



## TRANSVERSALIZANDO UMA CONTROVÉRSIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS: FORMAÇÃO DISCURSIVA AFRRREFERENCIADA

*Adamo Devi Cuchedza<sup>1</sup>*

*Roberth De-Carvalho<sup>2</sup>*

**Resumo:** Significar socioculturalmente conteúdos científicos e tecnológicos nos currículos da Educação Básica requer um trabalho de mobilização pedagógica em plena dialogicidade. Essa mobilização é proposta neste artigo para o Ensino Médio, por condições de produção afrorreferenciada, transversalizando o tema da Supercondutividade para ensinar Física potencializada pela linguagem Matemática. Para tanto, no interdiscurso de comunidades onde vivem os estudantes, pela Análise de Discurso de linha franco-brasileira, buscamos apreender sentidos, saberes e significados de inovações tecnocientíficas, aplicando a metodologia colombiana de investigação-ação-participativa (IAP), de Orlando Fals-Borda (1925-2008), para formar discursos afrorreferenciados com os estudantes, dadas as implicações socioculturais sobre produtos de inovações em contraponto étnico-racial entre pessoas que os produzem e que os consomem.

**Palavras-Chave:** formação discursiva; inovação tecnocientífica; controvérsia; discurso afrorreferenciado; investigação-ação-participativa

### MAINSTREAMING A CONTROVERSY IN SCIENCE TEACHING: AFRO-REFERENCED DISCURSIVE FORMATION

---

<sup>1</sup> Mestre em Educação Matemática pela Universidade Pedagógica de Moçambique. Professor efetivo da Universidade Pedagógica, Maputo, Moçambique. Membro pesquisador do Grupo de Estudos Contemporâneos e Educação Matemática (GECM; <https://gecem.ufsc.br/>), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil. E-mail: [acuchedza@gmail.com](mailto:acuchedza@gmail.com)

<sup>2</sup> Mestre em Educação pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Assistente em Administração e Professor Orientador em Cursos de Pós-Graduação do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Brasil. Membro pesquisador dos grupos: Discursos da Ciência e da Tecnologia na Educação (DiCiTE; <https://dicite.paginas.ufsc.br/>) e Literaciências (<https://www.facebook.com/literaciencias.ppgectufsc.7>), ambos vinculados ao PPGECT/UFSC, Brasil. E-mail: [orientador.roberth@gmail.com](mailto:orientador.roberth@gmail.com)



**Abstract:** To mean sociocultural scientific and technological contents in curriculum of Basic Education aims an attention about pedagogical mobilization in full dialogicity. This mobilization is proposed in this paper in High School, from Afro referenced production conditions, mainstreaming the Superconductivity theme for Physics teaching empowered for the Math language. Therefore, from the interdiscourse of Communities where live the school youngs, by *Analyze of Discourse* of French-Brazilian theory, we seek to apprehend senses, knowledges and meanings about technoscientific innovations, applying the Colombian methodology of *participatory-action-research* (PAR), by Orlando Fals-Borda (1925-2008), to making Afro referenced discourses with the students, given the sociocultural conditions about innovation products in ethnic-racial counterpoint among people who produce them and who consume them.

**Key-words:** discursive formation; technoscientific innovation; controversy; Afro referenced discourse; participatory-action-research

### **TRANSVERSALIZANDO UNA CONTROVERSIA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: FORMACIÓN DISCURSIVA AFROREFERENCIADA**

**Resumen:** Para la significación sociocultural de contenidos científicos y tecnológicos por lo currículum de la Educación Básica es requerido un trabajo de movilización pedagógica en plena dialogicidad. Esa movilización es propuesta en este artículo para la escuela secundaria, por condiciones de producción Afroreferenciada, donde se transversaliza el tema Superconductividad para enseñar Física facultada por la lenguaje Matemática. Así, en lo interdiscurso de comunidades donde viven los estudiantes, tomado por la Análisis de Discurso de línea franco-brasileña, buscamos aprehender sentidos, saberes y significados de innovaciones tecnocientíficas, aplicando la metodología Colombiana de *investigación-acción-participativa* (IAP), de Orlando Fals-Borda (1925-2008), para formar discursos afro-referenciados con los estudiantes, dadas las implicaciones socioculturales sobre productos de innovación en contrapunto étnico-racial entre las personas que los producen y que los consumen.

**Palabras-clave:** formación discursiva; innovación tecnocientífica; controversia; discurso afro-referenciado; investigación-acción-participativa

### **TRANSVERSALISATION UNE CONTROVERSE DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES: FORMATION AFRO-RÉFÉRENCÉES DISCURSIVE**

**Résumé:** La signification socioculturelle du contenu scientifique et technologique dans les programmes de l'éducation de base nécessite un travail de mobilisation pédagogique en pleine dialogicité. Cette mobilisation est proposée au niveau interdisciplinaire au lycée, par des conditions de production afro-référencées pour la transversalisation du thème de la Supraconductivité, afin d'enseigner la Physique enrichie par le langage



Mathématique. Ainsi, dans l'interdiscours des communautés que vivent les étudiants, pris par l'*Analyse du Discours* de la lignée Franco-brésilienne, nous cherchons à appréhender les sens, les connaissances et les significations des innovations technoscientifiques, nous appliquons la méthodologie Colombienne de *recherche-action-participative (RAP)*, d'Orlando Fals-Borda (1925-2008), pour former des discours Afro-référencés comme étudiants, compte tenu des conditions socioculturelles sur les produits d'innovation en contrepoint ethno-racial entre les personnes qui les produisent et qui les consomme.

**Mots-clés:** formation discursive; innovation technoscientifique; controverse; discours Afro-référencé; recherche-action-participative

### INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Significar socioculturalmente conteúdos científicos e tecnológicos nos currículos da Educação Básica requer um trabalho de mobilização docente-educativo que promova a plena dialogicidade do processo pedagógico. Compreendemos essa mobilização em nível de *interdiscurso* ou *memória discursiva* (ORLANDI, 2017; 2015; 2012), tomando a historicidade no repertório de linguagens de estudantes, dadas as condições de produção para um planejamento transversalizado, quanto: (a) aos discursos contingenciais de cunho sócio-político e econômico; (b) aos conteúdos curriculares de Física Moderna e Contemporânea (FMC) para o Ensino Médio; e, (c) à linguagem Matemática (de)codificando o dizível (interdiscurso, memória). Tudo sustentado pela leitura e pela escrita no ensino de ciências (GIRALDI, 2010). Esse é um dos objetivos deste artigo, ao promover a constituição e a (re)formulação de discursos de ciência e tecnologia para sociedades subalternizadas (CTS), ou seja, uma Educação CTS em perspectiva discursiva (CASSIANI; VON LINSINGEN, 2010).

Com esse objetivo inicial, nossa abordagem se processa por uma controvérsia tecnocientífica, aliando relações intrínsecas e extrínsecas ao processo simultâneo de produção de conhecimentos científicos e tecnológicos, pelo caminho da investigação e da ação, ambas coordenadas em uma proposta de trabalho para a escola pública, para ensinar ciências.



Um esforço de inserção destes estudos em salas de aula de ciências, mesmo considerando as limitações que o ensino formal possa impor a este tipo de prática, pode significar alguns avanços na busca da construção de uma visão diferenciada de C&T por parte dos estudantes. Uma abordagem das controvérsias, mesmo que numa perspectiva mais internalista pode ajudar a problematizar ideias de neutralidade, objetividade e imutabilidade dos conhecimentos científicos, tão presentes nas concepções de estudantes acerca de conhecimentos técnicos e científicos (Castelfranchi et al., 2002) (BRASIL; SILVA, 2007, p. 3).

Importante situar, também, que entendemos a categorização da tecnociência pela perspectiva de Von Linsingen (2007), ao considerarmos o termo não somente como uma composição justaposta das palavras ciência e tecnologia, mas por condições de produção que se forjam em meio a tensões negociais de relações de poder, de exercício democrático, de alcance da justiça, de protagonismo sociocultural, de historicidade regional contida na linguagem (formação discursiva). Ou seja, como uma variável do espaço-tempo que se reitera também no âmbito escolar, para ensinar ciências.

E, o espaço-tempo curricular dessa proposta é tomado a partir de realidades latino-americanas e africanas, ou seja, o Sul global - pela potência epistemológica de nossas pertencas socioculturais e tecnocientíficas -, e das quais levantamos o seguinte problema: Como promover a formação discursiva de estudantes do Ensino Médio no Sul global a partir da controvérsia da extração de jazidas minerais para a inovação de materiais supercondutores?

Por essa problemática, situar um *tema gerador* (FREIRE, 2017) no Ensino Médio, provindo da FMC e mobilizado por repertórios de linguagem Matemática, nos impôs um pensamento em nível microcurricular para além do conteúdo. Mas, sobretudo atentos às possibilidades de uma transversalização em plena interlocução com múltiplas realidades socioculturais de estudantes da escola básica. Para uma re-subjetivação tecnocientífica, dado o encargo sociocultural que implicamos à produção de conhecimentos, ao considerarmos o fator eminentemente humano, imaginativo e criador de ciência e tecnologia (C&T). Para tanto, tensionamos: A quem endereçam os produtos de inovações em C&T? Quais pessoas são diretamente afetadas pelo trabalho de extração desses minerais? Como e onde vivem? Qual seu nível de acesso à formação escolar pública? Têm suprido suas necessidades básicas com o resultado desse trabalho? Têm



participado democraticamente das decisões no processo de inovação tecnocientífica? Têm usufruído dos produtos dessa inovação?

Tais questionamentos, em uma proposição de transversalidade discursiva, deveriam perpassar quaisquer conteúdos no ensino de Física e de Matemática, ou melhor, de todas as ciências ensinadas na escola. Selecionados pelos e negociados com estudantes de escola pública, esses conteúdos requerem plena dialogicidade para inteligirem as múltiplas facetas das relações CTS, conferindo, assim, um protagonismo epistêmico privilegiado à letra *S* desse acrônimo, à qual buscamos produzir sentidos como: sociedades justas, socioculturalmente afrorrefenciadas, e democraticamente plurais em todas as etapas do processo de produção de conhecimentos em C&T. Assim, esperamos que as aprendizagens desses/as estudantes se conduzam por uma descolonização do fazer científico, este que historicamente se tem constituído em neutralidade, em um processo de des-subjetivação (MALDONADO-TORRES, 2007) da pluralidade social, afetando a práxis da escola básica.

Isso tem silenciado discursos outros no ensino de Ciências, dados aspectos da conjuntura social que se reiteram na cultura de economias liberais, como: expropriação de propriedades originárias; escravização moderna de pessoas negras (africanas; afrodescendentes) e indígenas em subempregos, em funções subalternizadas/marginalizadas nas sociedades, cerceadas de direitos e garantias mais amplas; genocídios, eugenias e massacres no processo de exploração; trabalho degradante e subumano; não-alcance de políticas de desenvolvimento C&T para comunidades em áreas de exploração; silenciamento político por conflitos internos de países que possuem solo rico em jazidas minerais (*coltán* - columbita e tantalita; *nióbio*); ausência de uma agenda ambiental no extrativismo mineral; não existência de políticas públicas específicas para comunidades afetadas em áreas de jazidas; não repartição de *royalties* com essas pessoas. Ante tais aspectos, propomos aprendizagens por uma *formação discursiva* que, via de regra, “(...) se define como aquilo que numa formação ideológica dada - ou seja, a partir de uma posição dada em uma conjuntura sócio-histórica dada - determina o que pode e deve ser dito” (ORLANDI, 2015, p. 43).



Para tanto, o poder e o dever em torno de dizeres de estudantes se afirmarão a partir da etapa de participação social dos resultados, de sua divulgação à comunidade focal no trabalho coordenado e em coautoria. Dessa forma, propusemos o ciclo pedagógico em três etapas: pela *investigação* da problemática; pela *ação* acadêmica necessária em busca de outras perguntas e respostas socioculturais para a produção de C&T; e, por fim, pela *participação social* democrática, por outros caminhos encontrados nessa formação discursiva, dada a relevância tecnocientífica da Supercondutividade para o ambiente sociocultural e econômico dessas comunidades. Esse ciclo pedagógico está pautado na metodologia de *investigação-ação-participativa* (IAP), do sociólogo colombiano Orlando Fals-Borda (2009), na qual “es central la creencia de que cada persona y comunidad poseen un conocimiento propio que debe ser considerado un elemento clave en el diseño de cualquier proyecto de investigación o trabajo político” (MATO, 2014, p. 258). E, dessa forma “(...) la articulación de los saberes expertos y saberes locales resulta en una sinergia productiva” (ibid.).

Assim, subdividimos este artigo em três momentos principais, em que: situamos a história do problema da inovação tecnocientífica na América do Sul e na África, por um viés controversial; dimensionamos um conteúdo-focal de FMC; e, estabelecemos os caminhos metodológicos para a formação discursiva de estudantes da Educação Básica, via sequenciamento didático.

### **CONTROVÉRSIA DESLOCADA EM SENTIDO DE INOVAÇÃO TECNOCIENTÍFICA**

Primeiramente, é importante situar a perspectiva crítica da controvérsia tecnocientífica que levantamos nesta proposta de trabalho. Entendemos que a mesma emerge de inter-relações da práxis epistemológica, por campos/áreas institucionalizados que tensionam conhecimentos, sentidos, saberes e significados socioculturais subalternizados historicamente, colapsando a agenda de justiça étnico-raciais, socioeconômicas e políticas, assim como da própria autoria tecnocientífica. Ou melhor, é



um deslocamento semântico da práxis por processos/produtos de inovações em C&T que alijaram historicamente *discursos* (ORLANDI, 2012) e *quefazeres* (FREIRE, 1999; 2017) de sociedades ex-colônias. Efeito colonial sobre a ontologia de uma diversidade de protagonismos do ser-existir e da relação com o meio, dados os efeitos de colonialidade (MALDONADO-TORRES, 2007; WALSH, 2009) que se perpetuam em nosso espaço-tempo. Tal deslocamento se inscreve no campo identitário do liberalismo econômico, constituído em *mais-valia ideológica* (SILVA, 2017), inferindo sobre os currículos da Educação Básica. Categorização essa de mais-valia que ocupa a

(...) zona mais altamente conflitiva da sociedade industrial avançada: a ideologia, na qual ocorre a efetiva exploração do homem pelo homem, a alienação ideológica, que mais parece hoje chamar-se exploração do homem enquanto tal, enquanto possuidor de uma consciência e, sobretudo, de uma inconsciência. Ali, na consciência de cada um, reside hoje, especialmente, o negócio capitalista. (SILVA, 2017, p. 88)

(...) se pensarmos em Marx (1844) e a questão da ‘alienação’, sabemos que ‘A alienação desenvolve-se quando o indivíduo não consegue discernir e reconhecer o conteúdo e o efeito de sua ação interventiva nas formas sociais’ (ORLANDI, 2017, p. 141).

Por essa abordagem em forma-conteúdo de uma controvérsia tecnocientífica, reiteramos que

(...) é ‘ideologia’ precisamente porque é *social*, é uma linguagem, é um elemento que, ainda que esteja concretizado nos indivíduos (pois não se trata de uma vaga identidade ideal separada da história humana), representa a sociedade neles; reproduz no interior de cada indivíduo as relações de produção materiais que ocorrem num determinado modo de produção (SILVA, *ibid.*, p. 173-174).

Atentos ao campo da educação científica e tecnológica, chamamos atenção para tais silenciamentos - o não-dito - na *linguagem de classe* (FREIRE, 2011), pelo ambiente da escola pública. Tensionada, essa linguagem tende a reproduzir formas-conteúdos de verdades normalizadoras e universalizantes no âmbito de relações socioculturais de gênero, de cor, de expressões étnico-raciais, de sexo/sexualidade, de comportamentos e de sociabilidades neoliberais, atribuindo à inovação tecnocientífica um sentido



civilizatório, homocêntrico, salvacionista, relativamente à linguagem de classe hegemônica. Assim, a naturalização de pensamentos como: *quanto mais desenvolvido, mais tecnológico*, ou, *quanto maior desenvolvimento científico, maior progresso tecnológico*, ou vice-versa, produz um imaginário dominante sobre conhecimentos de C&T que recai na escola básica. Semânticas mercadológicas sobre desenvolvimento, progresso, tecnologia, ciência, tudo

Permanece na mesma formação discursiva. O que nos leva a concluir que o efeito de pré-construído se consuma e mais uma vez o que se evita falar é sobre o povo, é sobre o pobre, porque estes sim são lugares de litígio, de mobilização social, do não estabilizado, daquilo que, sujeito a equívoco, seria uma possibilidade real de ruptura da estrutura, da divisão social. Que sempre é adiada (ORLANDI, 2017, p. 142).

Ponderando por outra perspectiva, compreendemos que todo acúmulo histórico em C&T, tanto na autoria de sociedades colonizadoras quanto de colonizadas, foi e tem sido geradora de relativa qualidade e expectativa de vida, segurança, conforto, rapidez, comunicação, cura de doenças, como respostas satisfatórias a perguntas, via de regra, instigantes em quaisquer dessas sociedades e culturas. E, disso não caberia retrocesso (SANTOS, 2019). No entanto, ao considerarmos como a produção de sentidos, em termos de inovação tecnocientífica, tem conduzido o funcionamento de relações de dominação social, desde os insumos de produção até o mercado, cabe um olhar sensível e atento do ensino de ciências. Nesse sentido, professores/as e estudantes em aulas de ciências precisam questionar/discutir junto às comunidades aspectos como: O que é tecnociência? Como se processa/produz tecnociência? Qual o nível de alteridade na tecnociência que consumimos? O conteúdo tecnocientífico em transposição nas aulas responde a quais objetivos da ciência aplicada? A quem importa o jogo de poderes envolvidos em conteúdos de inovações tecnocientíficas? Há igualdade de acesso ao produto final dessas inovações? Quais políticas nacionais têm defendido a agenda ambiental na exploração desses insumos? Quem são as pessoas autoras e investidoras de uma dada inovação? A



quem dão respostas? Quem trabalha para tornar possível uma inovação? Seus direitos têm sido levados em consideração nesse processo?

Por esse jogo retórico, chamamos atenção para a Amnesty International (Anistia Internacional. Disponível em: <https://www.amnesty.org/en/who-we-are/>) que tem o objetivo de garantir o alcance universal de direitos humanos a todas as populações do planeta. Em uma publicação intitulada: *Democratic Republic of Congo: Government must deliver on pledge to end child mining labour by 2025*, denuncia o trabalho infantil em minas de exploração, informando que 40.000 crianças estiveram a serviço de mineiros no sudeste da República Democrática do Congo (RDC), segundo dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF). (AMNESTY INTERNATIONAL, 2017) Mais de 50% da produção de *cobalto* no mundo provêm da RDC, sendo que 20% dessas jazidas advêm de minas artesanais. Sendo na Ásia (Coréia do Sul, Japão e, destacadamente, China) que se concentram as maiores indústrias de transformação, para a produção de baterias de celulares, automóveis e variados componentes eletroeletrônicos. Porém, por conta de regulamentações brandas, corrupção política, trabalho escravo, contrabando, infração de direitos humanos, impunidades legais, deflagram-se inúmeros conflitos internos em países que detêm tais recursos minerais.

De acordo com um estudo de 2010 feito pela BMS World Mission, dos 100.000 trabalhadores de minas no Congo, 40% são crianças com idade inferior a 18 anos. Elas são frequentemente recrutadas pelo exército para trabalhar nas minas com salários que variam de apenas US\$ 1 a US\$ 5 por dia. Das crianças que trabalham nas minas, 66% são incapazes de frequentar a escola, e 77% comem apenas uma refeição por dia (VELLOSO, 2015, s/p.).

Importante salientar que a indústria de inovação tecnocientífica é o espelho performático da Revolução 4.0 (pela produção de robôs semi-humanos, dotados de órgãos de sentidos e inteligência artificial) - com o devido aprofundamento histórico e conceitual originado na Terceira Revolução Tecnocientífica, também conhecida como Revolução da Microeletrônica, iniciada na década dos anos de 1980 (MOREIRA, 2018). Em pouco mais de um século, uma gama de inovações tem influenciado sobremaneira o



comportamento sociocultural - destacadamente o trato com o ambiente, dada a colonialidade da mãe-natureza ou colonialidade cosmogônica (WALSH, 2009) -, o processo de globalização de culturas, línguas e outros conhecimentos, por via das telecomunicações (aparelhos celulares), de transportes (carros elétricos; metrô), dos sistemas informatizados de alta capacidade. Toda essa atividade segue paralela à indústria de mineração, para suprir demandas de variadas áreas de C&T, como podemos ver alguns exemplos no Quadro 1.

**Quadro 1: Minério-base e sua aplicação na indústria de inovação**

Minério-base	Inovação tecnocientífica
Cobalto	baterias de íon-lítio
<i>Columbita</i> > Nióbio	jatos, foguetes e <i>bijuterias</i> (BR18, 2019)
<i>Tantalita</i> > Tântalo (metal duro de transição, de cor azul acinzentado e brilho metálico, resistente à corrosão)	condensadores, telefones celulares, computadores e tablets, aparelhos para surdez, próteses, implantes e soldas para turbinas, dentre muitos outros.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Da associação entre os minerais *columbita* e *tantalita* deriva o *coltán*, que segundo a comunicação intitulada: *Coltán: comercio sangriento*, publicada em 10 jan. 2013, pelo site *Semperiodismo*, explica que:

(...)es una mezcla de columbita y tantalita, tipos de óxido sólidos que se han vuelto estratégicos para el avance tecnológico y que arrojan un saldo de más de 5,5 millones de víctimas debido a su peligrosa extracción en minas. (...)

El *Coltán* es indispensable para la evolución de nuevas tecnologías: celulares, fabricación de computadoras, videojuegos, armas inteligentes, implantes, industria aeroespacial, levitación magnética, dejando que Estados Unidos sean el mayor consumidor.

La explotación de este material gris, también se encuentra ligada a la destrucción



de valiosos ecosistemas, así como a algo que va más allá de la explotación laboral: el esclavismo y la muerte de miles de personas inclusive niños.

(...) la cantidad de pérdidas humanas y naturales que se invierten en la elaboración de nuevos aparatos tecnológicos los cuales consumimos sin medida y que propiciamos el aumento de su producción. (SEMPERIODISMO, 2013, s/p.)

Assim, importa situarmos a produção desses minérios nas regiões da América do Sul e da África, dada a notória riqueza em nossos solos que se contrapõe à condição social de vulnerabilidade de povos historicamente subjugados pela ganância de acúmulos capitalistas em detrimento de direitos de segurança/qualidade alimentar, de demarcações territoriais (indígenas e quilombolas) legítimas, de condições de trabalho salubres, de contrapartidas dignas pelo trabalho (quase exclusivamente braçal de negos e indígenas), como também o acesso à educação e à saúde pública de qualidade. Contrariamente a isso, somos assujeitados/as a políticas frágeis de proteção, de governantes que não cumprem agendas de palanque eleitoral, de legisladores e juristas que não se envolvem na causa. Nesse sentido, professores/as de ciências precisam promover outra formação discursiva que se requer crítica, dialógica, participativamente democrática, de pensamento decolonial, para as justiça social, étnica, ambiental e cognitiva, dado o fato que

O Brasil detém as maiores reservas mundiais conhecidas de nióbio, seguido por Canadá (províncias de Québec e Ontário) e Austrália (província da Austrália Ocidental). Também há potenciais jazidas em Angola, Rússia (Sibéria, República da Yakútia), Arábia Saudita, República Democrática do Congo, Dinamarca (território da Groenlândia), Finlândia, Gabão, Tanzânia, Nigéria, Malawi, Etiópia, EUA, dentre outros. É também o maior produtor mundial da substância, representando mais de 90% do total mundial. (DNPM/MG, [2017?], s/p.)

Ressaltamos uma recente descoberta em Angola, com toneladas de terras raras, que apresentam propriedades importantes à indústria de inovação.

Os minérios garantem características únicas - como a condução de calor, a eletricidade e a capacidade de magnetização - a diversos tipos de ligas metálicas, como os iPhones, carros híbridos e lasers. Estas propriedades químicas e físicas são apropriadas para supercondutores, magnetos e catalisadores. Chegam a ser consumidas 150 mil toneladas/ano, em todo o mundo, e a China é líder na produção.



São 17 os minerais que se inserem nesta caracterização de minérios raros, entre os quais seis se destacam: Neodímio, Lantânio, Praseodímio, Gadolínio, Samário e Cério. (TSF COM LUSA, 2019, s/p.)

Estigmatizado como *diamante de sangue*, pelo mote de violentos conflitos civis em países como: Serra Leoa, Angola, Libéria, RDC, o *coltán* tem passado por regulamentações mais atentas nos mercados de importação e exportação. Quanto à mineração do *tântalo*, esse não obteve ainda o nível de controle necessário, uma vez que o mineral não é negociado em bolsas de metais regulamentados. (VELLOSO, 2015). Atentos a isso, cabe-nos, como educadores em ciências, dar respostas educacionais a essa controvérsia que se avoluma por mercados produtivos, por comportamentos de consumo digital, por descartes de produtos com tempo de obsolescência programada, por degradação do ambiente, ao não absorver a volumetria desses resíduos (solo, subsolo, rios, mares, etc.). Os efeitos de extração dessas matérias-primas implicaram nos atuais acontecimentos ocorridos no Brasil, como: o rompimento de barragens em Brumadinho-MG (25 jan. 2019) e em Mariana-MG (5 nov. 2015); e, atualmente, o eminente risco de degradação ambiental por um novo projeto extrativista (consórcio entre China & Brasil) de carvão mineral no Rio Jacuí-RS que dista

20 km dos bairros da Zona Norte da Capital, e a cerca de 7 Km da Ilha da Pintada e do condomínio Ponta da Figueira, em Eldorado do Sul. (...) Nos dias de vento, a poluição também será direcionada para cidades como Canoas, Sapucaia, Esteio, São Leopoldo e Novo Hamburgo, ameaçando a qualidade de vida dessas comunidades. (NAT/BRASIL, 2019, s/p.)

Esse consórcio formado pelas empresas: Zhejiang Energy Group Co Ltd. (ver: <http://www.zjenergy.com.cn/jtww/>) e a Copelmi Mineração Ltda., fundada em 1883 e de capital 100% brasileiro (ver: <http://copelmi.com.br/>), se articula para o processo de extração do carvão mineral. Com isso, ressaltamos os objetivos sociais dessa empresa chinesa, como: *Provide power to development / Create wealth to society / Pursue happiness to staff / Focus on morality of people and ability in industry*. De vieses neoliberais em suas regularidades discursivas, destacamos seu ‘foco na moralidade das



peessoas' (tradução nossa), que se contradiz à denúncia de que aproximadamente 20% de minas e jazidas situadas na África Central (por exemplo: RDC) têm sido fator de guerras civis, além do agravo pelo uso do trabalho infantil.

The report charges that Chinese mineral giant Zhejiang Huayou Cobalt Ltd and its subsidiary Congo Dongfang Mining 'buy cobalt from areas where child labour is rife,' process it and sell it to three battery component manufacturers in China and South Korea. 'In turn, they sell to battery makers who claim to supply technology and car companies, including Apple, Microsoft, Samsung, Sony, Daimler and Volkswagen' (KLEIN, 2016, s/p.).

Salientamos que a Zhejiang Geely Holding Group (ZGH) é um grupo de tecnologia de mobilidade global, localizada na cidade de Hangzhou, a sudeste da província chinesa de Zhejiang (ver: <http://zgh.com/>) e que juntamente com a Congo Dongfang Mining (ver: <http://congominer.org/about>) operam na exploração de recursos minerais na África e na América do Sul. Por isso, petições civis têm buscado a preservação de terras indígenas nas Américas, para garantir a eficácia do inciso 2 do art. 15, da Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT):

Em situações nas quais o Estado retém a propriedade dos minerais ou dos recursos do subsolo ou direitos a outros recursos existentes nas terras, os governos estabelecerão ou manterão procedimentos pelos quais consultarão estes povos para determinar se seus interesses seriam prejudicados, e em que medida, antes de executar ou autorizar qualquer programa de exploração desses recursos existentes em suas terras. Sempre que for possível, os povos participarão dos benefícios proporcionados por essas atividades e receberão indenização justa por qualquer dano que sofram em decorrência dessas atividades (OIT, 2011, p. 24-25).

Nessa esteira de petições, quanto ao uso e à ocupação de terras de propriedade de povos originários, é importante considerarmos que

Para o Brasil, ter a Convenção 169 ratificada, hoje, significa ajustar a legislação do país aos tratados internacionais. Além disso, o Brasil reforça a posição política do bloco de países da América Latina e Caribe para a Rio+10, o qual integra junto a outras nações que já ratificaram a Convenção, como México, Bolívia, Colômbia, Costa Rica, Paraguai, Peru, Honduras, Guatemala, Argentina e Venezuela (ISA, 2018, s/p.).



Por essa complexidade, compreendida como mote de implicações sociais da ciência e da tecnologia na educação, é que categorizamos a controvérsia tecnocientífica, fundamentalmente voltada para a seleção/negociação do conteúdo de FMC, aliada à linguagem Matemática, com estudantes do Ensino Médio.

## CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO DE UMA CONTROVÉRSIA PARA ENSINAR CIÊNCIAS

As condições de produção que constituem e formulam objetos de estudo no planejamento da escola básica, pela práxis de sujeitos/as a partir da América Latina, Caribe e África, via de regra, devem estar em interlocução com discursos CTS contra-hegemônicos, como garantia de direitos de aprendizagem antirracista.

Por causa da forma histórica dos modos de assujeitamento e da existência da discursividade, da materialidade discursiva, ou seja, das condições verbais da produção do objeto, que envolve o processo discursivo instalado historicamente na contemporaneidade, não podemos desconhecer a mundialização, as novas tecnologias da linguagem, a mídia tal como se apresenta hoje, as guerras ideológicas contundentes, as formas sociais, o ecologismo, a xenofobia, o racismo, a relação ressignificada do Estado com o Mercado, a reorganização de uma direita letal (ORLANDI, 2017, p. 48).

É com essa atenção que destacamos as condições de produção de inovações tecnocientíficas para o alcance do tema selecionado, em um processo de negociação dialógica e democraticamente participativa com estudantes. Como futuros/as coautores/as de uma nova narrativa tecnocientífica, é importante situarem-se desde a realidade vivida, quando em condição periférica, em escola pública e como consumidores/as reflexivos/as. Variáveis estas intervenientes no amplo processo de subalternização étnico-racial, pela identidade de sua linguagem de classe. Reconhecendo-se, primeiramente, como pessoas afrodescendentes, africanas, afrolatinas, afrocaribenhas, afroindígenas. Passo inicial para o que entendemos como função sociocultural desse conteúdo em negociação, por: suas implicações resolutivas, sua dimensão sociotécnica, sua arquitetura socioambiental, suas limitações e riscos; para efeito de inclusividade na escola democrática e participativa.



Não se trata, acrescentemos, de inibir a pesquisa e frear os avanços mas de pô-los a serviço dos seres humanos. A aplicação de avanços tecnológicos com o sacrifício de milhares de pessoas é um exemplo a mais de quanto podemos ser transgressores da ética universal do ser humano e o fazemos em favor de uma ética pequena, a do mercado, a do lucro (FREIRE, 1999, p. 148).

Educando para uma formação discursiva revisionista dentro do histórico processo de racialização tecnocientífica, sugerimos ao/à professor/a Licenciado/a em em Ciências da Natureza (Física, Química ou Biologia), e Exatas (Matemática), que proceda à assunção histórica de autorias científicas e tecnológicas africanas e afrodescendentes. Destacamos que, pela notória riqueza em jazidas, dada a diversidade de minérios e terras raras, o continente africano foi pioneiro em técnicas de forjar o *cobre*, com o assentamento mais antigo datado do século V (Idade do Ferro) (EL FASI, 2010). Entretanto, foram encontradas na Ilha de Lesbos, no mar Egeu, moedas metálicas (203 antes da presente era - a.e.) cunhadas com a face do famoso general de Cartago, Aníbal Barca, que atravessou os Alpes europeus com elefantes para lutar contra os romanos, por volta dos anos 180 a.e. (MACHADO, 2014) Sugerimos a apresentação de um quadro afrorreferenciado (a exemplo do Quadro 2 que segue), com cientistas, tecnólogos/as, técnicos/as, inventores/as e aperfeiçoadores/as de diversas descobertas que, direta ou indiretamente, dependam da mineração de metais, como: cobalto, nióbio, tântalo.

**Quadro 2:** Cientista/inventor(a) em produção tecnocientífica

Cientista / Inventor(a)	Inovação tecnocientífica
Granville T. Woods (1856-1910) - Ohio, EUA	Inventor do novo transmissor de telefone, para aumentar a qualidade e a distância de alcance do som. A Cia. Bell comprou essa patente. Embora, contudo, tenha ficado mais conhecido pelo sistema de telegrafia ferroviário (mensagens de trem a trem). Foi apelidado de 'Edison negro'. Em 1888, aprimorou esse invento, elaborando um sistema de eletrificação de trens.
Lewis Latimer (1848-1929) - Massachusetts, EUA	Criador do filamento de carbono para lâmpada incandescente.



Henry Thomas Sampson (1934-) - Mississippi Missouri, EUA	Pioneiro nos estudos de balística interna de motores em foguetes usando a fotografia de alta velocidade.
Michel F. Molaire (s/d.) - St. Marc, Haiti	Dono de 53 patentes nos EUA e de mais de 110 patentes estrangeiras na área de ciências dos materiais.
Anna-Maria Rivas McGowan (s/d.) - (s/l.)	Diretora do <i>Projeto Morphing</i> , do <i>Langley Research Center</i> (LaRC), pela <i>National Aeronautics and Space Administration</i> (NASA), desenvolve, entre outras pesquisas, variedades especiais de materiais piezoelétricos, para vincular voltagem elétrica com movimento. Materiais inteligentes com desdobramentos da indústria aeroespacial e outras aplicações, em variadas áreas das ciências básicas.
Joycelyn S. Harrison (s/d.) - (s/l.)	Pesquisadora de polímeros eletroativos (para roupas aeroespaciais, naves, peças), também no LaRC, NASA.
Otis Frank Boykin (1920-1982) - Texas, EUA	Inventor de mais de 25 aparelhos eletrônicos para mísseis, rádios e TV. Teve como primeira invenção um resistor elétrico para aparelhos eletrônicos; e um resistor para mísseis guiados.
Gerald Anderson "Jerry" Lawson (1940-2011) - Nova Iorque, EUA	Inventor do primeiro sistema de videogame doméstico através de cartucho.
George Edward Alcorn Jr. (1940-) - Indiana, EUA	Inventor do espectrômetro de raio-X por termomigração de alumínio.
Viviane dos Santos Barbosa (1975-) - Bahia, Brasil	Inventora do primeiro catalisador em temperatura ambiente para reduzir a emissão de gases tóxicos, a partir de metais paládium e platina. Nanotecnologista.
Sônia Guimarães (1957-) - São Paulo, Brasil	Pesquisadora de crescimento epitaxial de camadas de telureto de chumbo e antimoneto de índio (I), para dispositivos fotocondutores.

Fonte: Informações extraídas do livro: *Ciência, Tecnologia e Inovação Africana e Afrodescendente* (MACHADO, 2014).

Os possíveis discursos que se formarem em torno de outras autorias tecnocientíficas poderão seguir-se da evolução histórica da supercondutividade e das propriedades básicas de um supercondutor (conceitos/práticas sobre resistividade e efeito Meissner – aqui, voltamo-nos ao campo da Física), conforme sugerido pelas professoras-



pesquisadoras brasileiras: F. Ostermann, L. Ferreira e C. Cavalcanti (1998). Nesse sentido, da tradução do artigo original: *Superconductivity* (publicado na Wikipedia; com última atualização em 29 jul. 2019), temos que

A supercondutividade é uma propriedade física de característica intrínseca de certos materiais que, quando resfriados a temperaturas extremamente baixas, tendem a conduzir corrente elétrica sem resistência nem perdas.

Esta propriedade foi descoberta em abril de 1911, pelo físico holandês Heike Kamerlingh Onnes em seu laboratório em Leiden. Guiado por seu brilhante trabalho na fabricação do hélio líquido, o que possibilitou o avanço necessário para alcançar temperaturas muito baixas, da ordem de 1 K. A supercondutividade foi pela primeira vez notada enquanto Onnes observava o comportamento do mercúrio quando resfriado a 4 K (-452,47 °F ou -269,15 °C) (WIKIPEDIA, 2019, s/p.).

Assim, entrecruzam-se autorias tecnocientíficas por crenças, signos, significados hegemônicos e subalternizados sobre aquilo que os centros produtores liberais entendem como de relevância para a produção de C&T. E, aquilo que está à margem desses interesses, do outro lado da linha: nas comunidades consumidoras de produtos de inovação.

Buscando textos e discursos (tecnocientíficos e socioculturais em imersão comunitária), propomos estratégias de transversalização do conteúdo para que estudantes apreendam de seu pertencimento étnico-racial o tratamento quantitativo e equacional (linguagem Matemática) contidos nesses textos/discursos que circulam sobre a controvérsia.

Declinamos, agora, para pensar sobre uma forma-conteúdo de *neocolonialismo de inovação tecnocientífica*. Entendemos esse como uma categoria reformulada de múltiplas subserviências relativas aos centros hegemônicos do mercado liberal, sobre espaços-tempos territoriais, socioculturais, materiais/imateriais de ex-colônias que são potencialmente identificadas como produtoras de recursos das mais variadas ordens. Ex-colônias funcionando como um subcosmo de contingências políticas, econômicas, históricas, democráticas, de justiça e direitos humanos, religiosas, de soberania/diplomacia, de pertencimento étnico-racial, gerenciadas por elites brancas sob



difusos poderes político-econômicos. Dessa forma, perpetuam-se subserviências nesse cenário de embate de forças por inovações tecnocientíficas, dadas as instâncias midiáticas que reiteram uma produção irrefreada e um consumo verticalizado.

Uma vez que a indústria cultural se autodefine como negócio industrial justifica em termos tecnológicos todos seus interesses. Uma das primeiras coisas com que se justificam é a superprodução de clichês, argumentos de que ‘o público os exige’, sem alterar que são eles que o estão impondo ao público até o ponto em que esse chega a necessitá-los. É o que Marx dizia em sua *Contribuição à crítica da economia política*: a produção capitalista não está, em princípio, destinada a satisfazer necessidades, mas a criá-las em benefício da produção. A produção não é - dizia Marx - o fim do homem, mas o homem o fim da produção. (...) (SILVA, 2017, p. 181).

Por essa formação ideológica, constituída em um neocolonialismo de inovação tecnocientífica, é que sugerimos um caminho dialético e metodológico pela *investigação-ação-participativa*, para transversalizar o ensino de Física e de Matemática na escola básica, pelo tema da *Supercondutividade*.

### INVESTIGAÇÃO-AÇÃO-PARTICIPATIVA PARA FORMAÇÃO DISCURSIVA<sup>3</sup>

Mais conhecida no Brasil como pesquisa-ação, aqui a proposta de investigação-ação e participação social (IAP) para a formação discursiva de estudantes da escola básica foi organizada em um sequenciamento didático, compreendendo o espaço-tempo microcurricular nos ensinamentos de Física e de Matemática. A Física, dentro da modernidade ocidental (FMC), ao lidar com essa contingência científica, tem desafiado a pesquisa básica quanto à estrutura de materiais ideais ao fluxo de cargas elétricas com resistência nula. Com variadas aplicações nas indústrias: biomédica; de transportes (aeroespacial, terrestre, subterrâneo); de tecnologia da informação (iphones, tablets, computadores,

---

3 Maior detalhamento para o trabalho didático-metodológico de professoras/es de Ciências pode ser visualizado em: <<https://sentidos-tecnocientificos.blogspot.com/2019/08/discutindo-supercondutividade-no-ensino.html>>. Acesso em: 30/08/2019.



celulares); de games; de telecomunicações (satélites, distribuidoras de energia), dentre tantas outras, essas pesquisas alcançaram, até o momento, 5 prêmios Nobel na área.

O conceito da supercondutividade contempla uma quantidade potencial de conteúdos em linguagem Matemática, para formar discursos quanto aos limites e às perspectivas de inovações tecnocientíficas. Isso pode declinar ao meio social, cultural, ambiental, econômico, político, reorientando a história de sociedades quanto às formas-conteúdos de melhoria da qualidade de vida, democracia, justiça social, étnico-racial e cognitiva, se nos sensibilizarmos para toda a rede de conhecimentos nesse processo inovativo.

Assim, levantamos como questionamento do tema: Como formar outros discursos sobre a controvérsia tecnocientífica em torno da indústria de inovação da supercondutividade? Dessa forma, consolida-se a controvérsia por sua indiscutível relevância para as ciências aplicadas e por sua desatenção e falta de alteridade na produção de artefatos, modelos e soluções tecnológicas que não têm sustentado o devido protagonismo, em nível de negociação discursiva, de pessoas que trabalham em minas de extração mineral, ou daquelas pessoas que detêm a posse originária da terra que as contêm (como: terras indígenas; assentamentos quilombolas; áreas de litígio na África Central, dentre outras). Ou seja, pessoas historicamente silenciadas e invisibilizadas para a inclusão sociotécnica e sociocultural da tecnociência (VON LINSINGEN, 2015). Assim, emerge o potencial desafio para ensinar Física em interdisciplinaridade com a Matemática por uma perspectiva emancipatória de Educação em Ciências (CASSIANI; VON LINSINGEN, 2010), por um quefazer freireano, potencializando o espaço-tempo pedagógico nesse multiverso tematizador e transversal, da Supercondutividade, formador de outras narrativas tecnocientíficas, ou seja

(...) como funcionamento da memória (constitutiva) (...) a maneira pela qual uma memória se diz em processos identitários, apoiados em modos de individuação do sujeito, afirmando/vinculando seu pertencimento a espaços de interpretação determinados, consoantes a específicas práticas discursivas” (ORLANDI, 2017, p. 30).



Para tanto, sugerimos aos professores de Ciências que mobilizem didaticamente esta proposta transversal com sensível atenção ao conteúdo social que contém (quer seja professor/a negro/a ou branco/a; afrodescendente ou africano/a), dado o mote de referencialidade dialógica em autoria étnico-racial - na etapa de interlocução de estudantes juntamente com a comunidade -, quanto aos processos de inovação tecnocientífica que emergem em detrimento daquelas pessoas invisibilizadas/subalternizadas (também, negras ou brancas). Assim, dentro desse processo de interlocução em nível microcurricular, avaliamos o que estabelecem as Bases Nacionais Comuns Curriculares (BNCC) no Brasil, quando apregoam orientações didático-metodológicas para a constituição/formulação de um *projeto de vida* pelos/as escolares, situando que

Ao se orientar para a construção do projeto de vida, a escola que acolhe as juventudes assume o compromisso com a formação integral dos estudantes, uma vez que promove seu desenvolvimento pessoal e social, por meio da consolidação e construção de conhecimentos, representações e valores que incidirão sobre seus processos de tomada de decisão ao longo da vida. Dessa maneira, o projeto de vida é o que os estudantes almejam, projetam e redefinem para si ao longo de sua trajetória, uma construção que acompanha o desenvolvimento da(s) identidade(s), em contextos atravessados por uma cultura e por demandas sociais que se articulam, ora para promover, ora para constringer seus desejos (BRASIL, 2018, p. 472-473).

Nesse sentido, é importante pensarmos que o processo de tomada de decisão deve estar em consonância com a coletividade na qual o/a estudante se insere, orientado por conhecimentos, representações e valores democráticos, justos, equânimes, plurais, antirracistas, anti-machistas, anti-misóginos, anti-sexistas, anti-homofóbicos e anti-transfóbicos. Que se constituam em respeito e em alteridade com a pessoa humana e o ambiente, como elementos cognoscitivos de solidariedade, delatando litígios performáticos, desenvolvimentistas e consumistas, para um quefazer tecnocientífico. Semânticas de quais conhecimentos/representações/valores se perseguem em sociedades latino-americanas e africanas, ex-coloniais, cabem ser interdidas/rediscutidas na BNCC, no planejamento escolar, mas principalmente no plano de aula do/a professor/a



de Ciências, uma vez que nos subjuga em colonialidade por controvérsias subjacentes na própria escola. Como também, perfaz a construção de uma autonomia com sentido individualizante, egoisticamente naturalizada como um produto neoliberal, ao colocar que: ‘*é o que os estudantes almejam, projetam e redefinem para si ao longo de sua trajetória*’, sem considerar que o *para si* tem como limite o *para o/a outro/a* que, nesse recorte, anula/dissipa uma formação de alteridade. Ao invés de solidariamente considerarmos que aquilo que consumimos reverbera por outras realidades, devemos subverter desejos capitais, sobretudo atentos/as a desejos e a possibilidades da condição de existir alheias.

Aquela é uma perspectiva neutra da constituição de um *projeto de vida*, que se modela por uma metodologia científica ocidentalmente marcada pela centralidade do sujeito em si, absolutizando querer e fazer sobre o/a outro/a, anulando-o/a. Esse é um efeito derogatório do racismo estrutural, *des-subjetivando projetos de vida*, por uma episteme em diáspora.

Esse processo de eliminação do outro está dentro da perspectiva histórica. A nossa formação histórica está marcada pela eliminação física do ‘outro’ ou por sua escravização, que também é uma forma violenta de negação de sua alteridade (Candau, 2008). (...) Marcado por regras, linguagens, símbolos, costumes, saberes, relações, a escola constitui uma teia de significações e sentidos. Os pontos de tensão na escola estão localizados exatamente quando se estabelece a fronteira com o outro, relativamente invisível, pois justamente neste ponto surgem os conflitos, a disputa que de fato não parecem existir (VIEIRA, 2019, p. 60).

O que queremos destacar é que um *projeto de vida* deve se constituir/formular entre e com pessoas em plena interlocução, no coletivo comunitário. Educando contra as facetas nefastas de um neocolonialismo que especializa relações racistas, por uma práxis que possa gerar rupturas ante: extensas jornadas de trabalho subalternizado; consumo retroalimentador de mercado; naturalização da morte humana e não-humana pelos sentidos liberais de produtividade. Ou ainda, que possamos subverter a pedagogia da *indústria ideológica* (SILVA, 2017) em sua recursividade não-problêmica dentro da sociabilidade capitalista, inferindo sobre o trabalho escolar. Isso requer um estado de



constante vigília quanto aos enviesamentos/estrangulamentos de uma ideologia dominante de branquitude que estrutura, regra, narra, cria e impõe histórias, monoculturaliza modos/meios de produção, didatizando sistemas inovativos (desde o anteprojeto até a seleção de pessoas para o marketing).

Assim, para abordar o tema da Supercondutividade na perspectiva de sua intrínseca controvérsia de inovação, revertendo-o em partilha de saberes, produção de conhecimentos, representações e valores de justiça tecnocientífica, destacamos duas características desta proposta, sendo:

- a dinâmica da transversalidade facultada ao/à professor/a em qualquer etapa de abordagem de conteúdos-base para o tema gerador, como: partículas atômicas; fenômenos e propriedades de eletromagnetismo (resistência, resistividade, condutividade, polos e campos magnéticos, indução eletromagnética); Lei de Ampère; Lei de Faraday; Lei de Lenz. Por quaisquer desses conteúdos, modelamos o que convencionamos chamar de *objetivo tecnocientífico*. Ou seja, aquele objetivo que contém as tensões negociais configuradas por práticas de poder legitimado institucionalmente no currículo escolar, hegemônico e homocêntrico. Esses perpassam todas as fases da IAP, sendo: (a) Selecionar um problema tecnocientífico numa comunidade de sua escolha (preferencialmente de periferia) que possa ser resolvido por materiais supercondutores; (b) Avaliar os aparatos existentes nessa comunidade que contemplem tecnologias baseadas em supercondutividade, como: origem; estimativa de preço; problema que responde; não-problema absorvido; autoria (marca, fornecedor, garantia, tempo de obsolescência); e,
- a importância de garantir a formação discursiva a partir desses conteúdos legitimados, sob a perspectiva de um amplo pertencimento sociocultural - *objetivo sociocultural* -, conforme sustenta a BNCC para o Ensino Médio, a partir de dois deveres da “escola que acolhe as juventudes” (BRASIL, 2018, p. 465), sendo:

- garantir o protagonismo dos estudantes em sua aprendizagem e o desenvolvimento de suas capacidades de abstração, reflexão, interpretação,



proposição e ação, essenciais à sua autonomia pessoal, profissional, intelectual e política;

- valorizar os papéis sociais desempenhados pelos jovens, para além de sua condição de estudante, e qualificar os processos de construção de sua(s) identidade(s) e de seu projeto de vida (...) (Ibid.)

Relativamente às críticas anteriormente tecidas quanto à concepção do chamado *projeto de vida* pela BNCC, entendemos dentro da *Análise de Discurso* (ORLANDI, 2017; 2015; 2012) que os modos de individuação (gestos, silêncios, ditos, escritos, leituras, performances, intenções, comunicações) dos/das estudantes é que darão a concreção para o êxito de aprendizagens. Suas perspectivas de autoria pela leitura-escrita (GIRALDI, 2010) culminando na formação de outro discurso tecnocientífico. Assim, para *objetivos socioculturais* propomos: (c) Problematizar o nível de alcance de um recurso tecnocientífico selecionado pelos/as estudantes, considerando a realidade socioeconômica das pessoas comunitárias. (d) Sugerir possíveis soluções para as questões de acesso justo e democrático aos benefícios desse recurso. (e) Delimitar quais protagonismos étnico-raciais contemplam o recurso tecnocientífico dentro do processo de produção, quanto à autoria (patente) e à empresa que o comercializa, bem como a seu acesso.

Norteadas por 5 objetivos específicos (categorizados como: tecnocientíficos e socioculturais), a organização do sequenciamento se dará em 3 fases fundamentais:

1ª) a *fase de investigação* - nessa fase os estudantes são provocados com situações-problemas levantadas pelo/a professor/a. Problemas que socialmente têm ou não sido solucionados no campo da inovação tecnocientífica. É importante o despertamento para o aspecto mais amplo do contexto social, voltando-se ao mais situado, na comunidade em que vivem e interferem. A abordagem sócio-histórica sobre a descoberta da propriedade de alguns materiais: a *Supercondutividade*, marcando a importância do trabalho da ciência, seus imprevistos/casualidades, sua forma de organização. E, como esse trabalho científico gera o processo de desenvolvimento tecnológico. Nessa fase o/a professor/a deve estabelecer encontros eminentemente dialógicos, provocando a opinião da turma para gerar pertencimentos socioculturais com



a temática por soluções, hipóteses, ou seja, o repertório de linguagens que lhe é próprio. Como essa inovação impactaria/tem impactado seu espaço social? Seus principais pontos de tensão e desafios.

2ª) a *fase da ação* - é uma fase complementar à *fase de investigação*, pois, a partir dos questionamentos privilegiados pela turma, os mesmos levantarão possibilidades de pensar projetivamente em como solucionar o que apreenderam/problematizaram sobre o meio social. O que lhes é relevante? Quais agentes entrarão em interlocução? Quais métodos poderão orientar sua ação acadêmica? Essa fase, aliada às perguntas de investigação, geram a investigação-ação ou a pesquisa-ação tão requerida em processos pedagogicamente críticos e emancipatórios.

3ª) a *fase de participação social* - é esse o espaço-tempo mais requerido durante todo o desenvolvimento deste sequenciamento, uma vez que os/as estudantes apresentarão à comunidade focal de trabalho o resultado de sua *formação discursiva*: a sociocultura da Supercondutividade. Dessa forma, a ampliação de possibilidades não se esgota, pois nessa interlocução com o meio social poderão ciclar o mote do problema-solução em suspenso, garantindo a função sociológica e gnosiológica do trabalho acadêmico-investigativo, do próprio fazer científico.

As três fases que organizam a proposta estão assentadas na metodologia de *investigação-ação-participativa* (IAP), do sociólogo colombiano Orlando Fals-Borda (1925-2008).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução do uso de smartphones, tablets, iphones, é uma realidade pungente e irreversível em um sem-número de sociedades. Ainda mais marcante se considerarmos a geração digital que é constantemente instigada ao consumo de produtos, a cada avanço tecnológico. Pensarmos pela constituição dessa lógica dentro dos ensinamentos de Física e de Matemática (como também da Biologia ou da Química), coloca-nos numa região de fronteira e litígios. Por um lado, considerando que a educação científica e tecnológica



deve transitar por múltiplas realidades socioculturais, desafiando o espaço-tempo da educação básica, na escola pública. E por outro, o fato de que jovens estudantes são incitados midiaticamente à compulsão de consumo de novíssimas tecnologias de informação e comunicação, por difusos e refratários discursos sobre inovações tecnocientíficas.

Por isso, ao buscarmos uma outra formação discursiva que lide com ambos os lados do problema, tratamos em abordá-lo em nível do não-problema social imposto pela indústria, em contraponto a discursos de pessoas silenciadas e alijadas do processo de tomada de decisão. Isso é possível junto às próprias comunidades em que vivem os/as estudantes e outros/as sujeitos/as consumidores/as dessas inovações. Em perspectiva de formação discursiva, o que pretendemos é que o/a professor/a de Física, ou de outras Ciências da Natureza e Exatas, mobilize uma trama de narratividades que circulem por outros espaços socioculturais, subalternizados historicamente, e que se revelam por uma linguagem de classe. Linguagem que contém regularidades e princípios em interdiscursos sobre tecnociências, revelando projetos de vida.

Para tanto propusemos a motivação de uma postura investigativa, pautada na produção decolonial de conhecimento científico e tecnológico, valorativa de sentidos, crenças e saberes comunitários, ou melhor, pelo interdiscurso de inovação tecnocientífica. Fenômeno promovido por um ambiente de investigação-ação-participativa para a transversalização de outras narrativas pelos/as estudantes. Textos e discursos de divulgação científica, petições civis, denúncias comunitárias, relatórios de estudos e impactos ambientais, tudo compreendido no repertório de linguagens ora selecionado para a mobilização desse processo formativo transversal.

Ao/à professor/a de Física (e de outras Ciências da Natureza) da escola básica compete a sensibilidade quanto a gestos, silêncios, impressões, movimentos, questionamentos, orientadores da construção de um projeto pessoal coletivizado socioculturalmente. E, que se requer em alteridade étnico-racial. Por isso a grande valorização sobre momentos de pertencimento, solidariedade, dialogicidade,



horizontalidade de saberes, para o que buscamos dentro de uma interculturalidade crítica de conteúdos tecnocientíficos.

Portanto, a formação discursiva que propusemos passa por todas as pessoas em interlocução na escola, no bairro, na comunidade, na indústria, nos poderes institucionalizados, tensionando qualquer produto de inovação tecnocientífica quanto a formas-conteúdos de viver, de agir, de ser, de fazer, de saber, deflagrados em colonialidade. Ruir tais formas-conteúdos é promover uma revisão do imaginário tecnocientífico em detrimento de estados de alienação e de mais-valia ideológica, implicados pelo progresso e pelos desenvolvimentos prescritos por mercados liberais: o neocolonialismo de inovação.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMNESTY INTERNATIONAL. *Democratic Republic of Congo: government must deliver on pledge to end child mining labour by 2025*. Amnesty International: News, 1. set. 2017. Disponível em: <<https://www.amnesty.org/en/latest/news/2017/09/democratic-republic-of-congo-government-must-deliver-on-pledge-to-end-child-mining-labour-by-2025/>>. Acesso em: 05/06/2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília: MEC/SEB/CNE, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 07/03/2019.

BRASIL, Mariana; SILVA, Henrique César da. *Para pensar as controvérsias científicas em aulas de ciências*. Ciência & Ensino, Piracicaba, v. 1, n. esp., p. 1-16, nov. de 2007. ISSN 1980-8631.

BR18. *Bolsonaro encantado com 'bijuterias' de nióbio*. BR18, 27 jun. 2019. Disponível em: <<https://br18.com.br/bolsonaro-encantado-com-bijuterias-de-niobio/>>. Acesso em: 28/06/2019.

CASSIANI, Suzani; VON LINSINGEN, Irlan. *Educação CTS em perspectiva discursiva: contribuições dos Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia*. Redes, Buenos Aires, v. 16, n. 31, p. 163-182, dez. 2010. ISSN 0328-3186. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90721346008>>. Acesso em: 03/08/2019.

DNPM/MG. Departamento Nacional de Produção Mineral: Minas Gerais. *Nióbio*. DNPM, [2017?]. Disponível em: <[http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-brasileiro-mineral-2017/niobio\\_sm\\_2017](http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-brasileiro-mineral-2017/niobio_sm_2017)>. Acesso em: 30/04/2019.



EL FASI, Mohammed. (ed.) *História geral da África: III: África do século VII ao XI*. Brasília: UNESCO, 2010. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000190251>>. Acesso em: 30/12/2018.

FALS-BORDA, Orlando. *Experiencias teórico-prácticas*. In: FALS-BORDA, Orlando. Una sociología sentipensante para América Latina. Bogotá, Colômbia: Siglo del Hombre; CLACSO, 2009. Disponível em: <<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/coedicion/fborda/fborda.pdf>>. Acesso em: 02/05/2019.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 63. ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz e Terra, 2017.

FREIRE, Paulo. *A morte do menino e o instinto de classe*. In: FREIRE, Paulo; GUIMARÃES, Sérgio. Dialogando com a própria história. São Paulo: Paz e Terra, 2011. p.70-75.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 13.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999. (Col. leitura).

GIRALDI, Patrícia Montanari. *Leitura e escrita no ensino de ciências: espaços para produção de autoria*. Tese (Doutorado) em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica. Florianópolis, 2010. 232f.

ISA. Instituto Socioambiental. *Convenção OIT sobre povos indígenas e tribais em países independentes n. 169*. ISA, 27 fev. 2018. Disponível em: <[https://pib.socioambiental.org/pt/Conven%C3%A7%C3%A3o\\_OIT\\_sobre\\_Povos\\_Ind%C3%AAdgenas\\_e\\_Tribais\\_em\\_pa%C3%Adses\\_independentes\\_n%C2%BA.169](https://pib.socioambiental.org/pt/Conven%C3%A7%C3%A3o_OIT_sobre_Povos_Ind%C3%AAdgenas_e_Tribais_em_pa%C3%Adses_independentes_n%C2%BA.169)>. Acesso em: 02/06/2019.

KLEIN, Greg. *Major car and phone companies might rely on child labour for cobalt: Amnesty International*. Resource Clips: clear, accurate mining/exploration news, 19 jan. 2016. Disponível em: <<http://resourceclips.com/tag/democratic-republic-of-congo/page/4/>>. Acesso em: 01/06/2019.

MACHADO. Carlos Eduardo Dias. *Ciência, Tecnologia e Inovação Africana e Afrodescendente*. Florianópolis: Bookess, 2014.

MALDONADO-TORRES, Nelson. *Sobre la colonialidad del ser: contribuciones al desarrollo de un concepto*. In: Castro-Gómez, Santiago; Grosfoguel, Ramon. (eds.): El giro decolonial: reflexiones para una diversidad epistémica más allá del capitalismo global. Bogotá: Iesco-Pensar-Siglo del Hombre Editores, 2007. p.127-167.

MATO, Daniel. *No 'estudiar al subalterno', sino estudiar con grupos sociales "subalternos" o, al menos, estudiar articulaciones hegemónicas de poder*. Desafíos, Bogotá, v. 26, n. 1, p. 237-264, jan. 2014. ISSN 0124-4035. Disponível em: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-40352014000100008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-40352014000100008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 09/05/2019.



MOREIRA, Wilton. *A Revolução 4.0 e suas consequências, por Marildo Menegat*. GGN: o jornal de todos os brasis: Tecnologia, 4 ago. 2018. Disponível em <https://jornalggn.com.br/tecnologia/a-revolucao-40-e-suas-consequencias-entrevista-com-marildo-menegat/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

NAT/BRASIL. Núcleo Amigos da Terra, Brasil. *Projeto de mineração no Jacuí ameaça comunidades de Porto Alegre e Região Metropolitana*. NAT/Brasil, 27 mar. 2019. Disponível em <http://www.amigosdaterrabrasil.org.br/2019/03/27/projeto-de-mineracao-no-jacui-ameaca-comunidades-de-porto-alegre-e-regiao-metropolitana/>. Acesso em: 11/06/2019.

OIT. Organização Internacional do Trabalho. *Convenção n. 169 sobre povos indígenas e tribais e Resolução referente à ação da OIT*. 1.v. Brasília: OIT, 2011. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Convencao\\_169\\_OIT.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Convencao_169_OIT.pdf). Acesso em: 02/06/2019.

ORLANDI, Eni Puccinelli. *Discurso em análise: sujeito, sentido e ideologia*. 3.ed. Campinas, SP: Pontes, 2017.

ORLANDI, Eni Puccinelli. *Análise de discurso: princípios e procedimentos*. 12.ed. Campinas, SP: Pontes, 2015.

ORLANDI, Eni Puccinelli. *Discurso e texto: formulação e circulação dos sentidos*. 4.ed. Campinas, SP: Pontes, 2012.

OSTERMANN, Fernanda; FERREIRA, Letície Mendonça; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. *Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio*. Porto Alegre: Instituto de Física/UFRGS, 1998. (Textos de apoio ao professor de Física; n. 8). Disponível em: [https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n8\\_ostermann\\_ferreira\\_cavalcanti.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n8_ostermann_ferreira_cavalcanti.pdf). Acesso em: 05/07/2019.

SANTOS, Paulo José Sena dos. *Interlocuções e leituras registradas na disciplina 'Tópicos Atuais de Ciência e Tecnologia'*. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Florianópolis, mar./jun. 2019. Disponível no acervo pessoal dos autores, 2019.

SEMPERIODISMO. *Coltán: comercio sangriento*. Semperiodismo, 10 jan. 2013. Disponível em: <https://semperiodismo.wordpress.com/2013/01/10/coltan-comercio-sangriento/>. Acesso em: 20 jul. 2019.

SILVA, Ludovico. *A mais-valia ideológica*. Florianópolis: Insular, 2017. (Col. Pátria Grande; 3).

TSF COM LUSA. *Ouro do século XXI: descobertas toneladas de terras raras em Angola*. TSF Rádio Notícias: Metais raros, 26 abr. 2019. Disponível em: <https://www.tsf.pt/internacional/interior/descobertas-23000-milhoes-de-toneladas-de-terras-raras-na-provincia-angolana-do-huambo-10836453.html>. Acesso em: 6 jun. 2019.



VELLOSO, Felipe. *Precisamos conversar sobre a Apple*. tudoceular.com, 27 out. 2015. Disponível em: <<https://www.tudoceular.com/android/noticias/n62781/Apple-Suicidio-trabalho-infantil-sonegacao.html>>. Acesso em: 05/06/2019.

VIEIRA, Maurício Benedito da Silva. *Educação e lei 10639/03: questões desafiadoras na escola*. Revista da Associação Brasileira de Pesquisadores/as Negros/as (ABPN), v. 11, n. 28, p. 55-71, jun. 2019. ISSN 2177-2770. Disponível em: <<http://www.abpnrevista.org.br/revista/index.php/revistaabpn1/article/view/717>>. Acesso em: 10/05/2019.

VON LINSINGEN, Irlan. *Perspectivas curriculares CTS para o ensino de engenharia: uma proposta de formação universitária*. Linhas Críticas, v. 21, n. 45, p. 297-317, 2015. ISSN 1981-0431. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/4536>>. Acesso em: 05/03/2019.

VON LINSINGEN, Irlan. *Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina*. Ciência & Ensino, Piracicaba, v. 1, n. esp., p.1-19, nov. 2007. ISSN 1980-8631. Disponível em: <<http://143.0.232.36:3537/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/150/0>>. Acesso em: 03/03/2019.

WALSH, Catherine. *Interculturalidad crítica y pedagogía de-colonial: apuestas (des)de de el insurgir, re-existir y re-vivir*. Educação on-line, Rio de Janeiro, p. 1-29, 2009. ISSN 1809-3760. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13582/13582.PDF>>. Acesso em: 20/05/2019.

*Recebido em 09/08/2019*

*Aprovado em 08/07/2020*