou sobre a possibilidade de identificação de vários aspectos em uma mesma cena:

*P1: Eu acredito que sim. Porque nós somos seres que estamos em constante mudança, e tem uma coisa muito cognitiva né? Em tudo o que a gente faz. Eu acho que... por exemplo, às vezes eu me atentei muito àquela imagem deles dois, é... criança. Porque eu falei assim, “gente, às vezes é um despertar na ciência ali na infância, que vai despertar mais para o aluno.”[...] A gente pode levar numa feira de ciência, num parque e discutir ciência e trazer outras coisas para eles. Assim, discutir tantas outras, né? Por exemplo ali, antropologia, sociologia, economia, trazem em um tema várias coisas, eu acho que pode sim.*

No questionário final, apresentado no apêndice C - Questionário Final, procuramos investigar quais os benefícios identificados pelos professores com a participação no minicurso, tentando observar se houve mudanças nas concepções identificadas no planejamento e questionário iniciais.

Na questão 1, perguntamos quais eram as novas potencialidades que os professores identificavam na utilização da abordagem de HC nos contextos de ensino. Para P1, as potencialidades estavam em muitos aspectos, e que identificava uma mudança significativa na maneira que via um filme, documentário, texto e em como poderia contextualizar com a história e NdC. Por outro lado, para P2 as potencialidades estavam em ter estudantes mais inteirados com a HC e na

possibilidade de criar pontes entre as disciplinas, que muitas vezes são trabalhadas isoladas, como no desenvolvimento de projetos transdisciplinares. Também destacou sobre ajudar os estudantes a conectar fatos e conteúdos, abrindo o leque de possibilidades pedagógicas.

Na questão 2, indagamos quais outros materiais os professores acreditavam possibilitar a introdução de casos históricos nos contextos de ensino, além do filme sugerido no minicurso. Os dois professores listaram artigos e documentários, e P2 ainda complementou com o uso de livros de história e visita a museus. P1 mais uma vez se mostrou preocupado com o cumprimento dos horários e conteúdos, dizendo que, no caso de utilização do filme, o mais adequado seria utilizar trechos, pois segundo ele: *“acredito que inserir essa possibilidade, demanda tempo, assim, é adequado que se trate com trechos para ser mais preciso nas aulas.”*

Na questão 3, perguntamos quais seriam as contribuições/benefícios proporcionados pela abordagem histórica na formação dos estudantes. P1 respondeu:

*“inúmeras, aprendi que contribui na inserção e construção do conhecimento científico do aluno, até para construir uma abordagem mais significativa e amável com as ciências, visto que, proporciona repugnância aos alunos. Além de observar a construção do conhecimento ao longo da história, e como novas tecnologias que temos hoje é fruto de cientistas que pensaram, observaram e que consolidaram nos tempos de hoje.”*

Nessa questão, P2 manifestou:

*“Os estudantes desenvolvem um panorama mais amplo e fundamentado, mostrando que a história e as ciências não estão dissociadas e uma influencia diretamente na outra, contribuindo e até direcionando alguns eventos.”*

Por fim, perguntamos se a participação no minicurso promoveria mudanças na prática pedagógica destes professores, e em caso afirmativo, quais seriam elas. De acordo com P1, a mudança ocorreria com certeza, principalmente na maneira como ele iria introduzir os conteúdos e na contextualização para o novo Ensino. Para P2 a resposta também foi sim, complementando que acredita que *“o minicurso ajudará a incluir mais aspectos da natureza histórica da ciência nas aulas, o mesmo ajudou a dar uma direção de como abordar, como incluir e trabalhar esses aspectos no dia a dia da sala de aula.”*

Após o minicurso, com o intuito de ampliar o conhecimento de nossos participantes, indicamos a leitura completa do artigo *“Um modelo de Ciências para fundamentar a introdução de aspectos de Natureza da Ciência em contextos de ensino e para analisar tais contextos”* (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020), para que eles tomassem conhecimentos das áreas e aspectos de NdC que compõem o MoCEC v.2 e que podem ser articulados em uma abordagem no contexto de ensino, favorecendo o desenvolvimento de conhecimentos de NdC pelos estudantes. Para que os participantes colocassem em prática a utilização do modelo, pedimos a leitura do capítulo *“O reconhecimento mundial”* do caso histórico *“Marie Curie: a mulher e a cientista em uma mesma essência”*, e que ele fosse categorizado, conforme a identificação dos aspectos de NdC. A escolha específica deste capítulo nos auxiliou a contemplar todas as fases da vida de Marie Curie durante o processo formativo, uma vez que a infância, juventude, pesquisa e participação na guerra haviam sido apresentadas e discutidas no minicurso. Após uma semana, reunimos com os participantes a fim de comentarmos a categorização.

No início da reunião ao perguntarmos sobre as impressões iniciais relacionadas ao filme e a leitura do caso histórico, P2 destacou o apelo emotivo trazido exclusivamente pelo filme, porque se trata de uma obra de entretenimento, que contempla parte da HC. Em contrapartida, o caso histórico transmitiu a ideia de pesquisa, apresentando mais detalhes sobre a vida e obra de Marie Curie. Como exemplo, P2 cita a busca pela matéria prima da pesquisa, a *pechblenda*, dizendo que o caso histórico apresenta um contexto mais social e econômico, mostrando que era um material caro, destinado a outra utilização, do qual o casal conseguiu apenas um resíduo. Enquanto no filme o material é simplesmente entregue por uma carroça, passando a impressão de que foi fácil o acesso ao mesmo. Em contrapartida, P1 destacou o quanto o filme e o caso histórico proporcionaram a aproximação pessoal da cientista, ao apresentarem aspectos pessoais da vida de Marie, como os momentos depressivos. P1 ainda ressaltou o quanto isso pode favorecer a aprendizagem do estudante, porque pode haver uma identificação pessoal, que envolva, facilite e incentive o processo de construção do conhecimento.

De modo geral, a reunião prosseguiu com os participantes destacando trechos do capítulo escolhido e apontando os aspectos de NdC identificados. A identificação apresentada era então discutida e justificada, de forma que

podéssemos acompanhar a construção do conhecimento destes participantes na interpretação e relação do texto com o aspecto. Genericamente, os participantes reconheceram uma quantidade significativa de aspectos, e aqueles não identificados foram revelados pela pesquisadora, que destacou os trechos, os aspectos e as justificativas da categorização.

Inicialmente os participantes identificaram no parágrafo 68 a área do conhecimento Economia, quando Marie responde à repórter que seu sonho era ter um grama de rádio para prosseguir seus estudos, mas, por impossibilidade financeira não o tinha. No entanto os participantes não identificaram o aspecto, que foi detalhado pela pesquisadora.

No parágrafo 69, que relata a viagem de Marie com as filhas ao continente americano, os participantes reconheceram características da área de Sociologia sem apontar novamente um aspecto específico. Neste momento, Marie enfim teve o reconhecimento pelo seu trabalho. Novamente, o aspecto foi detalhado pela pesquisadora.

No parágrafo 70, que relata características pessoais de Marie durante a viagem, P1 identificou a área de Psicologia, relacionada ao aspecto de *personalidade*. No entanto P2 relacionou a área da Antropologia, relacionada ao aspecto de *influência cultural*, justificando que os trejeitos de Marie poderiam ter sido influenciados pela sua nacionalidade. Entretanto, alegamos que no texto, em momento algum, suas características foram relacionadas a sua naturalidade, sendo assim, a categorização correta foi a apontada por P1.

No parágrafo 71, P1 apontou a criação da bolsa estudantil, feita por Marie como aspecto de *influência cultural*, na área do conhecimento Antropologia, justificando por meio da história de vida da cientista, que viveu inúmeras dificuldades para se manter na França enquanto estudante. P2 relacionou o mesmo trecho com o aspecto *fonte de financiamento*, da área Economia. A pesquisadora esclareceu que a criação da bolsa, foi interpretada como uma empatia da parte da cientista perante os estudantes estrangeiros, e por meio dela, a ideia de um fundo de financiamento que permitiriam melhores condições de vida a estes estudantes, durante a realização do curso. Sendo assim, a categorização correta foi a apontada por P2.

Ao longo das falas verificamos que os participantes tiveram um olhar além do texto, e que em alguns momentos sentiram a necessidade de aprofundar no assunto, fazendo novas pesquisas, como a colocada por P1, que investigou sobre a Sociedade das Nações, citada no parágrafo 71. Assim, é possível inferir que, de modo geral, os olhares para a NdC foram mais detalhados e sensíveis, refletindo a todo instante sobre a construção do conhecimento científico.

### 4.3 Perspectivas de uso de HC e NdC no ensino

Após a participação no processo formativo, com o intuito de observar mudanças na prática pedagógica destes professores, pedimos aos mesmos que elaborassem um novo planejamento de uma aula que incluísse a abordagem de HC.

P1 revisitou o planejamento inicial e propôs alterações de abordagem metodológica, mantendo o público-alvo, os conhecimentos prévios e objetivos do planejamento anterior. Nesse novo planejamento, P1 propôs o uso do vídeo “*Conheça seis mulheres cientistas brasileiras*”, disponível no *YouTube*, dividido em trechos e, em cada trecho selecionado uma questão reflexiva era proposta aos estudantes, seguindo a divisão a seguir:

- Trecho 0:40 a 1:02: *A cientista é retratada nesse trecho. Você acredita que há uma influência motivacional por parte dela, da sua cultura, da sua família ou é da sua própria personalidade que ela buscou responder seus próprios questionamentos?*
- Trecho 2:08 a 3:00: *Houve uma lógica para ela relacionar suas observações com o conteúdo científico? A complexidade de compreender a bactéria *Rhizobium* e sua fixação com o nitrogênio: ela precisava de conhecimento na Física, Química, Biologia para compreender sua questão de pesquisa?*
- Trecho 3:10 a 3:33: *Com a sua descoberta, ela teve reconhecimento no país e no mundo?*
- Trecho 3:48 a 3:50: *Sua descoberta, teve aplicação no Brasil e no mundo? Se sim, fale como a inovação científica contribui para o desenvolvimento, economia, competitividade e viabilidade para um país.*
- Trecho 3:57 a 4:05: *Por ela ser mulher, você acredita que ela tenha enfrentado algum preconceito na época ou ela foi reconhecida e aceita pela comunidade científica rapidamente?*

- Trecho 4:08 a 4:40: *Com sua descoberta, a produção de cana-de-açúcar, traz uma produtividade alta para o nosso país? Este combustível tratado no vídeo traz retorno financeiro?*

Complementando a discussão, P1 propôs que os estudantes explicassem o ciclo de fixação de nitrogênio e sua importância na Química. Além disso, ele questionou se o combustível apresentado no vídeo contribui para efeito nocivo em nosso ambiente. Para finalizar, se a Química, Física, Biologia e Matemática coexistem em sua visão como estudante.

Com a alteração da metodologia, P1 também alterou as formas de avaliação ao fim do planejamento de aula afirmando que

*“é de grande importância que seja estimado um tempo para o aluno reformular suas respostas para entregar ao professor, assim sendo, com as respostas, a pontuação pode ser colocada boa, para aqueles que discutem de forma embasada com os conteúdos, de Química Orgânica, ciclo do nitrogênio, contextualização da matéria de Biologia, Física e Matemática, se houver, e sabem discursar de maneira coerente e coesa com a linguagem científica.”*

Foi possível constatar que P1 propôs neste novo planejamento uma aula mais interativa e que chama a atenção dos estudantes para aspectos que antes não eram percebidos, como motivação, personalidade e credibilidade da cientista.

P2 elaborou um planejamento de duas aulas de 50 minutos cada, com o tema Eletroquímica, direcionadas aos estudantes do 2º Ano do Ensino Médio. Os conhecimentos prévios necessários para acompanhar as aulas seriam reações químicas, balanceamento de reações químicas, funções inorgânicas, determinação do número de oxidação e carga formal, Tabela Periódica, distribuição eletrônica e para complementar, solicitou também a leitura prévia das 10 primeiras páginas do artigo: *“Galvani, Volta e os experimentos cruciais: a emblemática controvérsia da eletricidade animal”*, a ser disponibilizado anteriormente.

Os objetivos da aula foram: (i) *identificar reações de óxido-redução;* (ii) *identificar aspectos de natureza da ciência com as discussões de Galvani e Volta;* (iii) *diferenciar os tipos de meios de obtenção de energia;* (iv) *determinação do número de oxidação e carga formal dos elementos químicos;* e (v) *diferenças entre as fontes de*

*obtenção de energia elétrica.* A aula partiu da abordagem da determinação do número de oxidação do  $\text{Ca}^{2+}$ , por meio do esquema de distribuição eletrônica e propriedades periódicas, considerando a tendência de perda e ganho de elétrons do átomo de cálcio no estado fundamental.

O primeiro momento da aula seria marcado por uma apresentação do conteúdo em uma mediação interativa dialógica direcionada por perguntas propostas pelo professor. P2 não explicitou a forma como essas abordagens discursivas aconteceriam em sala de aula, perfazendo uma proposta mais geral de envolvimento dos estudantes na discussão da temática proposta. As questões para este primeiro momento são listadas a seguir:

- *Como funciona uma hidrelétrica? Qual a diferença entre a energia elétrica obtida por uma hidrelétrica e uma termelétrica? (Propor o pensamento sobre como a energia que chega na nossa casa se relaciona com o nosso dia a dia).*
- *Por que eu posso utilizar a energia de uma pilha? (Instigar os alunos a pensarem como é gerada a energia que liga aparelhos domésticos e não estão na tomada sendo constantemente alimentados. O que é gerado quando ligamos um aparelho à pilha).*
- *Qual a diferença que eu posso ter entre a energia fornecida por uma pilha de 1,5V e a energia que liga nosso computador pela tomada de 110V? (As duas fontes de energia elétrica citadas têm diferenças e semelhanças. Propor aos alunos pensarem sobre isso, quais as diferenças, quais semelhanças. Os alunos podem responder sobre a espontaneidade da pilha, em contrapartida, a energia hidrelétrica é gerada pela transformação de energia potencial em mecânica e em elétrica. É interessante que o professor conduza a discussão para uma “espontaneidade de reação química que gera uma corrente de elétrons”. Isso ajuda a introduzir a próxima pergunta).*
- *Por que a pilha tem uma condução elétrica espontânea? (A espontaneidade da pilha está relacionada à potenciais de redução e oxidação de seus componentes, mas isso será trabalhado com detalhes mais adiante. A questão é pensar de onde vem a corrente de elétrons? Quem tem elétrons para doar? Para onde vão esses elétrons? Propor uma visão mais interna da pilha).*

- *O que acaba quando a pilha para de funcionar? O que é cortado quando eu desligo o interruptor da luz da sala? (É de interesse do professor chegar à resposta “corrente elétrica”, “corrente de elétrons”, “passagem de elétrons”. Para isso podem ser necessárias outras perguntas que direcionem ou que utilizem contribuições dos alunos na construção da resposta mais acertada. Caso os estudantes cheguem à resposta na primeira tentativa de discussão é importante valorizar as formas que eles colocam a resposta. Perguntar se outros alunos concordam ou têm alguma contribuição diferente).*
- *Como vocês imaginam que começou a discussão da influência da corrente elétrica e os meios de transferência de informações na nossa mente? (Pergunta direcionadora para a próxima pergunta do Momento 2. É importante o professor formular outras interações, caso ache necessário, para introduzir o assunto do artigo).*

Ao elaborar as questões do primeiro momento, o professor apresentou algumas expectativas/previsões de intervenções e possíveis demandas dos estudantes para cada questão.

O segundo momento do planejamento também foi marcado por perguntas em um discurso interativo dialógico, no entanto embasado no artigo e mediado por uma apresentação de slides. Os slides foram elaborados com as gravuras do texto, fotos dos cientistas citados e de originais. As perguntas propostas são listadas a seguir:

- *Como vocês enxergam a relação estabelecida pelos cientistas no texto? (As respostas virão com a leitura interpretativa do texto. O professor pode extrair pontos chave que queira discutir, mas é importante que os alunos também retirem partes para contribuir na discussão, isso pode ser na hora ou pedir para trazerem isso previamente.)*

O professor então citou um exemplo de um trecho em que os alunos poderiam refletir sobre o papel do cientista:

Galvani sustenta que há uma forma intrínseca de eletricidade envolvida na condução nervosa e na contração muscular; ele propôs, então, uma explicação neuroelétrica para esse movimento. O anatomista admite que há um desequilíbrio elétrico presente em tecidos animais (Raicik, 2019). Volta, por sua vez, se opõe a eletricidade animal, propondo a teoria de contato metálico. “Neste

dilema aparentemente insuperável entre eletricidade animal e metálica, como única causa possível e suficiente de condução nervosa, reside o coração do problema na controvérsia Galvani-Volta (PICCOLINO; BRESADOLA, 2013, p. 18).

Segundo P2, nesse trecho constata-se a disputa entre os dois cientistas e a controvérsia científica está na “condução nervosa”.

- *Qual paralelo fazemos sobre a discussão científica realizada entre Galvani e Volta séculos atrás e as discussões científicas hoje? (Destacar as publicações, redução de experimentos, discussão com respeito, a importância de analisar, repetir e explicar as conclusões, que foram realizadas por Galvani e Volta. O professor pode explicar um pouco sobre Jornais de publicação científica, revisão por pares, importância de reprodutibilidade, estatística e outros conceitos importantes no meio científico).*

- *Vocês julgam válidas as abordagens que eles fizeram para a época deles? Vocês, como cientistas fariam alguma coisa diferente? (Exercício de incentivar os alunos a se imaginarem cientistas. O que eles fariam? Como conduziram o experimento. Pode ser interessante o professor fazer um exercício experimental. Levar alguns materiais, como para testar condutividade elétrica, e pedir os alunos para falar como testariam os materiais. Propor uma pergunta, por exemplo: “como medir a corrente elétrica em um corpo”? Que leve o estudante a pensar como resolver um problema. Mesmo que seja um exercício teórico).*

Após as perguntas o professor continua a aula abordando aspectos teóricos do conteúdo, mediados pelo slide, que a partir de então tratam de conceitos específicos da Eletroquímica.

Verificamos que P2 não teve dificuldades em inserir a abordagem histórica na discussão do conteúdo. Neste planejamento constatamos que P2 também optou por momentos de maior interação com os estudantes. Os aspectos mais abordados foram a personalidade do cientista e a epistemologia.

Para esclarecermos alguns pontos em relação aos planejamentos elaborados e compreendermos de forma mais detalhada a evolução dos conhecimentos sobre NdC dos participantes do processo formativo, realizamos uma entrevista, apresentada no apêndice E – Entrevista. A entrevista foi dividida em duas partes, sendo a primeira com perguntas a respeito das impressões gerais sobre o processo formativo e a

segunda, com perguntas voltadas aos planejamentos. Desta forma, a entrevista foi realizada de forma individual com cada participante.

Nas perguntas gerais questionamos inicialmente se o processo formativo favoreceu a prática pedagógica dos participantes e, em caso positivo, pedimos ao participante que detalhasse a contribuição. P1 afirmou que acredita que sua prática pedagógica mudará totalmente, pois após o processo formativo conseguiu ir além, visto que em qualquer conteúdo, por exemplo, Pilhas e Radioatividade, ele sempre tentará buscar/usar o contexto histórico para apresentar a construção dos conhecimentos e sua evolução histórica, até sua utilização tecnológica atual, complementando sua abordagem. Para P2 a resposta foi sim, principalmente na percepção das manifestações de HC e NdC nos materiais utilizados em sala de aula. P2 atuava em uma escola particular, na qual o material didático contemplava estas temáticas apenas como assuntos de canto de página, sem participação alguma na discussão do conteúdo. Após a participação no processo formativo, P2 pôde complementar a abordagem do conteúdo, inserindo HC e NdC de forma mais efetiva na proposta de ensino.

A segunda pergunta foi sobre a incorporação de NdC nas aulas dos participantes, qual era a frequência e que um exemplo fosse narrado. P1 disse que após a leitura do artigo a respeito das áreas e aspectos de NdC no ensino, percebeu as várias possibilidades de se trabalhar o assunto durante a discussão do conteúdo. Como exemplo, P1 relatou alguns comentários sobre o atual conflito entre a Rússia e a Ucrânia, expondo os contextos econômicos, históricos e de interesses pessoais entre os seus governantes, os quais foram indagados por seus estudantes, quando perguntaram se a Química estará na Guerra. Por sua vez, P2 afirmou que o processo formativo favoreceu a incorporação de aspectos de NdC, e que passou a incorporar com mais frequência tal assunto, considerando que em todo conteúdo refletia sobre como levar a HC e NdC para seus estudantes, considerando principalmente a aproximação à Ciência e à construção do conhecimento científico. Como exemplo P2 citou os inúmeros experimentos que realizava em sala de aula, os quais vêm o ajudando a inserir a construção do conhecimento científico no contexto de ensino. Em uma aula sobre reações de oxirredução, P2 utilizou a reação de oxidação do permanganato potássio a óxido de manganês, que inicialmente foi balanceada pelos estudantes pelo método da tentativa, sendo que apenas um deles conseguiu. E então,

P2 demonstrou na prática a ocorrência da reação, levando os estudantes a refletirem que ali no meio reacional, além da reorganização dos átomos, outros processos poderiam estar ocorrendo para que houvesse a mudança de cor no sistema, e isso se devia ao trânsito de elétrons, inserindo assim os conceitos relacionados à oxirredução. P2 considerou que tanto o experimento, quanto a forma de abordagem, favoreceram efetivamente a construção do conhecimento por parte de seus estudantes.

Na terceira pergunta, indagamos se o artigo *“Um modelo de Ciências para fundamentar a introdução de aspectos de Natureza da Ciência em contextos de ensino e para analisar tais contextos”* auxiliou no trabalho pedagógico dos participantes no âmbito de desenvolvimento de temáticas de NdC em sala de aula e como este processo aconteceu. Tanto P1 quanto P2 esclareceram que na prática não conseguiram aplicar em detalhes o MoCEC, e que pelo excesso de trabalho, não tiveram tempo para dedicar a um estudo mais detalhado do modelo, apesar de reconhecer que isto acrescentaria muito em suas práticas. No entanto, P1 planeja inserir o modelo de forma mais efetiva no próximo semestre. Nesse mesmo sentido, P2 acredita que os fundamentos do modelo, principalmente a abordagem de NdC, refletiram positivamente na sua prática. Foi perguntado a P2 em qual área do conhecimento ou aspecto do MoCEC o experimento da reação de oxirredução se associava, porém P2 não conseguiu responder.

A questão quatro indagou se após o processo formativo, o participante buscou conhecer mais sobre HC e, se este novo conhecimento foi aplicado na prática ou planejado sua aplicação. Conforme afirmou P1 na primeira pergunta, ele vem buscando com frequência aprender sobre HC, sempre relacionando a temática ao conteúdo trabalhado em sala, com o objetivo de complementá-lo. P2 afirmou que seu interesse por HC aumentou após a participação no processo formativo, e que chegou a olhar alguns livros para serem adquiridos, no entanto não teve ainda a oportunidade de aplicar em sala os novos assuntos.

A questão cinco complementa a questão anterior, quando questiona ao participante se ele percebeu mudanças na aprendizagem dos estudantes com a aplicação da temática de HC e quais foram elas. P1 nos relatou que sempre incentiva seus estudantes a buscarem informações nos meios de comunicação, monitorando as fontes e validando informações confiáveis, e que após a utilização das abordagens de HC e NdC em suas aulas, seus estudantes vem se desenvolvendo de forma

positiva na avaliação e crítica destas informações. Como P2 não chegou a aplicar esta temática, a pergunta não foi realizada.

A entrevista específica de P1 procurou entender os motivos que levaram este participante a realizar uma releitura do planejamento inicial, alterando toda sua metodologia e apresentando-o como planejamento final, após a participação em nosso formativo.

A primeira pergunta foi sobre os motivos da retomada das questões ao final do primeiro planejamento. Segundo P2, foi para retomar a construção do conhecimento dos estudantes em relação aos assuntos tratados no vídeo, e eles conseguiram relacionar tais assuntos ao contexto da comunidade onde a Escola se encontra. Outra função da retomada das questões foi a avaliação da participação dos estudantes, observando se eles tiveram atenção ao vídeo exibido.

Na segunda questão, perguntamos sobre o porquê da reelaboração do primeiro planejamento. De acordo com P1, ao dividir o vídeo em pequenos trechos ele se aproximava das estratégias de discussão do filme *Radioactive* utilizada no processo formativo, a qual achou muito eficiente, pois facilitava a identificação e a abordagem de aspectos de NdC, bem com a troca de ideias percebidas entre os estudantes.

Na terceira pergunta, indagamos o porquê o participante optava por questionar seus estudantes em cada intervalo de trechos do vídeo, e se os mesmos questionamentos não seriam eficientes caso o vídeo fosse exibido por completo. Como P1 havia respondido na questão anterior, os questionamentos por trecho são em sua opinião mais eficientes e incisivos, porque direcionam o olhar de seus estudantes para trechos específicos.

Ao ser questionado sobre a aplicação do planejamento final, P1 nos disse que ainda não havia aplicado, porque atualmente trabalha com o nível fundamental, e seu planejamento conta com conhecimentos prévios de nível médio.

Na segunda parte da entrevista, voltada especificamente para os planejamentos de P2, perguntamos na primeira questão em que uma aula prática contribui para o desenvolvimento de aspectos de NdC, visto que o participante optou por fazer o primeiro planejamento com foco em um experimento demonstrativo. P2 afirmou acreditar que as aulas práticas são mais visuais e que eles oportunizam aos estudantes um momento de colocar a mão na massa. O planejamento inicial apresentado por P2 foi aplicado durante sua participação no PIBID, e ao lembrar a

aula, o participante pôde perceber o quão efetivo foi a participação dos estudantes. P2 ainda complementou que percebe que os estudantes sentem falta desta aproximação da Ciência, porque sempre demonstram curiosidade sobre algum processo experimental, como fazer uma bomba, além de trazerem uma imagem estereotipada do cientista. Com momentos práticos é possível alcançar maior participação e interatividade dos estudantes nas aulas, além de desmistificar a imagem e trabalho do cientista. É possível também apresentar aos estudantes aspectos da experimentação, como a coleta e análise de dados.

Ainda em relação ao primeiro planejamento, questionamos o participante sobre a autoria do diagrama utilizado na representação de erro, precisão e exatidão, e como foi a abordagem dele no contexto de ensino. P2 afirmou que o diagrama não é de sua autoria e que não se recorda da fonte utilizada. Em termo da abordagem, esta foi realizada por meio da projeção do diagrama em um slide, de forma que os estudantes foram levados a observar a diferença entre as quatro situações e, por meio das diferenças, os pibidianos<sup>13</sup> conduziram a construção dos diferentes conceitos. P2 afirmou que a abordagem foi eficiente.

A terceira questão contemplou o segundo planejamento de P2, quando perguntamos sobre o uso de artigos científicos no contexto de ensino; se a ferramenta é efetiva no seu contexto de trabalho; se o participante tinha o costume de usar este material em suas aulas; e, como a leitura de um artigo poderia ajudar os estudantes a desenvolverem conhecimentos de NdC. P2 afirmou que esta foi a primeira vez que inseriu esta ferramenta em seu contexto de trabalho, e que apenas alguns estudantes realizaram a leitura indicada, o que o levou a concluir que culturalmente, estudantes do nível médio não possuem este costume, e sendo a proposta não muito aceita, seus benefícios não foram alcançados em sua totalidade. P2 manifestou o interesse de aplicar mais esta prática, pois acredita que o contato com estes materiais poderia contribuir com o entendimento do processo de construção do conhecimento científico por parte dos estudantes.

A última questão retomou o primeiro planejamento, questionando ao participante se após a participação no formativo, P2 encontrou falhas em seu planejamento inicial, e quais seriam os caminhos para corrigi-las. O participante disse

---

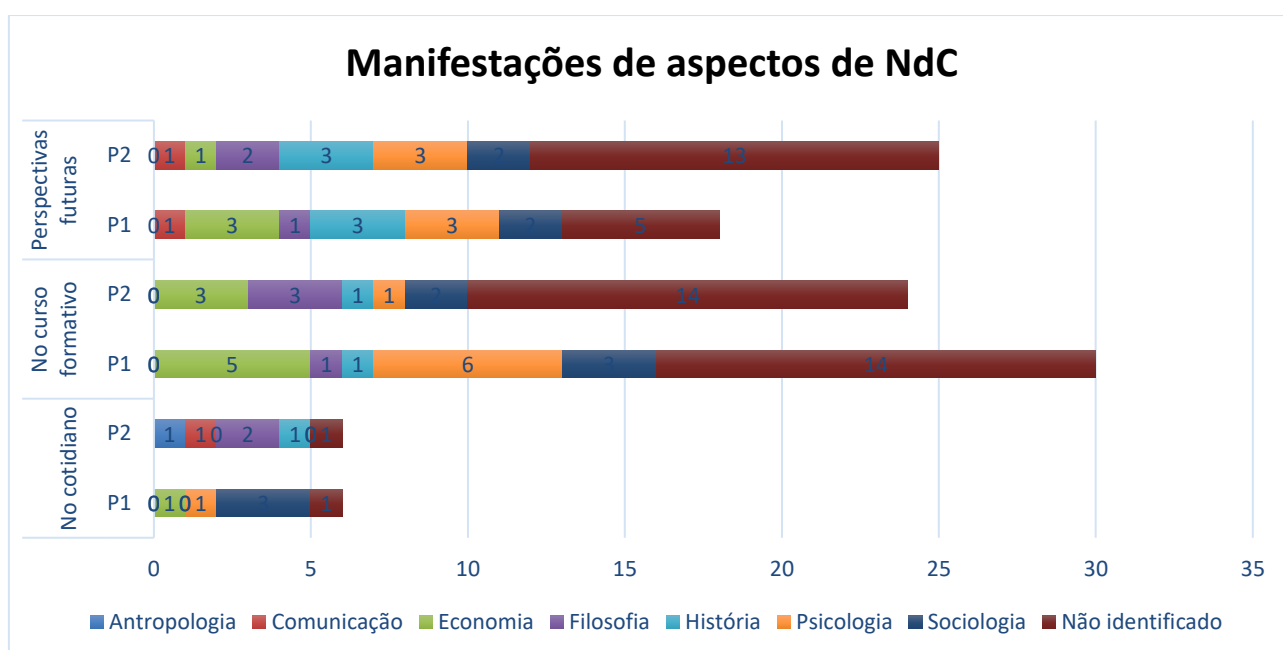
<sup>13</sup> Esclarecemos que o planejamento inicial apresentado por P2 foi utilizados em uma intervenção pedagógica elaborada na época em que o professor era bolsista do PIBID.

ter observado muitas falhas, e que havia visualizado algumas melhorias necessárias. Entre elas, gostaria de aumentar a abordagem histórica neste planejamento, e buscaria tornar a abordagem do experimento mais investigativa, e a aula em si mais interativa.

#### 4.4 Discussão dos resultados

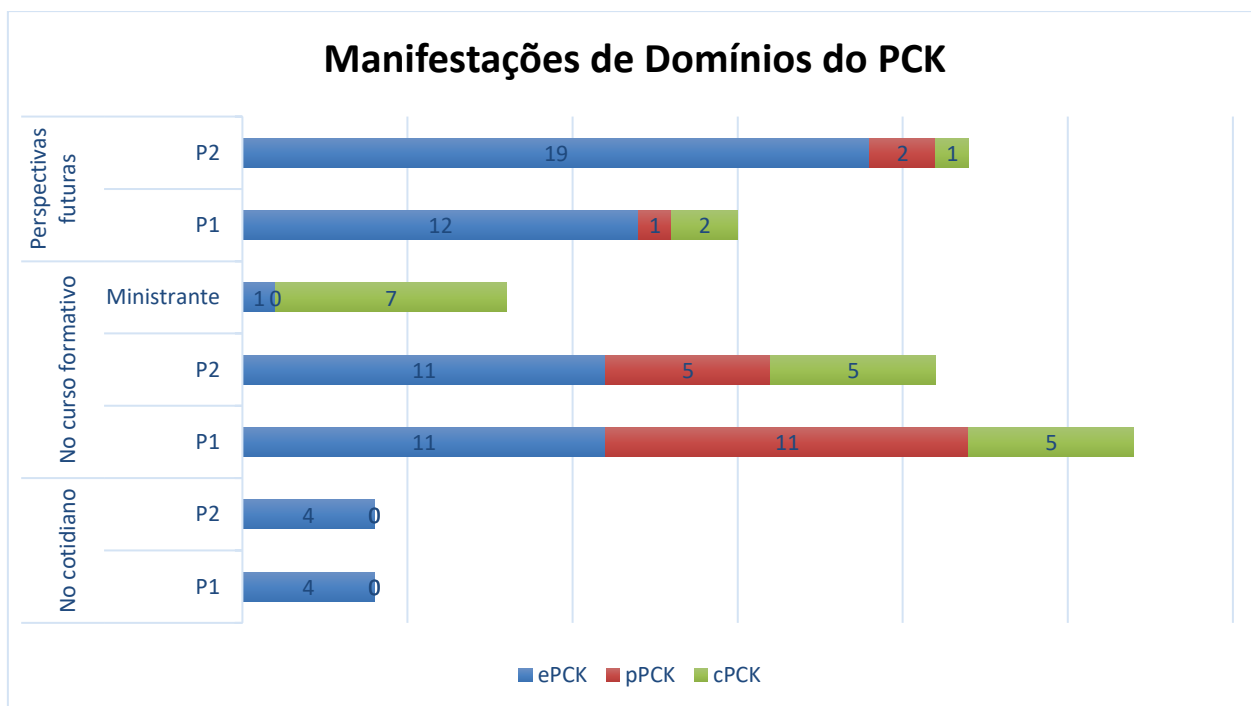
De acordo com o Quadro 1, foi possível uma análise quantitativa do desenvolvimento do PCK dos professores participantes, a qual foi representada pelos Gráficos 1, 2 e 3, conforme a narrativa do Estudo de Caso.

Gráfico 1. Manifestações de aspectos de NdC



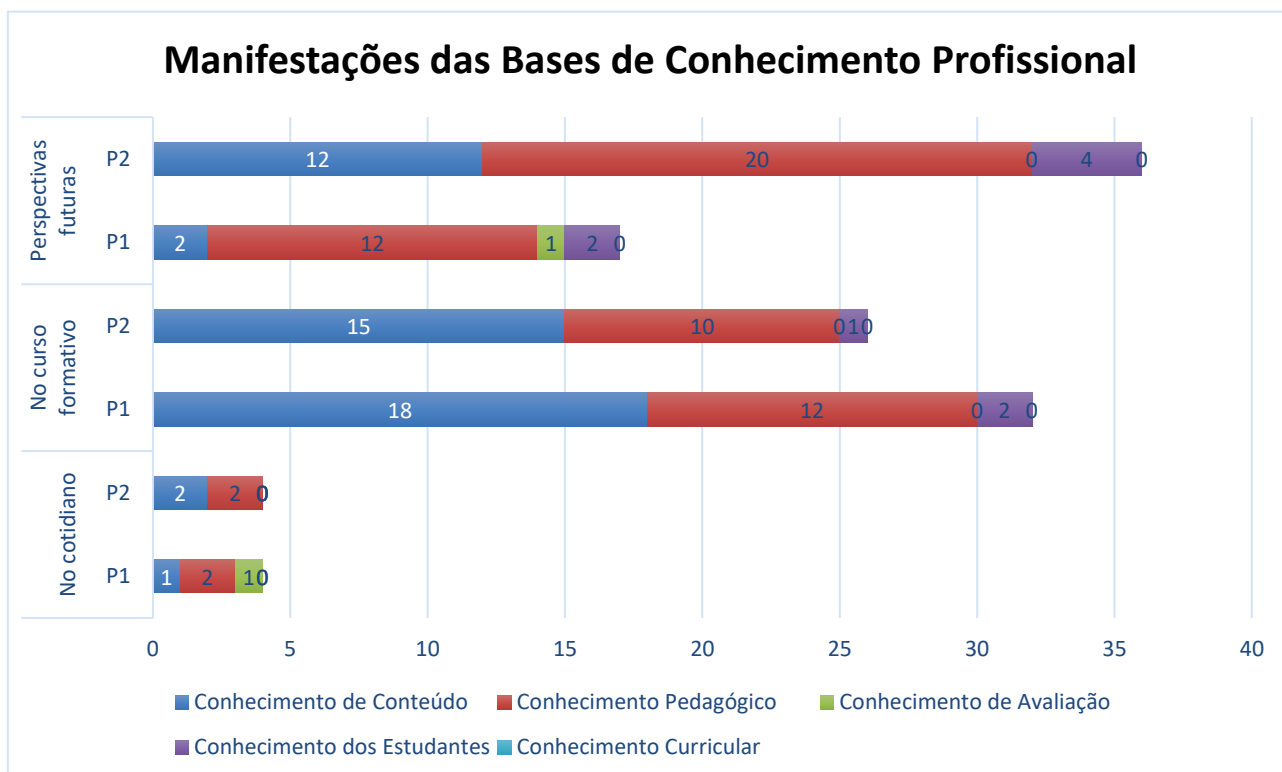
Fonte: a autora.

Gráfico 2. Manifestações de domínios de PCK



Fonte: a autora.

Gráfico 3. Manifestações das bases do conhecimento profissional



Fonte: a autora.

Ao compararmos os gráficos, é possível constatar que as ocorrências de episódios de NdC aumentaram no percurso da pesquisa. Em relação aos aspectos identificados nos planejamentos iniciais, verificamos que foram poucas as ocorrências, o que indica que tal abordagem não fazia parte da prática docente dos participantes. Deve-se considerar a limitação relacionada à análise de um único planejamento de aulas, o que pode não ser representativo da prática desses docentes. Contudo, a orientação inicial para a elaboração do planejamento foi clara em relação à necessidade de que os professores considerassem uma aula em que eles abordariam, de alguma forma, a HC, o que tem sido indicado na literatura como uma forma de potencializar a abordagem de NdC (ALLCHIN, 2014).

Uma das ocorrências de NdC foi identificada no planejamento inicial de P1, que teve o objetivo de contextualizar os conceitos químicos e biológicos, reconhecendo sua importância na sociedade, ao mesmo tempo em que destacava a importância da mulher na Ciência brasileira e a enumeração de pontos positivos e negativos da Ciência em uma visão social. À luz do MoCEC v.2, P1 explora com seus estudantes aspectos da Sociologia, ao expor as interações do cientista e dos conhecimentos produzidos por ele com a sociedade (SANTOS, MAIA, JUSTI, 2020).

Em relação aos domínios de PCK, é visto que, no primeiro momento, no qual apenas o planejamento inicial foi analisado, os episódios se concentraram em manifestações do ePCK e que não foram verificados em episódios que contemplavam o pPCK e cPCK. Isso reflete a principal característica do ePCK, a qual diz respeito ao subconjunto único de conhecimentos que um professor utiliza individualmente (CARLSON E DAEHLER, 2016), principalmente quando se leva em consideração que no cotidiano de sala de aula sobressaem as particularidades do profissional, que realiza a mediação dos conteúdos utilizando metodologias com as quais possui afinidades. Considerando a limitação desse estudo em não ter acesso à prática docente em seu efetivo exercício em sala de aula, é importante considerar que os planejamentos de ensino elaborados por P1 e P2 tiveram representatividade limitada, por expressar um único momento de ensino, sem analisar a fidelidade do planejamento em relação à condução das intervenções. Em função disso, a análise

centrou-se no ePCK em relação à dimensão 'planejamento', de acordo com o modelo de Carlson e Daehler (2016).

Na elaboração do planejamento inicial, os participantes foram orientados a contemplar a apresentação de alguma temática que se relacionasse com a HC, desta forma, o conteúdo bem como as metodologias, foram escolhidas pelos participantes de acordo com sua afinidade e realidade escolar. A orientação sobre o uso de HC no planejamento de ensino foi estabelecida por esse ser apresentado como um rico contexto, a partir do qual discussões relacionadas a NdC podem ser suscitadas, conforme expresso por diversos autores (HOTTECKE E SILVA, 2012; ALVIM E ZANOTELLO, 2014; MOURA E SILVA, 2014). Os planejamentos apresentaram, de forma geral, mais conteúdos químicos do que propriamente a HC, mostrando que tais conhecimentos não eram comuns no cotidiano destes professores. Verificamos também uma dificuldade em discutir e desenvolver tais conhecimentos, uma vez que P1 apenas apresentou o vídeo e propôs em seguida um questionário composto por perguntas pessoais sobre os assuntos apresentados, sem manifestar a intenção de conduzir discussões mais gerais sobre a Ciência. Ainda no planejamento inicial, P2 apenas citou o envolvimento de HC em seu planejamento, não expondo em detalhes como o assunto seria abordado.

Em relação às bases do conhecimento profissional, reconhecemos, neste mesmo planejamento de P1, escolhas pedagógicas na determinação dos objetivos, na escolha do vídeo e elaboração do questionário, seguido de sua correção. Ao definir os objetivos, P1 definiu os principais pontos que auxiliarão seu trabalho na mediação da construção do conhecimento de seus estudantes, ou seja, os aspectos mais importantes que favoreceram a aprendizagem. Assim, identificamos como conhecimento de conteúdo. A escolha do vídeo foi a estratégia eleita para mediar o envolvimento dos estudantes com o conteúdo abordado, ou seja, a metodologia utilizada na prática. Sendo assim, identificamos como conhecimento pedagógico. A elaboração do questionário envolveu, além do objetivo de explorar as ideias, a avaliação do desenvolvimento de seus estudantes no processo de ensino e aprendizagem, sendo esse conhecimento de avaliação. A retomada do questionário para correção e trocas de ideias são vistas também como conhecimento pedagógico,

por ser um novo momento para promover o envolvimento dos estudantes com o conhecimento abordado.

Na análise dos momentos do processo formativo, foi possível identificar como esse oportunizou inúmeros episódios de manifestações de PCK, o que foi verificado no crescente número de ocorrências de PCK nos três domínios. Tal evolução se deu a partir da interação de nossos participantes com outros cursistas, com os ministrantes, bem como pelo contato com o material apresentado e pela abordagem utilizada.

O objetivo central do curso formativo foi apresentar aos participantes a possibilidade do desenvolvimento de aspectos de NdC a partir de abordagens de HC, sobre a qual tem sido publicados vários trabalhos por diferentes grupos de pesquisa. Muitos desses trabalhos têm tido a intenção de proporcionar a utilização, na Educação Básica, de estudos realizados por historiadores, com o objetivo de conduzir discussões epistemológicas, que podem favorecer do desenvolvimento de aspectos de NdC. O objetivo do processo formativo que conduzimos esteve em acordo com o trabalho desenvolvido por Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2014), no desejo de que “os professores deixem de ver os conteúdos escolares de ciências na educação básica como produtos a serem transmitidos aos alunos e se interessem pelo complexo processo de produção do conhecimento científico” (p. 245).

O primeiro instrumento de coleta utilizado no curso formativo foi o questionário inicial, no qual foi possível verificar o quanto os participantes compreendem e percebem a NdC e HC no ensino e como ela está presente em sua prática docente. Por meio desse questionário foi possível confirmar o pequeno envolvimento com tais temáticas, o que está de acordo com o que foi analisado nos planejamentos iniciais. Um exemplo disto é observado a partir da resposta à primeira questão “*Você tem costume de utilizar a HC em contextos de ensino?*”, na qual os participantes responderam:

*P1: Faço pouco uso, me lembro de ter utilizado um texto histórico uma vez, que a discussão com os alunos foi muito legal, mas não acredito que fiz uma boa abordagem dentro do contexto de ensino.*

*P2: Sim, porém, tenho dificuldades em intercalar o tema com o conteúdo e em usar a abordagem de forma que fique interessante para os estudantes.*

Nessas respostas é possível identificar manifestações do domínio de ePCK, uma vez que é explicitada a relação individual de cada participante com a temática de HC. Em

relação às bases de conhecimento, identificamos o conhecimento pedagógico, porém relacionado a uma lacuna que os próprios professores identificaram, porque os participantes tinham conhecimento da abordagem, porém não sabiam como a utilizar. A falha é confirmada também na questão 2: *“Você tem dificuldades de incluir a HC em suas aulas? Em caso positivo, cite estas dificuldades.”*

*P1: Sim, na seleção de fontes confiáveis sobre o assunto e na associação da temática de HC aos conceitos da Química.*

*P2: Sim, em unir a História à Química, tornando-a interessante.*

Além das dificuldades de inserção da HC no ensino, verificamos nestas falas que os professores não consideram a HC como parte integrante dos conteúdos de Química, e sim como um conhecimento paralelo que deveria ser construído a parte, se relacionando ao conhecimento central em pontos específicos. Esta constatação aponta a incompreensão da NdC e do desenvolvimento de seus conhecimentos como parte integral do conteúdo. Há também uma limitação no conhecimento de conteúdo sobre NdC, uma vez que há manifestação do conhecimento sobre o conceito, mas não há domínio suficiente para articulá-lo nos processos evolutivos da Ciência.

Na intenção de promover o desenvolvimento dos seus conhecimentos e estreitar as relações de nossos participantes com as temáticas de NdC e HC, partimos então da definição de tais conceitos e seguimos com a exploração e aplicação deles.

Por meio dos gráficos, identificamos que durante o processo formativo houve maior número de ocorrências de pPCK, uma vez que nesse momento os participantes tiveram contato com os trabalhos publicados sobre as temáticas. Tal interação foi mediada pelos ministrantes, como visto no diálogo a seguir:

*Ministrante: O que vocês entendem por aprender Ciência?*

*P2: Aprender ciência seria, é... ajudar o estudante a ser capaz de desenvolver o pensamento científico.*

*Ministrante: Sua fala (P2) se relaciona mais com aprender Ciência ou aprender sobre Ciência?*

*P2: [...] se eu falo que ele vai aprender um processo, às vezes ele vai aprender sobre ciência, porque às vezes ele só vai saber o processo ou, por exemplo, e vai saber só o método científico ou alguma coisa assim.*

Neste trecho, observamos o diálogo entre o ministrante e P2, com o intuito de desenvolver conhecimentos sobre os quatro pilares do aprendizado em Ciência, segundo Hodson (2009). Verificou-se que o ministrante se baseou diretamente nos

conceitos divulgados pelo pesquisador, o que está no domínio do cPCK de P2, enquanto P2 respondeu às perguntas baseado na sua vivência em sala de aula, expondo parte da sua experiência pedagógica como um todo, manifestando seu pPCK. O diálogo é diretamente ligado ao desenvolvimento prático da teoria proposta por Hodson, pois o participante tenta identificar em seu cotidiano aspectos que vão ao encontro aos quatro pilares propostos para o ensino de Ciência. Nessa passagem, identificamos manifestações na base do conhecimento de conteúdo, pois se relaciona a um referencial apresentado e discutido no processo formativo. Em relação aos aspectos de NdC, por se tratar de um estudo a respeito da construção do conhecimento científico, identificamos a área Filosofia, mais especificamente o aspecto *epistemologia*, pois aborda o processo de construção do conhecimento científico em uma visão ampla.

Ainda nesse diálogo, o participante P2, ao exemplificar o pilar “*fazer Ciência*”, narra uma aula em que demonstrava certo experimento que não funcionou. O relato do participante apresentou a manifestação de PCK no domínio de ePCK, pois o evento é uma experiência individual daquele participante. A escolha do experimento como estratégia de ensino nos apresenta um exemplo da base de conhecimento de conteúdo, na área de Filosofia da Ciência, pois a experimentação demonstra parte do processo de construção da Ciência (MILNE, 2011). No entanto, P2 apresentou em sua fala como o erro do experimento foi transformado em investigação, levando seus estudantes a refletirem sobre as causas que o acarretaram. Nesse processo de mediação, P2 apresentou uma manifestação de PCK com base no conhecimento pedagógico, pois vê no erro a oportunidade de envolvimento de seus estudantes na reflexão em uma ótica diferente da esperada. Estratégias como esta se mostram na contramão do que é apresentado por Hering (2014), quando afirmou que a imagem do experimento na Ciência criada no contexto educacional se caracteriza por procedimentos diretos, sem problemas e bem-sucedidos, que sempre levam a um resultado, apresentando uma visão distorcida sobre a construção da Ciência. Dessa forma, a abordagem narrada por P2 pode contribuir para uma visão mais autêntica da Ciência, desmitificando a construção assertiva e linear dela.

Os aspectos de NdC apareceram de forma diversificada no processo formativo, no qual os ministrantes levaram os participantes a reflexões sobre controvérsias da Ciência. Uma das áreas mais identificada foi a Psicologia, como mostrado nesta fala

de P1 ao se posicionar sobre a controvérsia “*Cientistas não seguem interesse pessoais*”:

*P1: Eu não concordo, porque ele segue. Eu acredito que a gente vai muito por interesse, né?! Por exemplo, muitos cientistas vão para a área da Inorgânica, Orgânica, Biologia, Física, Educação, então acho que segue interesse pessoal, aquela questão emotiva, né, que vocês falam.*

Nesse trecho, além do aspecto *influência motivacional* da área da Psicologia, é possível verificar que P1 se baseia em conhecimentos gerais, construídos ao longo de sua formação e experiência, sendo uma manifestação de pPCK, na base do conhecimento de conteúdo, uma vez que P1 buscou ideias centrais relacionadas aos conhecimentos utilizados em sua justificativa.

Ao abordarmos momentos específicos do trabalho científico desenvolvido por Marie e Pierre Curie utilizando trechos do filme, os participantes também expuseram suas bases de conhecimento profissional relacionadas a aspectos de NdC, como mostrado nesta fala de P2, ao se posicionar sobre o diálogo de Marie e Pierre a respeito da recusa de patentes nos processos de extração do Rádio:

*P2: A saída da Ciência de dentro do laboratório para aplicações na sociedade mesmo que seja uma aplicação problemática (porque obviamente ninguém conhecia o rádio, ninguém esperava que o problema da radiação), mostra que a Ciência não é atoa né?*

P2 expressa, por meio de seu comentário, o domínio de pPCK, pois expõe sua opinião com base em seus conhecimentos gerais, construídos ao longo de sua formação. Estes conhecimentos retratam saberes ligados diretamente a NdC, sendo observado aqui conhecimento da base profissional de conteúdo, ligados diretamente ao aspecto *aplicabilidade* da área de Economia da Ciência, pois expõe claramente a relação entre a Ciência e os impactos sofridos pela mercantilização deste conhecimento na sua aplicação.

Outro aspecto verificado nos gráficos é o menor número de manifestações ou ausência das mesmas na base de conhecimento de avaliação e de conhecimento curricular. Isso se deve ao fato de que as discussões no curso formativo se construíram de forma mais geral, apresentando a NdC e HC a partir de definições e exemplos, sem relacionar a contextos específicos de aplicação. Portanto, a maior parte das manifestações identificadas contemplaram as bases de conhecimento de conteúdo e conhecimento pedagógico. Isso porque no processo formativo buscamos

apresentar as relações entre HC e NdC no intuito de aprimorar os conhecimentos profissionais dos participantes, estreitando as relações entre eles e as temáticas apresentadas.

Ainda a respeito da apresentação do filme como ferramenta de abordagem de HC, a fala de P1 se destacou:

*P1: Aí, eu acho que não, acho que foi realmente uma inspiração, sabe? Eu fiquei sentindo muito isso que, ele e ela, eu não sei se teve uma... teve uma cena sim, deles dois crianças, que ele queria, ele... que a vida dele, ele queria já, como se ela já estivesse na vida dele desde muito tempo, e como a curiosidade dos dois, desde criança serviu como inspiração para a ciência, eu senti como isso, uma fonte de inspiração, já vindo deles desde novos.*

A fala de P1 nos confirma a principal característica das produções cinematográficas, o entretenimento agregado. Apesar de se basear em fatos, os diretores podem utilizar de um enredo, muitas vezes compostos de situações inverídicas, para trazer dramaticidade a obra, e conseqüentemente envolver os telespectadores, como o ocorrido com P1. Esta característica das obras cinematográficas nos remete a importância da alfabetização científica em relação a avaliação dos materiais utilizados no processo de ensino e aprendizagem, bem como na mediação deles, destacando os fatos daqueles que não são, para que desta forma não se crie visões inadequadas da história. Outro fato é que complementamos a abordagem do filme com o caso histórico, o qual é baseado apenas em fatos verídicos, e que desmistifica o roteiro fantasia do filme.

Após a abordagem do filme, os participantes foram apresentados ao referencial teórico completo que apresenta o MoCEC v.2 (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020), e ao caso histórico de Marie Curie (no Produto Educacional). Os participantes foram orientados a identificar e a categorizar os aspectos de NdC apresentados no último capítulo do caso histórico. Os participantes desenvolveram essa atividade individualmente e, em novo encontro, foi realizada a triangulação das categorizações, sendo observado uma excelente compreensão dos aspectos apresentados no MoCEC v.2. Os participantes identificaram e categorizaram corretamente os aspectos de NdC, mostrando afinidade com o referencial teórico, o que nos apresentou desenvolvimento do domínio de cPCK, na base de conhecimento de conteúdo. O capítulo escolhido aborda o reconhecimento mundial de Marie, e apresenta ao todo

doze exemplos de aspectos de NdC, sendo um de Filosofia, cinco de Economia, três de Sociologia e três de Psicologia. Nesta reunião a área mais identificada foi a área de Economia, como no parágrafo 68 do Caso Histórico, quando Marie responde à repórter que seu sonho era ter um grama de rádio para prosseguir seus estudos, mas, por impossibilidade financeira, não o tinha.

*Pesquisador: No diálogo entre Marie e a repórter no parágrafo 68, vocês identificaram algum aspecto de NdC?*

*P1: Quando ela fala do sonho de ter 1g de Rádio, mas que não tem por que era muito caro, percebo uma dificuldade financeira. E ainda relacionei a fala anterior da repórter que diz que Marie poderia ser muito rica se tivesse vendido a patente do processo de extração.*

*Pesquisador: E a qual área você relaciona esta dificuldade financeira?*

*P1: Economia.*

*P2: Concordo.*

Após a participação no curso formativo, é possível verificar o aumento de manifestações de aspectos de NdC relacionados às bases do conhecimento profissional no material produzido pelos participantes. Nos planejamentos de P1, temos cinco manifestações de NdC no primeiro, enquanto a releitura do mesmo planejamento, apresentou 18 manifestações. P2 contemplou cinco manifestações no planejamento inicial e 12 no planejamento final. De modo geral, verificamos que os planejamentos contemplaram de forma mais detalhada a HC e, conseqüentemente, maior número de aspectos de NdC. O detalhamento da HC nos planejamentos é também um resultado do processo formativo, no qual os professores participantes perceberam a importância e benefícios da abordagem desta temática no processo de ensino e aprendizagem e na construção do conhecimento científico de seus estudantes. É importante o desenvolvimento desse conhecimento por parte dos professores para o adequado uso da HC, uma vez que o uso da abordagem histórica promove a reflexão e criticidade dos estudantes, como afirmado por Forato, Guerra e Braga (2014), isso ocorre, pois, a mesma permite uma reflexão da Ciência como constructo histórico, produto do meio cultural, econômico, social e político em que foi desenvolvida.

Em seu planejamento final, P1 optou por revisitar seu planejamento inicial, propondo uma nova metodologia de abordagem do vídeo exibido. Nesta nova

proposta, o vídeo era exposto por trechos e, após cada um deles, uma questão problematizadora era colocada aos estudantes, por exemplo:

*P1: A cientista é retratada nesse trecho. Você acredita que há uma influência motivacional por parte da mesma, da sua cultura, da sua família ou é da sua própria personalidade que ela buscou responder seus próprios questionamentos?*

Com esse questionamento o professor leva seus estudantes a refletirem sobre aspectos da Psicologia, principalmente quando os leva a ver a cientista como mulher, que compõe uma família e partilha de uma cultura específica do meio em que vive. Ao dirigir a pergunta com este objetivo, o professor utiliza de sua base de conhecimento pedagógico, pois utiliza um trecho específico do vídeo para promover a reflexão dos estudantes. O domínio de PCK expresso neste trecho é o ePCK, porque compõe um momento individual da prática pedagógica do professor.

Em sua entrevista, P1 justificou a reelaboração do planejamento inicial, pois ao pensar nos estudantes com os quais geralmente trabalha, ele acredita que a retomada por trechos do vídeo leva a uma melhor compreensão deles em relação aos pontos mais relevantes que são tratados no vídeo, e que se relacionam diretamente aos aspectos de NdC. É válido lembrar que, no processo formativo, a metodologia de abordagens por trechos foi utilizada na apresentação e discussão do filme “*Radioactive*”, e o participante pode perceber assim, uma situação de maior produtividade. Ao alterar a sequência de abordagens, P1 demonstra a base de conhecimento dos estudantes.

Em relação aos relatos de novas práticas desenvolvidas após o processo formativo em seu cotidiano, P1 nos apresentou sua perspectiva de que ele reconhece seu desenvolvimento profissional, principalmente ao relatar que busca se inteirar de novos episódios históricos para posteriormente utilizá-los em sala de aula. Isso nos revela que o participante busca contato com o domínio de cPCK, aumenta seu pPCK e, conseqüentemente, seu repertório no momento de definir seu ePCK em ferramentas metodológicas diárias. Reconhecemos aqui nossa limitação ao afirmar o desenvolvimento de pPCK do participante, uma vez que nos baseamos apenas em seu relato, sem acompanhar sua prática pedagógica.

P2 optou por construir um novo planejamento, no qual baseou a apresentação e desenvolvimento do conteúdo em um artigo científico. O artigo escolhido tratava sobre as controvérsias e semelhanças nos trabalhos de Volta e Galvani no

desenvolvimento dos conhecimentos básicos de Eletroquímica. Para contextualizar o momento histórico, os autores utilizaram de anotações originais feitas pelos cientistas, o que tornou o material ainda mais completo para abordagem histórica em sala de aula. A utilização de artigos em sala vai ao encontro às ideias de Farias e Arroio (2014):

Se queremos mudar a maneira de como a ciência é escrita, passar de textos sobre “caixa preta”, produtos acabados, para textos que falam sobre processos, contingências, erros ou controvérsias, essas descobertas e experimentos se tornariam elementos favoráveis para falar sobre como a ciência é realizada, ainda mais se os conteúdos destinados à sala de aula se basearem nos relatos que os próprios cientistas dão sobre eles. (p.184).

As gravuras e originais apresentados no artigo seriam exibidas em slides por P2, enquanto algumas questões relacionadas ao desenvolvimento de NdC eram propostas. Logo após cada questão, P2 relatou em seu planejamento pontos importantes que facilitariam o trabalho do professor na mediação do conteúdo. O exemplo a seguir retrata uma dessas perguntas com o comentário direcionado ao professor:

*P2: Qual paralelo fazemos sobre a discussão científica realizada entre Galvani e Volta séculos atrás e as discussões científicas hoje? (Destacar as publicações, redução de experimentos, discussão com respeito, a importância de analisar, repetir e explicar as conclusões, que foram realizadas por Galvani e Volta. O professor pode explicar um pouco sobre jornais de publicação científica, revisão por pares, importância de reprodutibilidade, estatística e outros conceitos importantes no meio científico).*

De modo geral o uso de um artigo científico em seu planejamento retrata um desenvolvimento do PCK de P2 em todos os domínios, visto que ele utiliza diretamente um produto de cPCK com seus alunos e desenvolve métodos de abordagem gerais (pPCK) e específicos (ePCK) destes materiais em sala.

Outro ponto importante é o cuidado na elaboração do planejamento prevendo interações e pontos importantes a cada pergunta dirigida aos estudantes, o que mostra um desenvolvimento das bases de conhecimento pedagógico e de conteúdo na elaboração da aula. Em relação aos aspectos de NdC, a abordagem relacionada

ao artigo permitiu o desenvolvimento de diversos aspectos, de diferentes áreas da Ciência, entre elas a História, a Psicologia e a Sociologia.

Por meio da temática do artigo, P2 também proporcionou a apresentação de outros pontos que não contemplavam a NdC e HC, mas também promoviam o desenvolvimento dos estudantes, porém em questões de contextos atuais, de aplicabilidade no cotidiano, como na questão posta a seguir:

*P2: O que acaba quando a pilha para de funcionar? O que é cortado quando eu desligo o interruptor da luz da sala? (É de interesse do professor chegar à resposta “corrente elétrica”, “corrente de elétrons”, “passagem de elétrons”. Para isso podem ser necessárias outras perguntas que direcionem ou que utilizem contribuições dos alunos na construção da resposta mais acertada. Caso os estudantes cheguem à resposta na primeira tentativa de discussão, é importante valorizar as formas que eles colocam a resposta. Perguntar se outros alunos concordam ou têm alguma contribuição diferente).*

O uso de artigo científico em sala por P2 vai ao encontro de seu relato durante a entrevista, na qual ele falou sobre sua percepção de que os materiais didáticos disponibilizados pela escola em que trabalhava apresentavam a abordagem de HC de forma inadequada. Segundo o professor, as apostilas apresentavam a HC em caixas de canto de páginas, totalmente separadas do conteúdo e que não apresentavam de maneira completa e interessante a abordagem histórica. Ao constatar isto, P2 passou a buscar a abordagem histórica em outras fontes e a apresentá-la em sala com maior segurança e afinidade. A avaliação do material didático nos apresenta um grande desenvolvimento do PCK de P2 no domínio de pPCK, relacionado à base do conhecimento pedagógico pois, neste caso, o professor avalia as possibilidades existente no material padronizado pela escola e elabora, a partir da vivência do processo formativo, caminhos alternativos que terão maior eficiência.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados dessa pesquisa nos permitiram observar a ampliação de estratégias pedagógicas propostas pelos professores, alcançada pela integração de aspectos de NdC nos planejamentos de aulas, reforçando o potencial da utilização da HC pelos participantes. Com isso, foi possível responder à questão de pesquisa: *Como a participação em um curso formativo sobre NdC a partir da abordagem de HC contribui para a integração desses conhecimentos no PCK de professores?*

Assim, o reconhecimento de eventos de PCK durante os momentos da pesquisa nos permitiu uma análise detalhada ao identificarmos a área de NdC, o domínio de PCK e a base do conhecimento profissional apresentado em cada evento. A partir dos dados identificados, a elaboração dos gráficos nos permitiu uma visualização quantitativa da evolução de cada participante. Inicialmente, os participantes apresentaram um planejamento inicial com 5 manifestações de NdC cada um, sendo para P1 a Sociologia a área mais contemplada e para P2 a Filosofia. Nestas manifestações, o domínio de e-PCK foi o mais identificado para os dois participantes, sendo este domínio desenvolvido em grande parte na base de conhecimento pedagógico, tanto para P1 quanto para P2. Como o ato de planejar é parte integrante do ciclo dinâmico de e-PCK, os episódios de NdC contemplaram, na maioria das vezes, este domínio.

No processo formativo, a apresentação de referenciais sobre NdC e HC permitiu diversas manifestações do domínio de cPCK, que promoveram reflexões sobre os processos de ensino e as práticas pedagógicas vivenciadas pelos professores participantes. Muito além deste contato, destacamos o quanto o caso histórico favoreceu a ampliação das estratégias pedagógicas dos participantes. Ao lerem o caso, os professores vivenciaram os benefícios proporcionados pela abordagem da HC, perceberam o quanto é interessante e importante conhecer personalidades da Ciência, além de seu papel como cientista, e o quanto isso nos aproxima da Ciência e nos permite compreendê-la como produto de um constructo cultural, econômico, social e político. Ao vivenciar tais benefícios, os professores tendem a abordar a NdC na prática pedagógica, pois partem de uma experiência que eles mesmos tiveram.

Em relação à NdC, no processo formativo os participantes conheceram o MoCEC v.2 e puderam então definir e identificar as áreas que compõem a NdC nesse

modelo, o que antes foram abordadas apenas de forma subentendida nos planejamentos iniciais. Além das definições, as áreas foram exemplificadas com controvérsias da Ciência, pelo caso histórico e pelo filme abordado no curso. Complementando as áreas de Sociologia e Psicologia, que haviam sido apresentadas pelos participantes nos planejamentos iniciais, as áreas de Economia, Filosofia e História também foram abordadas, sendo a Economia a área com maior número de manifestações no processo formativo.

Por meio dos gráficos, observamos que, após que a participação no processo formativo, ocorreu aumento de manifestações de NdC no planejamento final dos participantes, visto que P1 apresentou uma releitura de seu planejamento inicial, abordando nesta nova versão 13 áreas de NdC, sendo as áreas de Economia e Psicologia as mais abordadas, enquanto P2 abordou 12 áreas em seu planejamento, contemplando em maior número a Psicologia. Acreditamos que as reflexões feitas durante o processo formativo tenham contribuído para o desenvolvimento de práticas que contemplam a abordagem da NdC em sala de aula, conseqüentemente, o desenvolvimento de novas estratégias metodológicas confirma o desenvolvimento de pPCK e ePCK desses professores.

Devemos considerar que o processo de coleta de dados foi comprometido por características do contexto em que a pesquisa foi realizada. O contexto pandêmico nos levou a coletar dados à distância, utilizando principalmente os meios *on-line*. Esse contexto reduziu a interatividade e, infelizmente, não permitiu conhecer melhor o trabalho e realidade dos participantes. Em um contexto diferente, teríamos a oportunidade de acompanhar de perto o trabalho dos professores em sala de aula, percebendo na prática como ocorrem as manifestações de NdC e a quais domínios de PCK estas manifestações seriam associadas. Além disso, os episódios de PCK poderiam ser identificados e relacionados a outras bases do conhecimento, como o de avaliação e dos estudantes, pois acreditamos que as mesmas são manifestadas com maior frequência em situações específicas do cotidiano escolar. Outro ponto negativo, ocasionado pelo contexto da coleta de dados, foi o acréscimo de tarefas profissionais e pessoais para os professores que passaram a trabalhar em casa, o que fez com que o tempo para se dedicar a oportunidades de formação continuada fosse reduzido. Em um contexto de maior disponibilidade, discussões mais detalhadas

poderiam ser realizadas e outros casos históricos poderiam ser apresentados e discutidos.

Outro ponto relevante foi a não definição de conteúdos para a elaboração do planejamento inicial, o que levou os professores a abordarem de forma mínima a temática, não nos apresentando de forma detalhada como eles usavam dessa metodologia em sala de aula. Isso pode ter ocorrido por falta de domínio ou por não termos definidos os conteúdos nos quais são mais comuns esse tipo de abordagem, como os Modelos Atômicos. A abordagem de um tema mais comum poderia nos aproximar da prática pedagógica dos professores, os quais poderiam nos apresentar um planejamento utilizado, a narrativa de fatos vivenciados em experiências específicas relacionadas a estes conteúdos e até mesmo atividades aplicadas em que abordam a temática.

Outro fator que comprometeu nossa análise foi a reelaboração do mesmo planejamento feito por P1 na etapa final, o que reduziu as chances de conhecer sua atuação em um outro assunto, no qual o contexto histórico poderia ter sido abordado em maiores detalhes. No questionário, inicial P1 reconheceu ter grande dificuldade em utilizar a abordagem de HC em seu cotidiano, ao mesmo tempo, durante as interações no processo formativo, P1 demonstrava ser um profissional muito preocupado com o cumprimento de conteúdos em sala de aula. No entanto, percebemos em seu planejamento a escolha de uma temática interdisciplinar, não relacionada diretamente a um conteúdo de Química, e que possivelmente não representa um planejamento utilizado na prática. Acreditamos que, se P1 escolhesse uma temática comum entre os conteúdos de Química, teríamos um material com maior fidelidade a sua prática pedagógica, e uma análise mais fiel da manifestação de seu PCK em relação às abordagens de aspectos de NdC.

Esperamos que, a partir das discussões, os participantes promovam o ensino de Química desenvolvendo aspectos de NdC e contemplando a HC com mais segurança e facilidade, e que estas temáticas sejam escolhidas com mais frequência em seus planejamentos, desenvolvendo seu PCK.

Em relação ao produto educacional, este divulga a HC e permite que outros leitores tenham a mesma experiência que os professores participantes com a leitura do caso histórico. Nosso caso, além de apresentar a versão pessoal de Marie Curie, apresenta ilustrações e trechos originais escritos pela própria cientista em seus diários

e anotações. Quando comparado ao filme “*Radioactive*”, também usado como material de abordagem de HC no processo formativo, nosso caso histórico vai além da obra cinematográfica, apresentando a vida da cientista desde a infância, complementando-o com fatos que antecedem seu trabalho científico, assim como acontecimentos que sucederam a descoberta dos elementos, até sua morte. Para mais, o caso histórico relata em detalhes os contextos cultural, econômico, político e social da época, nos diferentes países onde Marie esteve. Por se tratar de uma obra cinematográfica, o filme possui um enredo de entretenimento, que pode apresentar fatos irreais, mas que são usados pelos diretores para agregar dramaticidade a obra, o que não acontece no caso histórico, que é fidedigno a história da cientista. Enfim, por ser mais detalhado, o caso histórico contempla mais aspectos de NdC que o filme.

Complementando o material, seguimos com a categorização completa de aspectos de NdC explorados no caso, o que exemplifica as áreas e os diferentes aspectos apresentados no MaCEC v.2. Ao todo são 142 aspectos contemplados em todas as áreas de NdC, além dos exemplos de Comunicação da Ciência, uma nova área ainda não explorada no MoCEC v.2. Apresentando outros episódios de HC, o produto educacional traz uma lista de referenciais e materiais audiovisuais que podem ser consultados pelos leitores no intuito de conhecer e aplicar tais episódios em sala de aula, trabalhando, além de temáticas históricas, o desenvolvimento de ideias que fundamentam a NdC.

A partir dessa produção, surgem agora novos caminhos. Conhecer a história nos permite compreender a construção de todo o conhecimento científico, e vários são os episódios que ainda podem ser narrados em outros casos históricos a serem escritos. É possível ampliar esta divulgação, levando estes materiais a outros profissionais, buscando a formação e aperfeiçoamento daqueles que participam ativamente da formação científica de nossos estudantes.

Há também a necessidade do desenvolvimento de pesquisas mais detalhadas, com acompanhamento efetivo dos professores na prática durante um maior tempo. Nesse contexto, seria possível acompanhar os professores no desenvolvimento de diversos assuntos, observando as abordagens de NdC em diferentes contextos, até mesmo naqueles que não contemplam a abordagem de HC. Nessa perspectiva, com uma coleta de dados mais diversificada, os resultados estariam mais bem fundamentados.

Em relação à formação de professores, muito além da formação continuada, é importante que a HC seja tratada com a devida importância nos cursos de formação inicial, e que esta contemple episódios importantes da construção do conhecimento. Para os professores, a compreensão da HC favorece mais do que compreender a NdC: favorece sua prática pedagógica, contribui para o esclarecimento de suas próprias convicções e crenças e, acima de tudo, permite a mediação de uma Ciência construída por pessoas comuns, o que pode beneficiar de diversas maneiras o aprendizado de seus estudantes.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. Developing deeper understandings of nature of science: The impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. **International Journal of Science Education**, v. 27, p. 15–42, 2005.
- ALLCHIN, D. The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education. **Science Education**, p. 1–19, 2011a.
- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **SCIENCE STUDIES AND SCIENCE EDUCATION**, p. 518–542, 2011b.
- ALLCHIN, D. Toward Clarity on Whole Science and KNOWS. **Science Education**, p. 693–700, 2012.
- ALLCHIN, D. From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. **Science Education**, p. 1–22, jan. 2014.
- ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. **Science Education**, p. 1–26, 2014.
- ALVIM, M. H.; ZANOTELLO, M. História das ciências e educação científica em uma perspectiva discursiva: contribuições para a formação cidadã e reflexiva. **Revista Brasileira de História das Ciências**, v.7, n. 2, p. 349–359, jul. 2014.
- ASSIS, K. R. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências e o debate universalismo versus relativismo. **Revista Brasileira de História das Ciências**, v.7, n. 2, p. 149–116, jul. 2014.
- BELEI, R. A., GIMENIZ-PASCHOAL, S. R., NASCIMENTO, E. N., & MATSUMOTO, P. (2008). O uso de entrevista, observação e vídeo gravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de educação**, 30(1), 187-199
- BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. **RE-EXAMINING PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE IN SCIENCE EDUCATION**. New York: [s.n.].
- BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Ciências da Natureza. Matemática e suas Tecnologias, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular. Brasília, DF: MEC, 2015.
- CANGUILHEM, G. El objeto de la historia de la ciencia. **Empireia**, v.18, p. 199–210, 2009.
- CARLSEN, W. Domains of Teacher Knowledge. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Eds.) **Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishres, 1999. p. 21-50.

CARLSON, J.; DAEHLER, K. R. The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In: **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. [s.l: s.n.]. p. 77–92, 2019.

CASTILLO, H. G. C.; ARTEAGA, E. G. G. Historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: el caso de la reacción química. *Revista Brasileira de História das Ciências*, v.7, n. 2, p. 298–313, 2014.

DAGHER, Z. R.; ERDURAN, S. *Reconceptualizing Nature of Science for Science Education*. Springer Netherlands, 2014.

COHEN, Louis; MANION, Lawrence; MORRISON, Keith. **Research methods in education** (6a ed.). Oxon: Routledge, 2007.

COOPER, R.; LOUGHRAN, J.; BERRY, A.. Science Teachers' PCK: Understanding sophisticated practice. **RE-EXAMINING PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE IN SCIENCE EDUCATION**. New York: by Routledge, 2015. p. 60–74, 2015.

DAEHLER, K. R.; HELLER, J. I.; WONG, N. SUPPORTING GROWTH OF PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE IN SCIENCE. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. (Eds.). **RE-EXAMINING PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE IN SCIENCE EDUCATION**. New York: by Routledge, 2015. p. 45–59, 2015.

FARÍAS, D.; ARROIO, A. Science as a network and its applications in the analysis of the image of science in instructional/ teaching materials for the classroom. **Revista Brasileira de História das Ciências**, v.7, n. 2, p. 324–324, jul. 2014.

FERNANDEZ, C. (2015). Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), 17, 500-528.

FERREIRA, L. M.; PEDUZZI, L. O. DE Q. Uma proposta textual frente a problemas referentes à história do átomo no ensino de química. **Revista Brasileira de História das Ciências**, v.7, n. 2, p. 261–278, jul. 2014.

FORATO, T.; GUERRA, A.; BRAGA, M. Historiadores das ciências e educadores: frutíferas parcerias para um ensino de ciências reflexivo e crítico. **Revista Brasileira de História das Ciências**, v.7, n. 2, p. 137–141, 2014.

GANDOLFI, H. E.; FIGUEIRÔA, S. F. DE M. As nitreiras no Brasil dos séculos XVIII e XIX: uma abordagem histórica no ensino de ciências. **Revista Brasileira de História das Ciências**, v.7, n. 2, p. 279–297, jul. 2014.

GATTI, B. *Formação Continuada de Professores: A questão psicossocial*. **Cadernos de Pesquisa**, n.119, 2003

GESS-NEWSOME, J. A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. Results of the thinking from the PCK Summit. In: **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. [s.l: s.n.]. p.

28–42, 2015.

GIL AC. **Como elaborar projetos e pesquisa**. 3a ed. São Paulo: Atlas; 1995:58.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico: Distorções conceituais dos atributos do som. **Ciência e Educação**. Vol. 7, n. 2, p. 125–153, 2001.

GOODE WJ, HATT PK. **Métodos em pesquisa social**. 5a ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional; 1979:422.

GROSSMAN, P. L. The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education. **New York: Teachers College Press**, 1990.

GROSSMAN, P. L.; WILSON, S. M.; SHULMAN, L. S. Profesores de sustancia > el conocimiento de la materia para la enseñanza. **Revista de currículum y formación del profesorado**, 9, 2, p. 1–25, 2005.

HEERING, P. The stabilization of experimental procedures: Historical and educational aspects. **Revista Brasileira de História das Ciências**, v.7, n. 2, p. 142–148, jul. 2014.

HODSON, D. Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Sidney, NSW, Australia: [s.n.]. p. 2487.

HODSON, D; WONG, S. L. Going beyond the consensus view: Broadening and enriching the scope of NOS-oriented curricula. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, n. 1, p. 3-17, 2017.

HÖTTECKE, D.; ALLCHIN, D. Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. **Science Education**, 104, n. 4, p. 641-666, 2020.

HÖTTECKE, D., ESILVA, CC (2011). Por que a implementação da história e da filosofia na educação científica escolar é um desafio: uma análise dos obstáculos. **Ciência e Educação**, 20 (3), 293-316.

IBRAIM, S. DE S.; JUSTI, R. Discussing Paths Trodden by PCK: an Invitation to Reflection. **Research in Science Education**, 2019.

IRZIK, G.; NOLA, R. New Directions for Nature of Science Research. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Sidney, NSW, Australia: [s.n.]. p. 2487.

JUSTI, R.; ERDURAN, S. **Characterizing Nature of Science: A supporting model for teachers**. Paper presented at the Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group. **Anais...** Rio de Janeiro, Brasil: 2015

LEDERMAN, N. G. et al. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**. Vol.39, n.6, p. 497–521, jul. 2002.

MAGNUSSON, S.; KRAJICK, J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Orgs.). **Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 95-132.

MARTINS, A. F. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703–737, 2015.

MARTINS, H. F. C. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Pesquisa e Educação**, v.30, n.2, p. 289–300, 2004.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, 17, n. 2, p. 249-263, 2008.

MILNE, C. **The Invention of Science why history of science matters for the classroom**. 4° ed. [s.l.] Sense Publishers, 2011.

MINAS GERAIS. Proposta curricular de Química. Educação Básica - 2005. Belo Horizonte, 2005.

MOURA, CRISTIANO; CAMEL, Tânia; GUERRA, Andreia. A Natureza da Ciência pelas lentes do currículo: normatividade curricular, contextualização e os sentidos de ensinar sobre ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 22, 2020.

MORINE-DERSHIMER, G.; KENT, T. The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N.G. (Eds.) **Examining Pedagogical Content Knowledge**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 21-50.

NIAZ, M. Science Textbooks: The Role of History and Philosophy of Science. In: **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. [s.l: s.n.]. p. 2487.

OLLAIK, L. G.; ZILLER, H. M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, v.38, n.1, p. 229–241, 2012.

PÉREZ, D. G. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PARK, S.; SUH, J. K. The PCK Map Approach to Capturing the Complexity of Enacted PCK (ePCK) and Pedagogical Reasoning in Science Teaching. In: **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. [s.l: s.n.]. p. 185–197, 2015.

ROCHA, M. N.; GURGEL, I. Descriptive Understandings of the Nature of Science: Examining the Consensual and Family Resemblance Approaches. **Interchange**, v. 48, n. 4, p. 403-429, 2017.

SANTOS, M. A. R. DOS. **Compreendendo Visões de Estudantes sobre Ciências e suas Relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em Contextos Cotidiano, Científico e Sociocientífico**. [s.l.] Universidade Federal de Belo Horizonte, 2019.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. d. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SCHMIEDECKE, W. G.; PORTO, P. A. Uma abordagem da história da energia nuclear para a formação de professores de física. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p. 232–241, 2014.

SHULMAN, L. S. Those Who Understand: A Conception of Teacher Knowledge. **American Educator**, v. 10, n. 1, p. 4–14, 1986.

SHULMAN, L. S. PCK Its genesis and exodus. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. (Eds.). . **Re-examining pedagogical content knowledge in**. New York: Routledge, 2015. p. 3–13.

Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. **Studies in Science Education**, 36, 1 – 44.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

YIN R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2a ed. Porto Alegre: Bookman; 2001.

## APÊNDICES

### APÊNCIDE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado(a) \_\_\_\_\_(nome),

Meu nome é Poliana Flávia Maia, sou professora da área de Ensino de Química da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal. Dentre as minhas áreas de atuação na universidade, sou pesquisadora da área de Educação em Ciências, orientadora em dois programas de mestrado: Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática e Mestrado Profissional em Química. Atualmente tenho desenvolvido minha pesquisa na área de formação de professores e processos de ensino e aprendizagem em Ciências, buscando quantificar lacunas, introduzindo novas abordagens de ensino e subsidiando formas de conexão entre os conteúdos científicos e a formação geral para a cidadania. Essa pesquisa é intitulada “*A abordagem histórica no contexto de ensino através do desenvolvimento de aspectos de Natureza da Ciência*” e terá como objetivo estudar como a participação em um curso formativo voltado à inserção de elementos de natureza da Ciência no ensino de Ciências a partir do uso da História da Ciência. A participação na pesquisa é voluntária e não interfere na sua participação no curso formativo. Durante o curso, você será solicitado a responder alguns questionários e desenvolver planos de aula abordando história da Ciência. Além disso, as aulas serão gravadas na plataforma Google Meet e a gravação estará à sua disposição. Além disso, você poderá ser convidado a participar de entrevistas posteriores ao curso. Você será convidado a apresentar seus conhecimentos prévios, ideias e aprendizagens sobre o tema e participar das discussões conduzidas pela pesquisadora. A coleta de dados dessa pesquisa será feita por atividades escritas, registro audiovisual do curso e registro audiovisual das entrevistas.

Os riscos envolvidos na pesquisa associam-se à participação na realização e discussão das atividades, especialmente relacionados ao tempo dedicado à pesquisa e constrangimento durante a participação nas atividades. Contudo, asseguramos que serão tomadas as medidas e cautelas para a minimização de danos como: as atividades envolverão exclusivamente conteúdos de natureza científica ou de formação acadêmica, sem exposição de crenças pessoais ou outras questões

sensíveis; a pesquisadora é uma profissional formada, experiente e qualificada para ministrar as atividades de ensino e conduzir a pesquisa, estando atenta a qualquer desconforto causado pelo processo; será assegurada a confidencialidade, a privacidade e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas; os dados da pesquisa serão codificados, garantindo o anonimato dos participantes na divulgação da mesma. Além disso, os resultados dessa pesquisa estarão à disposição dos participantes. Qualquer apoio ou assistência podem ser solicitados a qualquer momento, diretamente à pesquisadora responsável.

Mesmo que você esteja de acordo com os termos aqui colocados, esclarecemos que a qualquer momento esse consentimento pode ser retirado, garantindo-se que os dados gerados por você serão imediatamente excluídos da pesquisa. Não haverá qualquer custo relacionado à participação na pesquisa e, em caso de eventuais danos decorrentes da participação nessa, é garantida a indenização dos participantes pela pesquisadora.

Considerando os referenciais teóricos e outras pesquisas relacionadas na área, espera-se que a metodologia de ensino proposta nesse trabalho contribua significativamente para o desenvolvimento do conhecimento docente para ensinar Ciências inserindo aspectos de natureza da Ciência e história da Ciência.

Visando atender aos princípios da ética na pesquisa, caso esteja de acordo com a participação na pesquisa, solicito que você responda ao e-mail em que lhe foi enviado essa mensagem, afirmando sua concordância. Ressalto que você poderá retirar este consentimento a qualquer momento e que não terá nenhum prejuízo por isso.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, em arquivo virtual (devidamente protegido por senhas e dentro do domínio da UFV) e em dispositivo eletrônico físico (HD externo) do próprio pesquisador. Após o término da pesquisa, e depois desse tempo, os arquivos serão deletados. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato conosco pelos telefones \*\*\*\*\* (retirado da versão de publicação); no endereço

eletrônico poliana.maia@ufv.br, ou no endereço: rodovia LMG 818, Km-6, Campus Universitário, Prédio das Licenciaturas, gabinete 98, CEP 35690-000.

Desde já, agradecemos sua colaboração para a realização desta pesquisa.

Atenciosamente,

---

Profa. Dra. Poliana F. Maia  
Pesquisadora responsável

**APÊNDICE B \_ Questionário Inicial**

Área do conhecimento e/ou disciplina de atuação

1. Você tem costume de utilizar a História da Ciência em contextos de ensino? Justifique.
2. Você tem dificuldades de incluir a História da Ciência em suas aulas? Em caso positivo quais são essas dificuldades?
3. Em sua opinião, é importante incluir a História da Ciência nos contextos de ensino?
4. O que você acredita que um estudante possa aprender em uma abordagem de História da Ciência no contexto de ensino?
5. Em um contexto de ensino, em qual (is) temática(s) você utilizaria a abordagem de História da Ciência?
6. Em sua prática pedagógica você planeja abordagens de História da Ciência sempre que acha importante ou, ela ocorre somente quando apresentada nos livros didáticos?
7. Aponte entre as alternativas abaixo, quais são as informações que você apresenta durante a abordagem da História da Ciência aos seus estudantes:  
(\*assinale mais de uma opção caso julgue necessário)  
 nome do cientista  
 foto do cientista  
 descoberta científica  
 ano da descoberta  
 contexto político da época  
 contexto social da época  
 contexto econômico da época  
 contexto cultural da época  
 algum fato da vida pessoal dos cientistas envolvidos  
 outros:
8. Aponte entre as alternativas abaixo, quais são as ferramentas metodológicas que você utiliza durante a abordagem da História da Ciência em sala de aula:  
(\*assinale mais de uma opção caso julgue necessário)  
 livro didático

- ( ) produzo meu próprio material (slides, esquemas, apostilas)
  - ( ) filmes
  - ( ) documentários
  - ( ) charges
  - ( ) reportagens
  - ( ) relatos de originais históricos
  - ( ) artigos
  - ( ) outro
- 9.** Durante sua formação acadêmica, você participou de alguma disciplina específica que abordasse a História da Ciência? Em sua opinião, ela foi suficiente para a sua formação profissional?
- 10.** Você se interessa por aprender mais sobre a História da Ciência? Por quê?

**APÊNDICE C \_ Questionário Final**

1. Após o minicurso, quais novas potencialidades você identifica na utilização da abordagem de História da Ciência nos contextos de ensino?
2. Além do filme sugerido no minicurso, quais outros materiais você acredita que possibilitariam a introdução de casos históricos nos contextos de ensino?
3. Em sua visão, após o minicurso, quais as contribuições/benefícios proporcionados pela abordagem histórica na formação dos estudantes?
4. A participação do minicurso promoverá mudanças na sua prática pedagógica? Quais?

**APÊNDICE D \_ Modelo de Planejamento de Aula****Ministrante:****Tema:****Público alvo:****Tempo de Duração:** 50 min.**Conhecimentos Prévios:**

**Objetivos:** Descreva quais objetivos de ensino e aprendizagem você deseja alcançar com seus alunos.

**Pontos/aspectos abordados:** Descreva os pontos que irão compor sua abordagem e quais ferramentas você utilizaria nesta abordagem (slides, interação, exposição de fatos, reportagens, entre outros.)

**Metodologia:** Descreva com detalhe como você desenvolveria cada ponto citado anteriormente, incluindo os **direcionamentos e questões** que realizaria aos estudantes.

**Recursos utilizados****Avaliação** (se achar necessário)**Referências**

## APÊNDICE E – Entrevista

### Entrevista Geral

1. O processo formativo favoreceu sua prática pedagógica? Em caso positivo, como você acha que o curso contribuiu?
2. Você tem incorporado NdC com mais frequência em suas aulas? Você pode dar exemplo de algum momento em que isso tenha ocorrido?
3. O artigo *“Um modelo de Ciências para fundamentar a introdução de aspectos de Natureza da Ciência em contextos de ensino e para analisar tais contextos”* auxiliou seu trabalho pedagógico no âmbito de desenvolvimento de temáticas de NdC em sala de aula? Como?
4. Após o processo formativo, você buscou conhecer mais sobre HC? Já aplicou na prática ou pensa em aplicar?
5. Em caso de aplicação, você percebeu mudanças na aprendizagem dos alunos? Quais?

### Entrevista P1

1. No primeiro planejamento você opta por exibir vídeo por completo, seguido de um questionário que reflete sobre pontos importantes do mesmo. Ao final, você propõe a retomada das questões em uma próxima aula. Qual o objetivo de retomar as questões?
2. Ao elaborar um novo planejamento após o processo formativo, por que você optou em reelaborar o primeiro?
3. No segundo planejamento você opta por dividir o vídeo em vários trechos, interrompendo a exibição e questionando pontos importantes. Por qual motivo optou pela divisão do vídeo? Os questionamentos não seriam eficientes caso o vídeo fosse exibido por completo? Por quê?
4. Você aplicou seu segundo planejamento? Conte-nos como foi.

### Entrevista P2

1. No primeiro planejamento você optou por desenvolver um experimento junto aos estudantes. Em sua opinião, em que uma aula prática contribui para o desenvolvimento de aspectos de NdC?
2. Ao final da abordagem sobre erro, precisão e exatidão, você utiliza de um diagrama representativo. O diagrama é de sua autoria? Como seria a abordagem do mesmo no contexto de ensino?
3. No segundo planejamento você indica a leitura de um artigo. Esta atividade é eficiente no seu ambiente de trabalho? Isto é, você já usou atividade de leitura de artigo com estudantes da educação básica? Se sim, conte como foi. Como a leitura de um artigo pode ajudar os estudantes a desenvolverem conhecimentos de NdC?
4. Após a participação no processo formativo, você encontrou falhas no seu primeiro planejamento? Quais e como corrigi-las?