

**Attico Inácio Chassot**



Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
(UNIFESSPA)  
[achassot@gmail.com](mailto:achassot@gmail.com)

**Uiara Mendes Ferraz de Pinho**



Instituto Federal do Acre (IFAC)  
[uiara.pinho@ifac.edu.br](mailto:uiara.pinho@ifac.edu.br)

**Leilane Andressa Bicho de Oliveira**



Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
(UNIFESSPA)  
[leilaneandressa7@gmail.com](mailto:leilaneandressa7@gmail.com)

## PROVÁVEIS MODELOS DE ÁTOMOS, UM QUARTO DE SÉCULO DEPOIS

### RESUMO

No número três da revista Química Nova na Escola (QNEsc), publicado em maio de 1996 (o número 1 foi publicado em maio de 1995 e o número 2, em novembro de 1995), o artigo de abertura, de apenas uma página, foi "Sobre prováveis modelos de átomos". Na época, a revista rompia algo que então era usual: publicar o segundo ou terceiro número de uma revista. Há 25 anos não se tinha os contadores como Google Acadêmico, mas se pode referir que, quando a QNEsc conseguia chegar aos professores da Educação Básica, o texto era considerado muito importante. Agora, pretende-se revistá-lo. Um quarto de século depois, a ciência continua encontrando mistérios ao explorar os modelos e átomos que conhecemos. Junto a isso, descobrimos que, em meio a uma pandemia que atingiu a humanidade, precisamos ser cada vez mais indisciplinados para alfabetizar cientificamente. Assim, o objetivo principal desse artigo é realizar discussões acerca da alfabetização científica e da formação de professores que atuam na área de Ciências da Natureza, a partir de uma reflexão crítica do artigo supramencionado.

**Palavras-chave:** Alfabetização científica. Modelos atômicos. Formação de professores.

### PROBABLE ATOM MODELS, A FOURTH CENTURY LATER

### ABSTRACT

In issue number three of the journal Química Nova na Escola (QNEsc), published in May 1996 (number 1 was published in May 1995 and number 2, in November 1995), the opening article, of only one page, was "About probable models of atoms". At the time, the magazine broke a pattern by publishing the second and third issue of a magazine in a year. 25 years ago, we didn't have websites like Google Scholar, but it can be said that when QNEsc managed to reach Basic Education teachers, the text was considered to be very important. Now, we intend to study it. A quarter of a century later, science continues to find mysteries in exploring the models and atoms we know. Along with this, we discovered that, in the midst of a pandemic that has hit humanity, we need to be increasingly indisciplinatory to literate scientifically. Thus, the main objective of this article is to conduct discussions about scientific literacy and the training of teachers working in the area of Natural Sciences, based on a critical reflection of the aforementioned article.

**Keywords:** Scientific literacy. Atomic models. Teacher training.

**Submetido em:** 11/10/2021

**Aceito em:** 11/10/2021

**Publicado em:** 30/11/2021



<https://doi.org/10.28998/2175-6600.2021v13nEsp2p186-215>



## 1. QUANDO FAZEMOS O IDEAL PARA CONHECER O REAL: À GUIA DE UMA INTRODUÇÃO

À primeira vista, é muito provável que este texto seja labelado, no mínimo, como “mal comportado” e considerado, liminarmente, acanônico, uma vez que, ele não obedece à ortodoxia professada, de maneira presumível, na academia.

Também aceitaríamos que nossos leitores, conhecendo a proposta, reconhecessem que há uma inédita ousadia na nossa produção, pois se aditássemos que o texto tem as marcas de concepção e gestação em tempos pandêmicos, é provável que tenhamos absolvição e fosse aceita a configuração que fuja à ortodoxia. Propomos, portanto, um convite à leitura.

Venham conosco aos velames, que não raro nos enredam. Acompanhem as (a)venturas que nos envolvem antes de iniciar o navegar por um arquipélago que é formado por três ilhas, as quais são unidas por aquilo que as separa. Não fossem mares, de vez em vez encapelados, separando/unindo as três ilhas, não nos constituiríamos num arquipélago.

Somos três autores, cada um soberano na sua ilha. Há que produzimos um texto e para catalisar essa produção temos a contemplação do mar que nos desafia e nos leva às enseadas acolhedoras de cada uma de nossas três ilhas. O mar que une e que separa é um pretexto para fazer um texto.

Coube-me, por ser o mais anoso, e por tal se diz que conheço mais os mares a navegar, amearhar algumas cartas náuticas e repassá-la às minhas colegas insulares. Esta primazia que me é concedida se justifica quando recordamos a máxima do argentino José Hernández (1835 – 1886), no épico gauchesco *Martin Fierro* (1872), já traduzido em mais de 20 idiomas em livros, cinema, teatro, história em quadrinhos “*Más sabe el diablo por viejo que por diablo!*”

Assim, apresentarei o mar e darei a conhecer onde estão os faróis para o desfraldar velas, para chegar aos embarcadouros e sermos acolhidos em enseadas tranquilas para que assim possamos narrar os navegares de cada uma e de cada um, trazendo o contexto que transmutou o pretexto em neotexto.

Cada um de nós três se apresentará. Dirá do contexto que (des)construiu o pretexto para fazer um neotexto. Este é ofertório para texto que será a produção de três escribas insulares que, de rabiscos rascunhados, fizeram desenhos que se tornou o neotexto de nosso arquipélago para o *Dossiê em Ensino de Química / Revista Debates em Educação*, organizado pelas professoras doutoras Irene Cristina de Mello, Grazielle Borges de Oliveira

Pena e Nyuara Araújo da Silva Mesquita, um trio de escola no fazer educação com a química.

Anuncio que são parceiras nesta (a)ventura duas ilhoas. (Sim! Ilhoas é o feminino de ilhéu). Há que concordar que o feminino do sonoro e poético ilhéu não tem o sabor do substantivo masculino. No entanto, afirmar que no arquipélago habitam duas ilhoas e um ilhéu é realidade dicionarizada. Nisso não temos ingerência.

Trago mais informações sociogeográficas do lócus de produção de nosso capítulo para o dossiê. Das duas insulanas, uma delas é mestranda e outra doutoranda. Eu habito a ilha Alfa. Professo crença bachelardiana que se paraíso existe ele é uma ilha biblioteca. Por tal, encanta-me quando minhas orientandas singram o Mar Pretexto e aportam suas escunas aqui em Alfa para fruir da Biblioteca. Quando alimentado o espírito e queremos sorver manjares supimpas, vamos visitar Uiara, pois na ilha Beta cada jantar é uma festa de Babette<sup>1</sup>. Se precisão for saberes dos povos ancestrais, assestamos nossas velas para a ilha Gama. Então nos revigorarmos com a sapiência xamânica da Leilane. Já sinto o leitor a prelibar estância no arquipélago Alfa Beta Gama e fruir das singularidades de cada um dos autores em cada uma das três ilhas.

Nós três nos fizemos insulanos, pois temos que fazer um texto. Ajudados por uma cartesiana criação do Século 21 — o GPS — para arrostar mares. Partilhar narrares orientados (apenas para garantir um sul) do pretexto que é o mar que nos (des)une. Este aportar é facilitado. Em cada ilha existe uma receptiva enseada e nesta há porto seguro.

Com estas definições, anuncio o que será nosso texto. Cada um de nós três vai revistar o pretexto, um texto publicado há um quarto de século, que está a transcrito no próximo tópico, trazendo uma contextualização (muito provavelmente marcada pelos cruento tempos pandêmicos) que interferem nos navegares no nosso Olimpo. Reconheço que o desafio que propus a quem de Xapuri nos faz pecar por gula (aprendi que basta ter desejo e já se peca) saboreando acepipes ou a quem sabe ser anfitriã atenciosa quando visitamos (virtualmente) os Xikrin.

Assim, propomos de cada uma das ilhas, antes anunciadas como objetivo desse artigo, revisitar o texto histórico “Sobre os prováveis modelos de átomos” (CHASSOT, 1996) e discutir à luz dos faróis da alfabetização científica, a formação de professores das áreas

---

<sup>1</sup> A Festa de Babette é um filme dinamarquês de 1987, dirigido por Gabriel Axel, com roteiro baseado em conto de Karen Blixen. O filme foi produzido por Just Betzer, Bo Christensen, e Benni Korzen e financiado pelo Danish Film Institute. *A Festa de Babette* foi o primeiro filme dinamarquês baseado numa história de Blixen. Foi também o primeiro filme dinamarquês a ganhar um Oscar para o melhor filme estrangeiro. Sem cometer spoiler acrescento que Babette prepara um lindo e apetitoso jantar. Para saber mais: [https://pt.wikipedia.org/wiki/A\\_Festa\\_de\\_Babette](https://pt.wikipedia.org/wiki/A_Festa_de_Babette).

de Ciências da Natureza. Uma última recomendação aos leitores, antes de entrar plenamente na proposta seria: se encerrada a leitura do *pretexto*, antes de ler nossos três textos e quiser realizar um exercício, propomos uma revisitação e depois compare com as nossas, que na primeira rodada, serão produzidas de maneira independente. Boa leitura. Boa revisitação. Excelente divagação sobre modelos.

## 2. PARTINDO PARA UMA JORNADA: A ORIGEM

Assim, como se anunciou a partir de agora, cada de nós três autores — habitantes do arquipélago Alfa Beta Gama — trazemos nossos segmentos individuais formado por uma apresentação pessoal, uma contextualização dos tempos de escritas e comentários acerca de modelos, partindo do pretexto.

Eu, Attico Chassot, carinhosamente também chamado — pela queridez de meus colegas e alunos — de *Mestre Chassot*, sou professor desde 13 de março de 1961.

Nasci em 06/11/1939, em Estação Jacuí, até então uma pequena vila de ferroviários, pertencente à Restinga Seca, distrito de Cachoeira do Sul (RS). Meu pai era descendente de uma família de agricultores suíços, cujos ancestrais eram imigrantes de fala francesa, do Cantão de Friburgo, que em 1855 se estabeleceram no Vale do Cai, na região de Montenegro, sendo germanizados por colonizadores alemães. Foi o primeiro de seu clã familiar que deixa a roça e vai para cidade aprender um ofício.

Numa fábrica de harmônios, em Novo Hamburgo RS, fez-se marceneiro. Fez concurso para Viação Férrea do Rio Grande do Sul (VFRGS) e é nomeado para Estação Jacuí. Minha mãe nascida em família de descendência alemã, estabelecida, na primeira metade do Século 19 no Vale do Cai, em Bom Princípio, então distrito de Montenegro. Até o casamento, fora professora de escola multisseriada na rede municipal na vila de Piedade, que acessava a cavalo, desde casa paterna em Santa Terezinha.

Pelo casamento acompanha o marido à Estação Jacuí, enquanto pertencente às poucas famílias *'de origem alemã'* no vilarejo. Como o idioma de berço de meu pai e de minha mãe era o alemão, este era o idioma doméstico. Nasci no ano que começou a 2ª Guerra Mundial, quando o alemão era proibido no Brasil. O idioma doméstico era interdito aos filhos. A resposta ao questionamento sobre o que comentavam em alemão os pais era invariável: *isto não é para crianças... não seja curioso!*

Na Semana da Pátria de 1947, no meu primeiro ano de escola, a família se transfere para Montenegro, para ficar mais perto das famílias paterna e materna. A mudança é num trem de carga, vivíamos em um vagão, onde minha mãe, inclusive, cozinhava em fogão à

lenha. De maneira ligeira, está explicado o nome do livro (*Memórias de um professor: hologramas desde um trem misto*) que produzi para celebrar, há 10 anos, os meus 50 anos de magistério.

Suprimo detalhes de minha escolarização no ensino primário, no ginásial e no curso científico, como se nominava umas das alternativas do ensino médio ou pré-universitário.

Falo agora de minha história acadêmica... A Universidade Federal do Rio Grande do Sul é minha alma-mater, pois por esta Universidade sou licenciado em Química, mestre Educação, doutor em Ciências Humanas. Enquanto professor da UFRGS fui auxiliar de ensino, assistente, adjunto e sou professor Titular (aposentado) do Instituto de Química. Também nesta universidade, enquanto aluno do ensino médio, trabalhei por dois anos no Restaurante da Reitoria.

Minha carreira docente se inicia em uma escola confessional episcopaliana, em Montenegro. Nos sete anos anteriores à docência universitária, lecionei em escolas particulares (franciscana, luterana e israelita) também em Montenegro, São Leopoldo e Porto Alegre. Em escolas públicas em São Leopoldo e Porto Alegre. Neste período, foi em cursos pré-vestibulares que fiz mais sucesso e que amealhei mais dinheiro.

Enquanto professor de ensino superior fui professor da Pontifícia Universidade Católica (PUC-RS), da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), da Faculdade Portoalessense, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS - onde coordenei o Programa de Pós-Graduação Educação), da Unilasalle, da URI de Frederico Westphalen e do Centro Universitário Metodista – IPA.

Fui coorientador de doutorado na Universidade de Lyon, na França. Fui Professor visitante da Ålborg Universitete, na Dinamarca e na Universidade de Lanus, na Argentina. Fiz estágio pós-doutoral na Universidade Complutense de Madrid (2002).

Em 2019 recebi do Sindicato dos Professores do Ensino Privado do Rio Grande do Sul (SINPRO-RS) o troféu Pena Libertária, como o Educador do Ano. A mais recente distinção acadêmica que recebi foi um Festschrift — livro escrito em celebração da produção de uma pessoa na completação de uma data. Na celebração de meu sexagésimo ano de docência, foi escrito um livro jubilar de 305 páginas, com 19 capítulos, escritos por cerca de três dezenas de autores do campus de Uruguaiana da UNIPAMPA. Cada um destes capítulos detalha dimensões teóricas e/ou empíricas de diferentes ações do ser Professor há sessenta anos.

Já disse e repito que ser galardoado com um muito original Festschrift é inenarrável. A obra gestada durante o bissexto 2020 por cerca três dezenas de pesquisadores do Campus de Uruguaiana da UNIPAMPA, liderados pelos Professores Doutores Raquel

Ruppenthal e Vanderlei Folmer, deverá catalisar significativas contribuições à Educação nas Ciências. O selo da Editora Unijuí há de qualificar o livro.

As organizadoras da live jubilar conceberam um cosmos heliocêntrico em que o livro era um sol ao redor do qual orbitavam múltiplos planetas regidos por uma maestrina. Andréia organizava atrações que agrandavam o livro. O poema de Sílvia Chaves da Universidade Federal do Pará (UFPA), que se fará prelúdio do Festschrift, era uma Via-Láctea estética propulsora de estesia.

Vídeo-depoimentos trazidos de todas as geografias comoviam centenas de participantes. Aline da Silva Goulart e Carla Marielly Rosa amealharam estrelas que cintilavam com distintas emoções no chat. Estas desenharam nuvens (Figura 1) que ilustram este texto.

**Figura 1: Nuvem de palavras expressas no chat do pré-lançamento do livro.**



Fonte: [https://www.youtube.com/watch?v=Q\\_sA5eSRcis](https://www.youtube.com/watch?v=Q_sA5eSRcis).

A entrevista jubilar falou de Educação em tempos pandêmicos e se fez da Laudato Si', uma vez mais antídoto às agressões à nossa casa comum: o planeta Terra. Não há como narrar mais.

A P R M //Ad perpetuam rei memoriam. Esta era a fórmula que existia no alto de determinadas bulas pontifícias, e que se encontra igualmente em monumentos comemorativos, medalhas etc. Para a perpétua memória das coisas. Vivo ainda emoções que são inarráveis. Não mais as espraio aqui, mas, faço o registro do endereço onde é possível (re)viver a história de um momento dos mais emocionantes e gloriosos de minha jornada aqui e agora: [https://www.youtube.com/watch?v=Q\\_sA5eSRcis](https://www.youtube.com/watch?v=Q_sA5eSRcis).

Sou, há mais de oito anos, professor, pesquisador e orientador de doutorado na REAMEC - Rede Amazônica Educação em Ciências e Matemática, já formei 4 doutores; na Reamec, agora tenho uma doutoranda do Instituto Federal do Acre (IFAC), no campus de Xapuri. Desde 01/01/2019 sou Professor Visitante Sênior da Universidade Federal do Sul

e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), onde leciono na graduação e no Programa de Pós-graduação em ensino de Ciências e Matemática, tendo orientandos de mestrado e a supervisão de um pós-doutorando.

Enquanto professor, já estive para cursos e/ou palestras em todos estados do Brasil e em alguns países. Nestes tempos pandêmicos, desde o 13 de maio ao final deste bissexto 2020, participei de 88 lives e com as deste 2021 este número já supera 110. Sou autor de mais de uma centena de artigos científico e de vários livros, dos quais seis ainda estão em circulação. Publico por mais de 14 anos, cada sexta-feira, em um blogue<sup>2</sup> dedicado a tentar fazer alfabetização científica.

Agora, eu Uiara, na Ilha Beta, acabo de receber acepipes saborosos, enviados da ilha Gama, junto com uma carta que apresenta orientações sobre quais caminhos devo seguir para embarcar segura em uma aventura que propõe atravessar os mares do conhecimento.

Antecipo aos leitores uma historieta que narra brevemente minha trajetória pela docência. Nasci na cidade de Rio Branco, Acre, onde passei a minha infância, e moro atualmente. Sou formada em Licenciatura em Química pela Universidade Federal do Acre (UFAC). Cursei o Mestrado em Ciências e Inovação Tecnológica para a Amazônia, também na Ufac e atualmente sou doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática – REAMEC, e professora no Instituto Federal do Acre, câmpus Xapuri.

Há 11 anos venho navegando pelos mares da Educação em Ciências, especificamente na Licenciatura em Química, confesso que no começo acreditei estar um pouco perdida. No início parecia que navegar esse mar não era uma missão para mim. Sempre tive contato com a docência através da vivência familiar, meus pais são professores, mas fiz minhas escolhas, e acabei ingressando nesse barco para realizar esse navegar. Eu acreditava que para uma primeira viagem, seria fácil seguir o roteiro que havia desenvolvido na graduação, mas nem sempre esse roteiro pode ser seguido à risca.

As primeiras viagens foram difíceis, pois a formação inicial não nos prepara para as tempestades e chuvas torrenciais que enfrentamos no cotidiano das salas de aula. Comecei com medo, mas entusiasmada pelas novas experiências. A primeira parada foi no ensino médio, depois de alguns anos segui para o ensino superior e, nessa última parada, considerando o roteiro inicial da viagem, tive muitas limitações, principalmente quando me deparei ensinando da mesma forma em que fui formada.

---

<sup>2</sup> <https://mestrechassot.blogspot.com/>

Absorvi aquele guia de viagens inicial, que se constituiu como modelo nas minhas práticas docentes, mas comecei a observar que ele não me levaria ao lugar que eu buscava. Considero que a ciência não é estática, o tempo vai transformando as paisagens, os lugares que frequentamos, e as informações que recebemos vão se atualizando constantemente. Encontrei-me formando químicos e não professores de química e ao perceber isso, tentei rascunhar outros roteiros, buscando viagens que me levassem a explorar outras rotas.

Encontrei no doutorado um marinheiro experiente que habita na ilha Alfa e que me apresentou caminhos que ele vem percorrendo há 60 anos. Sem dúvida o direcionamento nessa viagem, rumo à alfabetização científica, tem me proporcionado novos aprendizados, tem me incentivado a me tornar aprendiz, para levantar as velas e levar adiante, a tantos quantos professores e alunos eu puder informar, e juntos levarmos todas essas experiências em cada parada que fizermos, rumo aos portos da educação.

Portanto, aqui da ilha Beta, convido-os, antes de levantar âncora rumo a nossa viagem, a saborear um dos pratos principais que preparamos nesse jantar que se apresenta em forma de artigo. *Buon appetito!*

Neste momento, eu Leilane, direto da ilha Gama, digo que aqui o curso fluvial transborda de curiosidades e descobertas. Digo mais, realizar essa viagem com os que estão nas ilhas Alfa e Beta, apesar de ter sido um grande desafio, foi de confiança, a partir dos direcionamentos e percursos a qual deveria navegar.

Começo contando que sou de uma família humilde e que minha criação prezou pelos valores éticos, pelo respeito ao próximo e pela honestidade. Nasci e cresci em São Miguel do Guamá, uma pequena cidade do interior do Pará, de onde saí, geograficamente, quando fui aprovada no curso de Licenciatura em Ciências Naturais, na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, em Marabá, no ano de 2012.

Por ter minha mãe, irmãos e tias, professores da educação básica, os caminhos dessa jornada eu já avistava, mas bem de longe, pois só aprendemos a navegar, de fato, quando assumimos o leme da embarcação. Não me imaginava como professora, mas acredito que não é o que imaginamos ou acreditamos, e sim o que realmente os caminhos nos apresentam. Ao concluir a graduação, tive a experiência de lecionar na educação básica por um ano e percebia muitas lacunas na relação entre professor e coordenador pedagógico, no que tange o planejamento de metodologias de ensino que facilitasse o processo de ensino-aprendizagem. Eu sentia que precisava conhecer além.

Logo assumi o cargo de coordenadora pedagógica na Educação Escolar Indígena do povo Xikrin do Cateté, onde permaneci por 3 anos. Vivenciei essa experiência como uma grande oportunidade de ter conhecimento sobre as minhas inquietudes, e na vivência

pude enxergar com outras lentes os processos do fazer pedagógico. Ter conhecido a riqueza cultural dessa etnia, contribuiu para o meu crescimento de forma muito significativa, até o ponto de tornar-me indigenista.

Desde o início da atual pandemia que estamos vivendo, atuo como Coordenadora Técnica de Ciências na Educação Urbana, o desafio é diferente, mas não maior ou menor do que aquele o qual eu me encontrava. Porém, em tempos de aulas remotas, estar à frente de um grupo de professores, que tem a cada dia que se reinventar para conseguir transpor conhecimentos aos alunos, fez-me reformular meus aprimoramentos, por exemplo, adicionando aos meus estudos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), estudos de novas tecnologias e seus respectivos tutoriais, para, de alguma forma, auxiliar os professores nesse processo turbulento de ensino.

De antemão, posso adiantar que não acredito em um modelo pré-estabelecido que não pode ser mudado. Da minha apresentação, trago 2 exemplos: primeiro, eu que não me via como professora, no entanto, formei-me professora e minha atuação profissional hoje, não é na sala de aula; segundo, o modelo de ensino presencial foi rapidamente substituído, mesmo sem planejamento prévio, por uma forma de ensino remoto, que vem dificultando a continuidade do ensino, principalmente para aqueles que não tem acesso.

Finalizando minha apresentação, ressalto que, durante todo esse percurso profissional, continuar minha formação acadêmica, através do mestrado, no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática – PPGECM (com a orientação do Mestre Chassot), tem me proporcionado adquirir diversos saberes, principalmente algumas reflexões provocadas em relação ao papel do professor de ciências na alfabetização científica.

Dos três segmentos que cada um dos três habitantes do Arquipélago contribui para este artigo, completo a auto apresentação dos moradores de Alfa Beta e Gama. Agora, cada um de nós narra algo dos tempos cruentos desta produção. Por primeiro, a narrativa desde a ilha Alfa: Ainda no mês de abril de 2021 o Brasil abrigava 2,7% da população mundial, mas concentra 12,7% (mais de 400 mil mortos) de todas as mortes por covid-19 no mundo, conforme estatísticas da Organização Mundial da Saúde (OMS).

Na segunda quinzena de março de 2020, houve um fenômeno nacional. Sem se precisar gastar um centavo em Educação: Eis que de repente alunos, pais, avós, irmãos mais velhos, empregadas domésticas e professores brasileiros foram todos declarados como detentores de *expertise em Ensino à Distância*.

Tabletes e smartphones tidos, antes, como vilões, pois distraíam os estudantes que os preferiam ao invés de livros e apostilhas foram reconsiderados. Os vilões agora eram

heróis. Não faltou quem se rejubilasse e dissesse: *agora a Educação brasileira migrou do medievo ao Século 21*. Temos Educação à distância. A sigla EaD é um ícone messiânico quase salvífico.

Dentre mais de uma dezena de plataformas, o WhatsApp se tornou o salva-vidas para perguntar para o avô — também um neo-perito em EaD que não sabe tirar um extrato bancário em um terminal — como resolver problema proposto a alunos do 5º ano do Ensino Fundamental, exemplo: *Há 3 companheiros que pesam 50kg, 80kg e 100kg e precisam chegar a outra margem de um rio, dispondo de um barco que tem a capacidade máxima de transportar 140kg. Qual o mínimo de viagens necessárias?*

As discussões se estenderam/estendem e foi/é esquecido que cerca de um terço dos lares brasileiros não tem acesso à internet. Há aqueles que têm internet, mas não tem um notebook ou um tablete para as ditas aulas remotas. Um único smartphone é, não raro, o único hardware familiar, usado de maneira comunitária. A cozinha e a lavanderia são o ‘gabinete’ para realizar as lições remotas. Parece que esta imagem (Figura 2), traduz um pouco a dificuldade de fazer os três amigos para chegar a outra margem. Este é um dos retratos de local que se recomenda ficar (em casa) e lavar as mãos quando não se tem água encanada.

**Figura 2: Pandemia expõe a vocação excludente da educação não presencial e a superexploração da classe trabalhadora.**



**EAD. Acesse a plataforma, faça suas tarefas e envie on line. A educação não pode parar!**

Fonte: <https://www.adufes.org.br/portal/>.

Uma das edições do blog de abril de 2020<sup>3</sup> trouxe a narrativa de um professor doutor em Educação capaz de oferecer abrandamento de tensões de reclusos domiciliares não tão expertos em EaD, nestes tempos viróticos. *“Eu trabalhei numa especialização EaD em que levamos em média 6 meses para montar um ambiente virtual com auxílio de um técnico especializado, uma especialista em EaD, diálogo com professor formador, escrita de material de ambientação na plataforma e apoio institucional do ambiente virtual da universidade. A especialização durou um ano e meio com inúmeros e infundáveis ajustes técnicos e de condução pedagógica”*.

Escrevo isso para dizer que o que estamos fazendo com os professores da escola básica nesse período é desumano. Ainda há situação que se exige que professores não vacinados arrisquem suas vidas. Diante da impossibilidade técnica e dos sucessivos improvisos, o professor precisa “se virar”, sem nenhum apoio, na maioria dos casos, para enviar arremedos de atividades para serem reproduzidos na escola.

De uma hora para outra obrigam os professores a fazerem milagres, cantar, dançar, ler histórias, fazer experimento, editar vídeo, pensar roteiro fazendo com que ele trabalhe, algumas vezes, mais do que antes, com condições precárias e, claro, excluindo os estudantes que não têm acesso à internet. De novo, exige-se do professor que ele “se vire”. De novo, por compaixão e responsabilidade para com seus alunos e, em alguns casos, para manter seus empregos, os professores estão “se virando” e estão exaustos!

Não é difícil inferir o quanto está aumentando, de maneira abissal, o fosso que separa os pobres dos ricos no acesso à Educação, muito especialmente na Educação Básica. A Educação é apenas um dos mentefatos culturais que é direito universal. Pode-se mostrar o mesmo com o direito à Saúde ou ao trabalho digno. É fácil nos encantar com as maravilhas do *home office*, que oportuniza aos abonados morar em suas mansões de veraneio, 12 meses por ano.

No entanto, por ora, não dá para fazer faxina doméstica menos superficial pela internet. Talvez teremos robôs mais hábeis para estas tarefas, pois, também por ora, há mais uma legião de desempregadas, geralmente mulheres negras, que a pandemia desempregou. Não são todos empregadores a entender que as mulheres que fazem (talvez o mais correto dizer faziam) faxina se ficarem em casa remuneradas, também estão protegendo a família empregadora. Há porquê termos esperanças que nossas reflexões, nesta proposta de ensaio para este *Dossiê em Ensino de Química / Revista Debates em Educação*, contribuirá para um mundo mais justo. Estes são fragmentos de cenários

---

<sup>3</sup> <http://mestrechassot.blogspot.com/2020/04/17abr2020-de-repente-todos-temos.html>.

genéricos do Brasil destes tempos pandêmicos. É neles que também se ensaia fazer Educação Química.

Agora, no meu terceiro segmento, desejo reler o pré-texto histórico “Sobre os prováveis modelos de átomos”, e deixar de olhar apenas à Química — e ratificar minhas leituras mais hodiernas e migrando das disciplinas à indisciplina — para discutir à luz da alfabetização científica e a formação de professores na área das Ciências da Natureza.

Vamos retornar ao ano de 1995, quando era publicado o artigo “Sobre prováveis modelos de átomos” (CHASSOT, 1996). Este foi publicado em apenas uma página, em uma revista que se tornaria, pouco tempo depois, uma grande fonte de informações para professores e alunos da área do ensino de química, ao longo dos últimos 25 anos.

O texto se apresenta, aqui e agora, nos próximos parágrafos:

[...] *Uma das perguntas que professoras e professores de química fazem, principalmente quando trabalham no ensino médio, é: “Qual o modelo de átomo que devo ensinar?” Uma boa resposta poderia ser: “Depende para que os átomos modelados vão ser usados depois...” Construímos modelos na busca de facilitar nossas interações com os entes modelados. É por meio de modelos, nas mais diferentes situações, que podemos fazer inferências e previsões de propriedades. Por limitações que advêm da maneira como interagimos com a natureza, temos dificuldades em imaginar, por exemplo, a luz com comportamento dualístico. É mais fácil pensá-la ora como onda, ora como partícula. Construir modelos, isto é, imaginar átomos — e vale recordar que imaginar é fazer imagens — tem limitações e exigências que transcendem as interações mais usuais em nosso cotidiano. Em função de nossas vivências, é muito mais fácil imaginar um elétron corpuscular que um elétron ondulatório. É ainda mais difícil imaginá-lo comportando-se, ao mesmo tempo, como onda e partícula. Há uma questão capital: para que construímos modelos? Se quisermos explicar as ligações que ocorrem em um cristal de cloreto de sódio, o modelo atômico proposto por Bohr (1875-1962) é razoavelmente adequado e nos ajuda a compreender como ocorre a formação de cátions e ânions e como se estabelecem entre estas interações para a estruturação de um edifício cristalino. Se quisermos explicar uma molécula aparentemente simples como a de hidrogênio, esse mesmo modelo oferece muitas limitações. Para explicar de forma mais consistente como dois átomos de hidrogênio formam uma molécula  $H_2$ , é preciso que se tenha o conceito de orbital, ausente no modelo de Bohr. Logo, os diferentes*

*modelos são modificados em função de novas leituras que se faz sobre a natureza da matéria.*

*Na instigante novela de Jostein Gaarder sobre a história da filosofia, O mundo de Sofia (São Paulo: Companhia das Letras, 1995), numa das primeiras cartas que Sofia recebe de um misterioso filósofo há apenas uma interrogação: “Por que o Lego é o jogo mais genial do mundo?” Nas páginas seguintes o autor constrói uma admirável analogia entre as variadas peças de Lego e as propostas de Demócrito (460-370 a.C.) para a explicação da natureza. Assim como alguns poucos átomos formam milhares de substâncias diferentes, também as variadas peças de Lego servem para construir diferentes objetos, pois, como os átomos de Demócrito, são de diferentes formas e tamanhos, maciças e impenetráveis.*

*Resistentes, os blocos de Lego podem ser usados para construir diferentes brinquedos por várias gerações de crianças. Da mesma maneira, quando um corpo — uma árvore ou um animal, por exemplo — morre e se desintegra, os átomos do mesmo são reutilizados novamente em outros corpos. Os átomos são constantes no Universo — excetuando-se apenas os que se transmutam nos processos radioativos — e são sempre os mesmos usados na formação de novas substâncias. É importante observar como o modelo de Demócrito ainda hoje é adequado para a maioria das explicações necessárias sobre átomos. É claro que, por desconhecer maneiras mais apropriadas de investigar a natureza da matéria, Demócrito não fala de elétrons, prótons, nêutrons. Essas partículas, tidas como fundamentais, só foram descobertas recentemente (os nêutrons, por exemplo, em 1932). Mesmo estas, porém, não são mais consideradas indivisíveis.*

*Há modelos (confirmados experimentalmente em abril de 1994) que consideram os quarks e léptons como as partículas formadoras dos prótons. Cientistas cogitam agora (anúncio feito em fevereiro de 1996) a possibilidade de os quarks serem divisíveis. Se isto for confirmado, teremos a reedição do feito de Rutherford (1871-1937), quando anunciou que átomos tinham núcleo.*

*Vemos que podemos pensar em um não limite de novos modelos para o átomo. Esta é razão para não ignorarmos o quanto nossos modelos são prováveis. Quando dizemos que os modelos de átomos são prováveis não podemos esquecer que as moléculas que construímos com esses modelos também são modelos prováveis. Isto implica considerar que com esses modelos prováveis fazemos modelos prováveis de reações. Estes comentários fazem aflorar uma citação — inspirada na Bíblia e no Alcorão — que faço em “Catalisando transformações na educação” (Ijuí:*

UNIJUÍ, 1995, 3ª edição), ao discutir a dificuldade de se fazer modelos adequados para átomos: “...e dele não farás imagens!”.

Discussões acerca do significado e da importância do uso de modelos sempre me gratificam. Talvez, por ser uma temática muito importante, por exemplo, no ensino de Física, Química e Biologia. É, de maneira usual, não valorizada de maneira significativa. É um assunto exigente a qualquer tentativa de promover alfabetização científica.

Um dos livros mais interessantes (este adjetivo é trazido em uma homenagem a meu amigo paulista Emmanuel Lizcano (Universidade Autônoma de Madri - UAM), que, vez ou outra, me admoestava: *vocês brasileiros, quando não sabem como qualificar algo dizem: é interessante!*) que leio e releio nos dias que escrevo este texto é *Palomar*, último livro de Ítalo Calvino (Cuba 1923 / Itália 1985)<sup>4</sup>.

O Sr. Palomar é o protagonista dos 27 textos fascinantes amalhados em *Palomar* (CALVINO, 2018). Contos breves (cerca de duas ou três páginas) e sábios.

Palomar é o nome de um famoso observatório astronômico que durante muito tempo ostentou o título de maior telescópio do mundo. Por intencional ironia, é também o nome do protagonista destes textos curtos de Ítalo Calvino. Este senhor Palomar é todo olhos, mas funciona quase sempre como se fosse um telescópio ao contrário, voltado não para a amplidão do espaço, mas para as coisas próximas do cotidiano. É como se ele nos dissesse que as grandes questões do mundo e da existência também estão presentes em cada objeto que observamos, em cada cena que presenciamos, e que tudo é digno de ser interrogado e pensado.

Palomar foi o último livro publicado em vida por Ítalo Calvino. Em *Palomar*, fazendo uma sábia mistura de descrição, narração e reflexão, Calvino revela a mesma inquietude de suas outras obras, sem esquecer aquela pitada de humor refinado que contribui para a leveza de seus textos. Em meio a suas reflexões filosóficas, por exemplo, o senhor Palomar preocupa-se também com a angustiante questão de como se comportar na praia diante de um par de seios nus.

A citação de alguns títulos dos capítulos oferecerá ao meu leitor a ratificação de minha apresentação do Sr. Palomar. Ei-los: *A leitura de uma onda; O seio nu; os amores das tartarugas; O assóvio do melro; A lua do entardecer; A contemplação das estrelas; A*

---

<sup>4</sup> Ítalo Calvino (Santiago de las Vegas, 15 de outubro de 1923 — Siena, 19 de setembro de 1985) foi um dos mais importantes escritores italianos do século 20. Nascido em Cuba, seus pais eram cientistas italianos que passavam uma curta temporada no país para depois retornar à Itália pouco tempo após o seu nascimento. Sua literatura é considerada sincera, delicada e extremamente ágil.

*barriga do camaleão; O museu dos queijos; O gorila albino; A pantufa desemparelhada; Do morder a língua; Como aprender estar morto.*

Para corroborar minha afirmação, faço o ofertório de um excerto de *O modelo dos modelos*:

Houve na vida do senhor Palomar uma época em que sua regra era esta: *primeiro*, construir um modelo na mente, o mais perfeito, lógico, geométrico possível; *segundo*, verificar se tal modelo se adapta aos casos práticos observáveis na experiência; *terceiro*, proceder às correções necessárias para que modelo e realidade coincidam [...] A construção de um modelo era, portanto, para ele um milagre de equilíbrio entre os princípios (deixados à sombra) e a experiência (inapreensível), mas o resultado devia possuir uma consistência muito mais sólida que uns e outra. Num modelo bem construído, na verdade, cada detalhe deve estar condicionado aos demais, para que tudo se mantenha com absoluta coerência, como num mecanismo em que, parando uma engrenagem, todo o conjunto para. O modelo é por definição aquele em que não há nada a modificar, aquele que funciona com perfeição; ao passo que a realidade, vemos bem que ela não funciona e que se esfrangalha por todos os lados; portanto, resta apenas obrigá-la a adquirir a forma do modelo, por bem ou por mal. (CALVINO, 1994 p. 68).

Leio o *pretexto*. Releio de novo o *pré-texto*. Afloram muitas sugestões para reescrever com minhas colegas um *neotexto*. Busco transições. Busco novas leituras. Fantasio quais sejam as contribuições das ilhas Beta e Gama. Combinamos que as novas trazidas sejam individuais. Convenço-me que o *pretexto* é velho. Há que propor um *neotexto*.

### 3. MARES SE CONHECE NAVEGANDO: O MÉTODO CIENTÍFICO

Embalando propósitos, os autores envolvidos nesse capítulo do dossiê buscam revisitar o texto “*Sobre os prováveis modelos de átomos*” e discutir à luz da alfabetização científica e a formação de professores na área do ensino de Ciências da Natureza, a partir de uma reflexão crítica, que parece estar bem ali onde termina o arco-íris.

Nesse sentido, tomando como base essas compreensões, empreendemos uma pesquisa de natureza qualitativa do tipo exploratória, que procura privilegiar uma abordagem bibliográfica, no intuito de alcançarmos o objetivo dessa proposta.

Minayo (1993) considera que o método orienta o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade. Desse modo, é de suma importância a revisão da literatura em projetos e trabalhos científicos, de forma que deve ser consistente e reflexiva a luz de referenciais norteadores.

Encaramos essa investigação como oportunidade e como instrumento de transformação da sociedade, pois a partir de pesquisas dessa natureza e através de uma educação crítica, teremos subsídios para instrumentalizar os sujeitos, de forma que estes

possam alcançar uma prática social crítica e transformadora. Isso quer dizer que, numa sociedade completamente desigual, é necessário que os sujeitos possam ter a oportunidade de se apropriar de conhecimentos, ideias, valores, e atitudes de forma crítica e reflexiva, para que tenham condições de atuar na sociedade sob a perspectiva de transformação (TOZONI-REIS, 2009).

Inicialmente, foi realizada uma releitura do texto “Sobre prováveis modelos de átomos” (CHASSOT, 1996). A leitura foi feita no intuito de realizar uma reflexão crítica sobre a formação docente, relacionada aos prováveis modelos e à alfabetização científica no contexto atual.

A escolha e o desenvolvimento do estudo do texto foram realizados nos encontros de orientação, onde os autores, a partir da própria experiência, fizeram uma relação com a prática docente em suas respectivas realidades. Cada um dos autores, ofereceu uma proposta temática acerca do objeto de análise inicial, para contribuir com as discussões do artigo, a partir da ideia central do texto, juntamente com outros autores que auxiliaram e embasaram essa proposta.

Para isso foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre os temas “descoberta de novas partículas”, “formação de professores”, “alfabetização científica” em buscadores como Google Acadêmico, e partindo dessas leituras, buscamos conhecer, discutir e atualizar os prováveis modelos de átomos discutidos há 25 anos. Nesse movimento também foram emergindo novas discussões a respeito da formação de professores à luz da alfabetização científica, as quais estão apresentadas a seguir.

#### **4. EM BUSCA DE RESPOSTAS DOS PROVÁVEIS MODELOS: NAVEGANDO EM MARES DO CONHECIMENTO**

Mesmo que antes deste pretexto eu tenha feito uma tese doutoral; já aposentado na UFRGS, enquanto um professor de Química, que eu me dizia ser. Eu, agora cada vez mais, **não** me sinto mais um professor de Química, algo que há um tempo era um dos meus orgulhos. Hoje, se tivesse que me definir, eu diria que eu sou um *Professor de Ciências da Natureza*. Quase gostaria que se dissesse que eu sou *mestre escola* que leciona Ciências... não me perguntem se sou professor de Física ou de Química ou de Biologia. Sou um professor de Ciências, e é este que quer conversar agora sobre *modelos*.

Não foi sem razão que acima transcrevi um excerto de um dos significativos textos que Ítalo Calvino ameahou no último livro que escreveu: Palomar. Leiamos, para iniciar nossa conversação, o que o Sr. Palomar diz sobre modelo. Concordamos com a *primeira*

*exigência*: construir um modelo na mente, o mais perfeito, lógico, geométrico possível; aderimos *a segunda colocação*: verificar se tal modelo se adapta aos casos práticos observáveis na experiência; e, quanto, *a terceira etapa*: proceder às correções necessárias para que modelo e realidade coincidam. Parece que há que discordar! Por quê? *O modelo nunca se igualará a realidade*. Pois se tal acontecesse ***não existiria mais modelo, só existiria a realidade***.

É preciso ratificar, aqui e agora, que o modelo é sempre uma idealização da realidade. Trago um exemplo da Física até para evitar, cada vez mais, uma fala exclusivamente química.

Antes de trazer o exemplo da Física, eu gostaria de lateralmente insistir com algo que é muito importante: ***não existe nenhum fenômeno apenas químico ou apenas físico; muito mais ainda não existe um fenômeno apenas biológico***. Não é sem razão que nós falamos em bioquímica! Quando até deveríamos, por exemplo, falar em físicobioquímica. É claro que essa físicobioquímica pode envolver Matemática e também conhecimentos de Geografia, de História, de Filosofia, de Economia... uma Ciência generalista que me faz um professor que busca cada vez mais fazer uma alfabetização científica.

*Essa alfabetização científica é, em realidade, uma assemblage de diferentes alfabetizações*. Podemos falar em alfabetização matemática, alfabetização física, alfabetização química, alfabetização biológica, alfabetização astronômica, alfabetização geológica... enfim, há mais de uma dezena de alfabetizações que concorrem nessa assemblage para formação de um cidadão e de uma cidadã cada vez mais críticos. Essa assemblage tem um requisito nestes novos tempos, chamado de *alfabetização digital*. Nesta alfabetização digital nos precedem, numa relação inversa (que nem o telescópio do Sr. Palomar) uma alfabetização digital, como aquela praticada pelos nativos digitais e nós outros, que somos migrantes digitais, temos que colocar *essa alfabetização científica* (repito assemblage de diferentes alfabetizações) *sempre tendo como pré-requisito a alfabetização digital*.

Poderia ainda, aqui e agora, ampliar uma dimensão social como: *converter* extenso grupo *de alienígenas digitais* em *migrantes digitais*. Isso, é no mínimo uma questão moral. Tal necessária e exigente demanda, mereceria um novo texto.

Depois desta extensa e desafiada divagação lateral, trago anunciado acerca de modelos na Física. Início esse meu comentário, quase final da minha contribuição desse texto falando de modelos, agora de situações em sala de aula, em diferentes níveis de escolarização.

Recordo quando eu era professor Instituto de Química da UFRGS, lecionava a cada semestre para cerca de duas a três turmas de Química Geral1 (QUI 101) dos cursos de Química, Farmácia e Engenharia química. Era a primeira disciplina de Química na formação de graduação desses três cursos. Para os alunos, tudo era novidade. O cenário era algo conquistado por méritos: estar ingressando em uma universidade pública federal, em cursos de ingresso muito disputados. Eu usualmente os recebia com uma pergunta: *quem poderia me dar um exemplo de um gás ideal?* As respostas eram as mais variadas Hélio, Hidrogênio, Gás Carbônico, Neônio, Metano, Propano etc.

Eu não recorro nenhuma situação que alguém dissesse a resposta que eu mais esperava: *gás ideal não existe*, ou melhor ainda, *gás ideal não existe porque tal é uma ficção*. E aí começava, de maneira usual, uma excelente discussão acerca do que é um modelo e como se pode caracterizar o quanto um gás real é mais ou menos aproximado do modelo de gás ideal.

Eis características do modelo ideal (ou ficcional) de um gás: **A) num gás ideal o volume é desprezível; B) num gás ideal não há forças de atração ou de repulsão intermoleculares**. Então discutíamos e chegávamos a equação geral dos gases ideais. Depois se mostrava o quanto os gases reais se aproximavam (ou se afastavam), mais ou menos do modelo ideal, por exemplo, comparando hidrogênio ao gás carbônico ou ao metano ou propano, gases que eles conheciam, mas não faziam essa relação de aproximação ou afastamento de um modelo. Talvez isso seja o mais significativo e quando se chegava a deduzir quais descritores traduziam maior ou menor comportamento ideal.

Era facilitador lembrar de alguns exemplos do cotidiano: recordem, quando vocês eram crianças e visitavam os avós, qual o comportamento (ideal) esperados pelos pais? se esperava que vocês chegassem se comportassem da maneira mais próxima de um ideal explicitado pelos pais... e com isso os pais consideravam que vocês tinham um comportamento (quase) ideal. Cumprimentar os avós; perguntar por sua saúde; conhecer sua postura política; saber da novela... Era provável que vocês se comportassem mais ou menos com aproximação de um modelo ideal: *ser bem comportado idealmente e ser comportado realmente*. Qual é a diferença? Vamos fazer essa mesma comparação para diferentes gases.

Todos milhares de gases que existem têm um comportamento genérico. Expresso por uma equação geral dos gases (que relaciona Pressão/Volume/ Temperatura  $PV=RT$ ). Todavia, existem semelhanças e dissemelhanças significativas em cada um dos gases. Sim! há aqueles muito bem comportados (que se aproximam da equação genérica:  $PV=RT$ ) e há os muito mal comportados que se distanciam da equação genérica:  $PV=RT$ , assim como

há netos bem ou mal comportados. Vamos ver alguns gases e inferir o quanto a equação genérica  $PV=RT$  serve mais ou menos para determinado gás.

Para facilitação, vamos considerar apenas os dois descritores A) e B) que estão no segundo parágrafo. Vale relê-los. Vamos fazer ligeiros ensaios comparativos entre algumas duplas de dois gases. A pergunta é sempre a mesma: qual o componente da dupla que mais se aproxima do gás ideal?

**H<sub>2</sub> e HCl.** Muito fácil. Quanto ao descritor A) o HCl tem um volume muito maior, as massas moleculares relativas são 2 e 36,5.

Quanto ao descritor B) também é flagrante o gás H<sub>2</sub> ser mais comportado. No gás hidrogênio a molécula é apolar, já o HCl é uma molécula polar, o H tem uma porção mais positiva, e o Cl é uma porção mais negativa. Logo é visível a existência de atrações intermoleculares, conspirando contra a idealidade.

**Hélio e Neônio:** Muito fácil, também. Quanto ao descritor A) o volume de uma molécula de Neônio é muito maior que a molécula de Hélio. Quanto ao descritor B), em se tratando de duas moléculas apolares este descritor, muito provavelmente conspira muito menos para a idealidade.

**Metano e Butano:** Muito fácil, também. Quanto ao descritor A) o volume de uma molécula de Metano que tem cinco átomos é muito menor que a molécula de Butano que tem doze átomos. Quanto ao descritor B), em se tratando de duas moléculas apolares este descritor, muito provavelmente conspira muito menos para a idealidade.

**Amônia e Fosfina** a molécula de PH<sub>3</sub> é maior que a molécula de NH<sub>3</sub>. Logo, quanto ao descritor A, a Amônia se aproxima mais do modelo ideal em relação à fosfina. Quanto ao descritor B), em se tratando de duas moléculas apolares este descritor, muito provavelmente influencia menos para uma aproximação com a equação genérica.

Ainda aqui, caberiam comentários de duas dimensões quanto ao uso de modelos. A situação tem a ver com: se pode transformar a equação genérica de um gás ideal e determinar um coeficiente R e com isso fazê-la específica para cada um dos gases reais:  **$PV=RT$** . Outra situação seria mostrar o quanto na Física Geral básica nos diferentes graus da escolarização, pois trabalhamos com modelos ideais ao nos referirmos a situações como: *admita o corpo A deslocando sem atrito* e muitas outras referências similares. Estas duas dimensões muito importantes não se ampliam aqui, por restrições da extensão do texto.

Para não dizer que eu não falei de modelos na área da Química, comento algo de nosso pretexto sob degustação. Parece mais significativo comentar *menos* o que nosso

pré-texto: “Sobre prováveis modelos de átomos” apresenta e *mais* o que colocaria num neotexto. Por tal, faço dois destaques, ainda muito atuais um quarto de século depois.

Parece capital a discussão acerca de prováveis resposta ao interrogante basilar do texto: “Qual o modelo de átomo que devo ensinar? Destaco que: construir modelos, isto é, imaginar átomos, moléculas, reações — imaginar é fazer imagens — tem limitações e exigências que transcendem as interações mais usuais em nosso cotidiano. Isto está também explicitado nos excertos acerca da Física e da Biologia.

A instigante novela de Jostein Gaarder sobre a história da filosofia, *O mundo de Sofia* é uma sacação imbatível. Não podemos ignorar o quanto nossos prováveis modelos de átomos demandam prováveis modelos de moléculas (estéreo-químicas) diferentes. Os prováveis modelos de moléculas oportunizam prováveis modelos de reações. Talvez, seja válido destacar que uma significativa parcela de livros de Química (tanto da Educação Básica, quanto da formação superior) tem páginas acerca de prováveis (nem sempre destacados o quanto são prováveis) modelos de átomos, mas não referem uma linha sobre modelos de moléculas ou modelos de reações!

Para completar a terceira das três disciplinas básicas de Ciências da Natureza, trago comentários sobre o uso de modelo no ensino de Biologia. Mais uma vez eu vou me reportar a minha história, só que agora não é como professor e sim como aluno. Eu tive no curso científico (hoje ensino médio) um excelente professor de Biologia. Ele era, antes de mais nada, um competente ilustrador, desenhava células com giz colorido que me encantava. Mostrava o núcleo, a membrana citoplasmática e outras coisas mais... como ocorre a duplicação de uma célula etc. Porém os coloridos desenhos de uma célula tinham uma severa limitação: o modelo das células era *bidimensional*. Por exemplo, o núcleo era um círculo e não recordo que fossemos alertados jamais que esse núcleo não era um círculo como ele representava, mas era uma esfera tridimensional, ou falando em uma linguagem mais doméstica: *era uma bolinha que tinha no centro da célula*. Entretanto, como para mim não existia a bolinha e só existia o círculo, eu via apenas uma célula bidimensional e não tridimensional, como era a realidade.

Como consequência, qualquer tecido formado por células não era mais que *um filme laminar*, com a espessura da célula, ou seja, faltou apenas ele dizer que só se conseguia, então, desenhar em duas dimensões. No entanto, alertar que *devêssemos pensar tridimensionalmente, ou seja, esse círculo aqui não é um círculo é uma esfera, ou seja, os tecidos não eram todos de espessura filmica*.

Encerro, por ora a contribuição proveniente da ilha Alfa. Estou — e muito provavelmente todos os interrogantes leitores — prelibando as contribuições vindas das ilhas Beta e Gama. À leitura, que sabe ser sumarenta, pois!

A partir da ilha Beta reescrevo, o que Chassot sempre fala de uma frase atribuída a Newton, e concordo que “se consegui produzir, foi porque me apoiei na leitura de intelectuais das mais diversas estaturas” (CHASSOT, 2016 p. 5). Chassot já previa em 1996, assim como outros cientistas, que um quarto de século depois, a ciência encontraria um novo mistério ao explorar os átomos.

Ao longo do século 20, a hipótese atômica foi demonstrada durante os primeiros 30 anos. Assim, outras partículas elementares foram sendo descobertas, a partir de novos estudos e evoluções tecnológicas que não existiam há 25 anos.

Com o passar dos anos novas complexidades a respeito das partículas foram surgindo. Um exemplo disso é que naquela época, o modelo atômico clássico, que estudamos na escola, incluía partículas subatômicas como elétrons, prótons e nêutrons. Ao longo do tempo a existência dessas partículas foi sendo considerada insuficiente para explicar novos fenômenos, como por exemplo, o caso de alguns elétrons apresentarem massa, enquanto outras partículas não.

Após o modelo clássico de átomo, a ciência foi tomando novos rumos. Surgiram partículas como os múons, os glúons, os hádrons, o bóson de Higgs e outros nomes, que, mesmo atualmente em meados de 2021, parecem não ser tão comuns, e quase não se ouve falar nas salas de aulas do ensino básico.

De acordo com Pimenta et al., (2013), o bóson de Higgs havia sido previsto por volta de 1964, pelo físico britânico Peter Higgs, mas somente em 2008 houve condições tecnológicas possíveis para buscar a partícula que representava a chave para explicar a origem de massa em outras partículas. Apenas em 2012 os cientistas da Organização Europeia para Investigação Nuclear (CERN) anunciaram e confirmaram a existência da partícula, através do Grande Colisor de Hádrons (LHC), aparelho acelerador de partículas, construído para recriar a mesma atmosfera do surgimento do universo, o “Big Bang”. Nele os Hádrons (partículas feitas de quarks) são acelerados para que se choquem uns com os outros, e com a ajuda do LHC, os cientistas já podem observar outras partículas mais leves do que os quarks, como os múons, que interagem no campo de Higgs.

Ao longo dos séculos, com o descobrimento da existência de outras partículas elementares, instáveis e difíceis de serem detectadas, foi dada a largada para provar a existência dessas partículas, mas essa busca ainda parece um labirinto sem fim.

Um exemplo dessa busca constante nos recorda o passado, por volta de 1936, quando a partícula chamada *múon*, altamente instável, e que não fazia parte de nenhum átomo, foi detectada. A partícula identificada decai rapidamente e passa a produzir um elétron (PIMENTEL, 2021).

Também há uma hipótese da existência de três famílias, a qual indica que elas se acoplam de forma idêntica às forças da natureza. O que nos faz recordar o que os filósofos gregos do século 6 a.C. acreditavam que as forças da natureza eram oriundas de quatro elementos e que esses formavam tudo que existia. Por conseguinte, a hipótese das três famílias de partículas tem sido testada em aceleradores de partículas desde o começo do século 21. Então, em abril de 2021, com a colaboração LHC do CERN, foi divulgada uma aparente violação dessa hipótese. O experimento observou o decaimento radioativo de quarks "bottom" (o quark mais leve da terceira família) em elétrons (da primeira família) ou múons (da segunda família).

De acordo com Pimentel

O múon foi o primeiro membro a ser descoberto, de uma segunda família de quarks e léptons praticamente idênticos aos que observamos no nosso dia a dia. A única diferença entre as duas famílias é que as partículas da segunda família são bem mais pesadas e instáveis, rapidamente desintegrando em partículas do nosso dia a dia. [...] existe uma terceira família, de partículas muito mais pesadas que as das duas primeiras famílias. Um exemplo, o tau, o "primo" do elétron e do múon, pesa cerca de 3.500 vezes mais que o elétron, e 17 vezes mais que o múon. (PIMENTEL, 2021, p. 1)

O experimento realizado pelo CERN intrigou os cientistas, e os resultados indicaram desvios de padrão no modelo padrão da física de partículas, isso quer dizer que, esse resultado pode indicar a possível existência de novas partículas ou interações fundamentais. Os cientistas estão em busca de comprovações mais específicas, a partir de novos experimentos. Esses experimentos buscam esclarecer futuramente a existência de novos efeitos físicos. Se isso acontecer, precisaremos atualizar, mais uma vez, nosso conhecimento sobre as partículas existentes no universo, as quais são capazes de constituir os prováveis átomos e modelos atômicos que conhecemos.

No entanto, o que tudo isso tem a ver com a formação de professores e a alfabetização científica? A ciência não é estática, é uma evolução de novas teorias científicas, modelos prováveis e conceitos de cada área do conhecimento.

Nesse caso, o que queremos salientar agora, partindo para a discussão sobre a formação docente, é que os conceitos e conhecimento sobre os átomos, apesar de estarem evoluindo desde os primórdios das ideias filosóficas até as comprovações científicas mais

atuais, o mesmo não ocorre, ou parece não sofrer atualização nas salas de aula do ensino médio, embora tanto tempo tenha se passado.

Estamos longe de querer formar pequenos cientistas, experts em átomos, moléculas, e partículas elementares. O que queremos dizer, caros leitores, é que alfabetizar cientificamente, não se trata apenas de conceituar os modelos clássicos de átomo e classificá-lo de acordo com as partículas que o constituem. De apenas descrever o funcionamento de cada célula do corpo humano, ou calcular posição, velocidade e aceleração de objetos. Para além disso, é necessário que haja uma preocupação com os conceitos históricos e filosóficos, além do conhecimento científico. É importante que haja um aprofundamento epistemológico para abordar essa dimensão conceitual, sem deixar de considerar o conhecimento contemporâneo da ciência.

Por experienciar ao longo de mais de uma década o meu ser professora, no ensino básico, observei inclusive até em minhas próprias práticas, que o estudo dos modelos atômicos, em alguns currículos do ensino médio, é abordado apenas de forma muito superficial no ensino de Química, as vezes no ensino de Física, e raramente no ensino de Biologia. Assim, são necessárias abordagens e discussões mais abrangentes, visto que as discussões a respeito desse tema são de suma importância para o conhecimento e a história do pensamento humano (ALVES; ALANIS; COSTA 2010).

Como dito anteriormente, é de suma importância que essas discussões sejam realizadas, considerando, principalmente, que precisamos nos qualificar enquanto formadores, explorar novas estratégias para uma formação docente mais sólida, pautada não apenas em conhecimentos de cunho teórico-científico-metodológicos, mas que também possam ser baseados em concepções epistemológicas, principalmente nas disciplinas das áreas de Ciências da Natureza (como a Química, Física e Biologia), as quais muitas vezes ainda são classificadas como ciências *hard*<sup>5</sup>, já as ciências humanas como ciências *soft*. Precisamos nos desvincular dessas amarras.

Nessa perspectiva, Silva e Chaves (2009) consideram necessário problematizar que algumas posturas e condutas adotadas na área de Educação em Ciências, ainda se encontram enraizadas em concepções que não aceitam qualquer elemento empírico como fonte de conhecimento. Concepções essas que legitimaram uma única forma de conhecimento válido e se opõem a tantas outras formas de conhecimento culturalmente válido.

---

<sup>5</sup> Para saber mais consultar: CHASSOT, A. I. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Rio de Janeiro, Revista brasileira de educação, n. 22, p. 89-100, jan./abr. 2003.

Compreende-se que essa forma de pensamento ainda encontra caminhos através de vivências, influências, e modelos de práticas que ainda persistem no interior dos cursos de formação docente. Por mais que isso nos cause espanto, o cultivo dessas práticas acaba influenciando na formação de muitos professores.

Como é possível, após tantos acontecimentos e evoluções a respeito do conhecimento de novas informações que chegam quase que diariamente, ainda nos deparamos com a hierarquização de conteúdos e formas fechadas de ensinar a ciência? É como se o mar tivesse uma única direção.

Chassot (2016) nos ajuda a compreender esse caminho no vasto mar do conhecimento, quando indica que façamos uma olhada na virada do século 19 para o 20, que sem dúvida foi um período muito significativo para o entendimento do universo. Devido, principalmente, a alguns acontecimentos que merecem destaque, como, por exemplo: a descoberta dos raios X, que representou um dos grandes feitos da inteligência humana, a descoberta dos elementos rádio e polônio, a descoberta da Lei da radiação térmica (*Lei de Planck da radiação*), a decolagem do primeiro voo da história, a Teoria da Relatividade Geral que revelou a equação mais famosa do mundo  $E = m.c^2$ , a descoberta dos quarks, entre outras tantas descobertas.

Com tudo isso, a revolução científica atingiu os campos da Química, Física, Biologia e demais ciências, pois a criação de novas máquinas e instrumentos revolucionaram o mundo das Ciências e da vida na terra. Todos esses feitos marcaram o século das certezas, e agora, observando a virada do século 20 para o 21, somos marcados pela explosão tecnológica, pela mudança dos nossos costumes, pela modernidade líquida, em que as certezas se transformaram em incertezas. Somos marcados pela era das probabilidades.

Será que conseguiremos acompanhar todas essas transições enquanto formadores? Como estamos exercitando nossos diálogos enquanto professores? Será que abandonamos de fato as nossas certezas e migramos para viver a era das incertezas? É necessária uma reflexão profunda sobre essas transformações, assim como uma reflexão crítica sobre nossas ações e práticas. Sendo assim, considero que a alfabetização científica, surge para auxiliar nossa jornada, nesse *continuum* de mudanças. Precisamos nos alfabetizar firmemente, em um constante e inevitável inacabamento, para atravessar de vez essas fronteiras.

Paulo Freire nos traz essa compreensão ao afirmar que “por isso é que na formação permanente dos professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática” (FREIRE, 2001, p.43).

Para continuar nessa reflexão, vamos fazer um exercício de observar o que temos vivenciado nos últimos anos? Parece que esse momento pandêmico em que vivemos, os alienígenas digitais são cada vez mais excluídos. Um exemplo disso é o ensino remoto. Isso pode ser observado claramente pela falta de conhecimento dos aplicativos e hardwares necessários para navegar no mundo digital, e o problema se agrava ainda mais quando há a impossibilidades de acesso à internet.

Hoje “vivemos num Brasil onde a linguagem digital é hegemônica e faz exclusões” (CHASSOT, 2021, p. 17), principalmente a exclusão dos analfabetos digitais. Nossa missão, enquanto formadores, é alfabetizar, e fazê-los migrantes para o mundo digital.

Encontramo-nos diante da responsabilidade e da necessidade de continuar formando professores para atuar no ensino básico e superior. São esses professores que formarão os alunos do futuro. Ambos precisarão enfrentar as mudanças aceleradas da sociedade, das tecnologias e das informações, sob circunstâncias que ainda estão por vir.

Concordam, queridos leitores, que ainda temos muitos desafios? Somos rodeados por preocupações que precisam ser avaliadas constantemente. Chassot prognostica se o artefato cultural “Escola” ainda subsistirá além da segunda década do Século 21. Se sobreviver, resistirá a provável uberização da profissão docente e a youtuberização do ensino?

Os aplicativos, como o Uber e assemelhados, trouxeram modificações (inicialmente nos meios de transportes) individuais tão exitosas que se ampliaram a outras profissões. Da mesma forma que posso chamar rapidamente um carro com motorista pelo aplicativo, uma rede de escola, que vende ensino, poderá chamar um professor para dar uma aula sobre eletrólise para uma turma do segundo ano de ensino de médio. Ou esse aluno poderá encontrar no Youtube uma muito didática e competente aula acerca de quaisquer conhecimentos ou assunto. Em qualquer nível, certamente, haverá aulas muito melhores que aquelas que os melhores professores, com expertise em determinados conhecimentos, ministram. (CHASSOT, 2020).

Desse modo, a partir das discussões apresentadas até aqui sobre as novas descobertas referentes às partículas, modelo atômico e como isso implica nas possíveis explicações de fenômenos naturais, sobre a virada dos séculos, as evoluções do mundo digital, e as transformações de certezas em incertezas, nos interessa ajustar as lentes da nossa luneta para avistar terras em diferentes universos de conhecimentos.

Por exemplo, você já parou para analisar que os povos tradicionais de todo o mundo, seja os indígenas, os gregos, ou os egípcios, sempre utilizaram as estrelas e constelações como bússola, ou na forma mais moderna, como um GPS, para orientação? E não apenas

isso, também utilizavam para a realização dos rituais, das plantações, entre outras atividades, quer dizer, mesmo sem o conhecimento científico e avanços da ciência, eles já dominavam as Ciências da Natureza muito antes de nós, e, para alguns céticos, ainda é preciso provar que esses conhecimentos e costumes têm fortes relações com a ciência.

Por isso, convidamos direto das ilhas Alfa Beta Gama (separadas geograficamente por mais de três mil quilômetros de distância, mas unidas por um propósito maior) cada leitor e/ou leitora desse texto para um mergulho no universo de conhecimentos que podem permitir, a partir de uma reflexão crítica, melhorar nossas ações e práticas enquanto docentes.

O intuito é abandonar as certezas encarniçadas nas verdades absolutas da ciência, e ampliar o olhar para outras realidades e visões do mundo, para que possamos perceber que não existe um modelo definitivamente concreto e ideal sobre determinados conceitos, mas prováveis conceitos, a partir da descoberta de novas ideias, conhecimentos, teorias e práticas. Reforçamos que é necessário e urgente alfabetizar cientificamente. Acreditemos nisso e façamos a nossa parte!

Depois de calorosas discussões, acrescento, aqui da ilha Gama, que nos interessou particularmente desenvolver essa pesquisa como uma iniciativa para poder refletir criticamente sobre a alfabetização científica, e como esta tem sido importante para formação de professores de todas as áreas das ciências.

A partir das discussões sobre as novas descobertas referentes às partículas e ao modelo atômico e como isso implica nas possíveis explicações de fenômenos naturais, convido, cada um leitor e/ou leitora desse texto, para um mergulho no universo de conhecimentos tradicionais indígenas e suas relações com a ciência. O intuito é de promover a ampliação do olhar para outras realidades e visões de mundo para que possamos perceber que não existe um modelo definitivamente concreto de um determinado conceito.

Primeiramente, é válido pontuar sobre as diferenças entre as etnias indígenas, como: a língua, a cultura, as crenças, assim como as cosmologias. Sobre a cosmologia indígena, temos literalmente um universo inteiro para tratarmos, que vai desde a origem do universo até as influências das constelações no cotidiano desses povos. Por terem modos diferentes de se relacionar e ler o universo, as explicações para os fenômenos naturais são diversas.

A partir das minhas leituras e vivências relacionadas aos indígenas Xikrin, entendo a cosmologia como as maneiras próprias que esse povo tem de perceber, interpretar, significar e se relacionar com o mundo, a partir de sua cultura. Aqui vale contar a concepção dos indígenas Xikrin do Katete, sobre a origem do seu povo na Terra. Eles contam que

viviam no céu e desceram por um buraco (buraco do tatu), passaram pelos rios Araguaia e Tocantins identificado como (buraco do cachorro) até surgirem na Terra e fecharem o buraco com capim. Vale ressaltar que cada etnia tem uma concepção diferente de cada coisa.

Observei, a partir de minhas experiências na aldeia, que a observação do céu é um modo de leitura que os indígenas realizam para perceber as melhores épocas ou dias para suas atividades culturais, como o plantio, a pesca, a caça etc. É a partir das posições das estrelas e fases da lua que eles fazem tais constatações.

Desse modo, sabendo que as crianças indígenas recebem os ensinamentos culturais através dos mais velhos, dentre eles, os de leitura do céu para compreensão de eventos, argumento se o ideal não seria que na escola, ao ser ensinado sobre a temática de Astronomia, o professor articulasse a relação do conteúdo com conhecimentos já adquiridos. Isso poderia, por exemplo, promover a alfabetização científica desses alunos.

Além disso, por que nas escolas de ensino formal não poderiam ser valorizados os conhecimentos dos povos indígenas? Utilizando suas concepções para explicar os fenômenos naturais. Pois, assim como Chassot (2016, p. 70) afirma, a alfabetização científica é “como o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem”.

Essa noção se refere tanto a povos indígenas quanto a segmentos da população nacional que desenvolveram modos particulares de existência, adaptados a nichos ecológicos específicos

Nesse sentido, Candau (2008) explica que

[...] não há educação que não esteja imersa nos processos culturais do contexto em que se situa. Não é possível conceber uma experiência pedagógica “desculturizada”, isto é, desvinculada totalmente das questões culturais da sociedade. Existe uma relação intrínseca entre educação e cultura(s). Estes universos estão profundamente entrelaçados e não podem ser analisados a não ser a partir de sua íntima articulação. (CANDAU, 2008 p.13).

Portanto, essa proposta de articular saberes com o intuito de provocar a valorização de diferentes tipos de conhecimentos, é também uma possibilidade para facilitar a aprendizagem dos alunos, seja na sala de aula ou fora dela. Quanto a isso, Barreiros (2006, p. 25) afirma que “uma didática intercultural dentro da escola permite a visualização da pluralidade de culturas, tornando-se um componente essencial no processo de ensino aprendizagem”.

Nesse sentido, Lorenzetti e Delizoicov (2001 p. 51) afirmam que a escola, por meio dos professores, deve planejar e promover estratégias para que os alunos consigam desenvolver competência de relacionar conceitos científicos básicos com as situações vivenciadas no cotidiano, assim “[...] desenvolvendo hábitos de uma pessoa cientificamente instruída”. Portanto, compreendemos que, a partir da fala dos autores, a promoção da alfabetização científica é um compromisso específico da escola.

Ainda para esses autores, o ensino de ciências não se resume a aprendizagem em grande quantidade de informações científicas, mas se faz necessário que o ensino se dê forma contextualizada, de maneira que os estudantes sejam aptos a identificar os significados que os conceitos científicos apresentam. Destacando que as práticas dos professores não oferecem essa conexão de conhecimentos, porém “[...] os educadores deveriam proporcionar aos alunos a visão de que a ciência é parte de seu mundo e não um conteúdo separado, dissociado da sua realidade” (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001, p. 7).

Para essa realização, onde a escola promove a alfabetização científica, através da relação dos conhecimentos que os alunos possuem com os conceitos científicos, faz-se necessário que, primeiramente, os professores sejam alfabetizados cientificamente, partindo do conhecimento da realidade em que a escola está inserida, apropriando-se da cultura local, para, assim, poder articular o ensino de ciências através de conhecimentos e vivências dos alunos na comunidade em que vivem, realizando, desta forma, um ensino de ciências com eficiência.

Chassot (2016) discute exatamente sobre isso quando fala sobre a origem dos conteúdos que são transmitidos nas escolas, transitando sobre os currículos escolares. Ele afirma que:

[...] usualmente professoras e professores não sabem quem selecionou determinados conteúdos nem por que estes fazem parte do currículo. Transmitem o que os outros selecionaram, com propósitos que às vezes desconhecem. (CHASSOT, 2016, p. 222).

É partindo desse princípio – de que o currículo escolar não considera o contexto social para o ensino – que a escola deve produzir seus conhecimentos, aproximando-se dos saberes da comunidade que ela está inserida, isso possibilitará tornar o ensino significativo.

Assim, caros leitores, caminhando para o fechamento dessa proposta, Ghedin (2002) nos justifica que o conhecimento só se estabelece a partir de uma relação entre a

prática e suas interpretações, ou seja, para ver o mundo, é necessário a reflexão crítica sobre a prática, de forma que as mudanças podem emergir a partir dessas reflexões.

Ansiamos por respostas. De que outra forma podemos alfabetizar cientificamente sem que haja um pensamento crítico e reflexivo? Começaremos primeiramente nos desatando dos nós das certezas sobre a existência de apenas um modelo ideal. O caminho a seguir é difícil, mas não é impossível. Para responder todas essas questões, anunciamos: Alfabetizar é preciso!

## 5. O IDEAL É NÃO PRECISAR INVENTAR UM MODELO

Um recado (quase) final: se não conseguir fazer modelos, lembre-se que tanto na Torá judaica como no Alcorão ordena que “...dele não farás imagens!”

## REFERÊNCIAS

ALVES, M. F. S.; ALANIS, D.; COSTA, L. G. Um mapa conceitual sobre a evolução do conceito do átomo: uma introdução à Física de partículas elementares para o Ensino Médio. Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, 2., n. 91, 2010, Paraná. **Anais** [...] Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2010.

BARREIROS, C. H. Da didática fundamental à didática intercultural: percurso de uma pesquisadora de campo. In: CANDAU, V. M. **Educação Intercultural e Cotidiano Escolar**. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2006.

CALVINO Ítalo. **Palomar**. Título original Italiano: Palomar. Tradução: Ivo Barroso. São Paulo: Companhia das Letras, 1994, 120 p; ISBN: 978-85-716-4409-0.

CANDAU, V. M. Multiculturalismo e educação: desafios para a prática pedagógica. In: MOREIRA, A. F; CANDAU, V. M.(Org.) **Multiculturalismo: Diferenças Culturais e Práticas Pedagógicas**. 2ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. Cap. 1, p. 13.

CHASSOT, A. I. Sobre prováveis modelos de átomos. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 1, 1996.

CHASSOT, A. I. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 7. ed. Ijuí: Unijuí, 2016.

CHASSOT. A. I. **Das disciplinas à indisciplina**. Curitiba: Appris, 239 p. 2016.

CHASSOT, A. I. Um autor falando acerca dos seus livros [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por achassot@gmail.com em 14 out. 2020.

CHASSOT, A. I. Alfabetização Científica: uma questão moral. Prefácio. In: DREHMER-MARQUES, K. C.; MARQUES, J. F. Z.; RODRIGUES-MOURA, S. (Org.). **Iniciação Científica em Ciências da Natureza na Educação Básica Abordagens, Teorias e Práticas**. 1. ed. Cruz Alta: Ilustração, v. I, 2021. p. 15-23.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2001.

GHEDIN, E. Professor reflexivo: da alienação da técnica à autonomia crítica. In: PIMENTA, Selma Garrido; GHEDIN, Evandro (Orgs.). **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002. p. 129-150.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, 2001.

MINAYO, M.C. **O desafio do conhecimento pesquisa qualitativa em saúde**. 2. ed. São Paulo HUCITEC/ABRASCO, 1993.

PIMENTA, J. J. M.; BELUSSI, L. F. B.; NATTI, E. R. T.; NATTI, P. L. O bóson de Higgs. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 1-14, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n2/06.pdf>. Acesso em: 19, abr. 2021.

PIMENTEL, G. **Ciência encontra um novo mistério ao explorar a fundo nossos átomos**. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/colunas/para-onde-o-mundovai/2021/04/06/uma-nova-dica-da-natureza-o-misterio-das-familias-departiculas.htm>. Acesso em 06, abr. 2021.

SILVA, P. S. A. da; CHAVES, S. N. Epistemologia, ética e política na formação de professores de Ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.11, n.02, p.259-276, jul./dez. 2009.

TOZONI-REIS, M. F. de C. **Metodologia da pesquisa**, UFSC, 2. ed. 2009.