

# Do Ensino de Física à Democratização do Debate Nuclear

## From Teaching Physics to the Democratization of Nuclear Debate

**Me. Paulo Sérgio Gai Montedo<sup>1</sup>, Dr. José Ricardo Marinelli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Química, Instituto Federal de Santa Catarina, Criciúma/SC

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC

### Resumo

De acordo com dados do Plano Nacional de Energia, até o ano de 2030 o Brasil tem a intenção de construir quatro usinas nucleares e até o ano 2050, serão outras oito, totalizando quinze termoeletrônicas em funcionamento no país. Compreendendo a falta de informações ao público em geral e a inexistência de discussões conjuntas aos diversos setores da sociedade brasileira, o projeto presente, aplicado em uma escola estadual em Florianópolis/SC, buscou investigar os saberes prévios, posicionamentos e atitudes dos nossos estudantes diante de questões controversas inerentes às discussões sobre a energia nuclear, e verificar algumas concepções comuns e equivocadas, geralmente reproduzidas quando discute-se a temática, encorajando-os a reivindicarem-se enquanto parte destas discussões e debates. Neste sentido, assumindo a dialética entre o técnico e político nestas discussões, partilhamos, da experiência que tivemos na produção e aplicação de um material instrucional relacionado à radioatividade e aos princípios de funcionamento das usinas nucleares de Angra dos Reis.

**Palavras chaves:** Radioatividade; Usinas Nucleares; Ciência, Tecnologia e Sociedade.

### Abstract

According to the National Energy Plan, by the year 2030, Brazil intends to build four nuclear plants and by the year 2050, there will be another eight, in a total of fifteen thermoelectric plants in operation in the country. Understanding the lack of information to the general public and the lack of joint discussions with the various sectors that compose Brazilian society, the present work, carried out in a state public school in Florianópolis / SC, understands the previous knowledge, the positions and attitudes of our students on the controversial issues inherent in discussions on nuclear energy, and to check some common and misconceptions, generally reproduced when discussing the theme, encouraging our students to claim themselves as part of the discussions and debates. In this sense, assuming the dialectic between technician and politician in these discussions, we share, in the context of the classroom, the experience we had in the production and application of an instructional material related to the radioactivity and the operating principles of the Angra dos Reis nuclear power plants.

**Key words:** Radioactivity; Nuclear power plants; Science, Technology and Society.

---

<sup>1</sup> [psgmontedo@gmail.com](mailto:psgmontedo@gmail.com);

<sup>2</sup> [ricardo.marinelli@ufsc.br](mailto:ricardo.marinelli@ufsc.br);

## Introdução

### Contextualizando o ensino de Física à democratização do debate nuclear

Educar é também compreender e fazer-se compreender sobre a relação entre o progresso e os sucessos tecnológicos alcançados pela humanidade e a construção social de uma situação de risco e vulnerabilidade nunca antes vista na história do nosso processo civilizatório. É assim perceber a ciência enquanto elemento catalizador das mudanças de um mundo em constante transformação e a necessidade de nos repensarmos enquanto sujeitos desta mudança.

Tais mudanças, aceleradas e universais, são características permanentes dos tempos modernos, implicando novos desafios nas dimensões da formação dos nossos jovens que integram as diversas etapas do ensino nas escolas brasileiras. Postman e Weingartner (1971, p.13), há quase cinco décadas, já alertavam que “de um modo geral, a sobrevivência da nossa sociedade está ameaçada por um número crescente de problemas inéditos e, até a data, insolúveis”, tornando-se necessária uma educação que vise na juventude a construção de competências e a aplicação de estratégias na luta pela sobrevivência em um mundo repleto de conflitos, incertezas e oportunidades sem precedentes. As ideias de Casti (2012) parecem apontar para um cenário em que os níveis exponencialmente crescentes de complexidade das infraestruturas básicas à manutenção da sociedade moderna tornam a máxima dos autores ainda mais atual. De acordo com Casti, existe uma indiscutível fragilidade e conseqüente armadilha no entrelaçamento dos sistemas que sustentam o nosso estilo de vida, no qual a energia, a água, a comida, a comunicação, o transporte, a saúde, a segurança, as finanças, são tão interligadas que se assemelham metaforicamente a um castelo de cartas, um apoiado sobre o outro. Se um sistema espirrar, os demais correm o risco de contrair uma pneumonia e colapsar no mesmo instante. Conseqüentemente, nos perguntamos: que tipo de valores, atitudes, aptidões e saberes estamos propiciando à nossa juventude<sup>3</sup>, que os auxiliem à sobrevivência neste mundo em rápida transformação?

Compreendendo a ciência enquanto um constructo histórico, social, cultural e humano, torna-se pertinente afirmar a abordagem temática, no contexto do ensino de ciências, enquanto importante ferramenta na construção de caminhos possíveis para uma educação como prática libertadora<sup>4</sup>. Os autores Auler e Delizoicov (2001), defendem em seu trabalho um programa de ensino realizado por meio da utilização de temáticas inerentes à sociedade contemporânea e que problematizem questões controversas relacionadas à Ciência e Tecnologia (C&T). Salientam que, quando seguidos determinados critérios, podem vir a desvelar alguns mitos relacionados a uma visão de neutralidade da C&T na sociedade. Para os autores, estes mitos se manifestam por discursos de fundo, calcados sob uma superteoria do progresso; uma perspectiva salvacionista da C&T; assim como uma apropriação positivista do ideário tecnocrático, onde há incutido uma suposta supremacia aos detentores do saber científico no processo de decisões de temas envolvendo C&T.

---

<sup>3</sup> De acordo com o documento preliminar para a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), disponibilizado em abril de 2016 pelo Ministério da Educação (MEC), entende-se juventude como uma condição sócio-histórico-cultural, plural e em constante transformação, imersa em questões do seu tempo, “participante ativa do processo de formação que deve levar a sua autônoma e crítica inserção no mundo”, logo, com “importante função na definição dos rumos que a sociedade irá seguir” (BNCC, 2016, p.488).

<sup>4</sup> “A educação como prática da liberdade, ao contrário daquela que é a prática da dominação, implica a negação do homem abstrato, isolado, solto, desligado do mundo, assim também a negação do mundo como uma realidade ausente dos homens”. (FREIRE, 1987, p.81)

De acordo com documentos oficiais da Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), consta no Plano Nacional de Energia (PNE-2030) que o Brasil, até o ano de 2030, além de Angra 1 e 2 já em funcionamento e Angra 3 em fase final de construção, pretende construir quatro usinas nucleares, sendo duas no sudeste e duas no nordeste. Somando-se a isso, conforme o PNE-2050, estão planejadas outras oito termonucleares nos 20 anos seguintes, totalizando um conjunto de quinze usinas nucleares em funcionamento no país, ou seja, um aumento significativo da oferta. Embora a conjuntura de crise econômica e os deflagrados casos de corrupção imputados à Eletronuclear sejam elementos retardadores deste planejamento de expansão para o setor, acreditamos tratar-se de um debate inevitável. O crescimento demográfico acelerado, atrelado a uma futura ascensão na economia brasileira e o aumento na demanda de energia no setor produtivo, já prevista no PNE, implicam em uma provável crise energética sem precedentes para as próximas décadas. Guimaraes e Mattos (2011), autoridades na área, apontam a manutenção do percentual de oferta nuclear na matriz energética brasileira enquanto uma política necessária e estratégica para o setor. Segundo os autores, as grandes reservas de urânio contidas em território nacional; o domínio tecnológico do Brasil sobre o ciclo do combustível nuclear; a alta capacidade de geração ininterrupta de energia; as mudanças climáticas no que concerne ao Aquecimento Global e a emissão de CO<sub>2</sub>; assim como a economia e o diferencial competitivo do país na produção de energia, são fatores que contribuem a visão deste grupo.

Quando falamos de uma expansão significativa na produção de eletricidade do país nos moldes das usinas nucleares, ponto que carrega consigo uma grande carga de afetividade e resistência da população em geral, cristaliza-se a importância de nós, educadores, compreendermos a indispensabilidade da realização de amplos debates sobre o tema com a nossa juventude. De forma serena, é preciso dialogarmos sobre os desafios que implicam tais escolhas. Ao nosso ver, este debate demanda uma decisão com aspectos técnicos sim, mas, indubitavelmente, é amplo e com escolhas que irão determinar uma extensa janela de tempo para as futuras gerações, ou seja, trata-se de um debate com origem política, demandando, portanto, de uma decisão com participação coletiva que inclua os cidadãos destes país.

Como quase via de regra, a população tem sido colocada à parte destas discussões e o discurso tem prevalecido sob o argumento de que o povo é ignorante em matéria de conhecimento sobre o assunto, sendo esta uma discussão muito complexa e, portanto, pertencendo estas decisões aos especialistas da área. A eles seria possível uma suposta neutralidade, tornando-os *os únicos* aptos a se posicionarem quando as discussões permeiam temas relacionados a C&T. Discordamos de maneira veemente desta afirmação, e mais, alertamos que esta visão esconde, nas suas entrelinhas, uma forma de ver o mundo onde a população é alijada do seu direito de escolha, do processo democrático, e abduzida de um furacão de discussões que, uma hora ou outra, trilha um caminho comum às linhas gerais sobre o modelo de sociedade em que vivemos, mas principalmente, o modelo de sociedade que queremos.

Desta forma, questões cada vez mais interligadas no seu horizonte político e técnico se entrelaçam diante da necessidade de ampliarmos significativamente a participação da população nos debates e escolhas que determinarão os rumos da nossa sociedade. Uma educação com viés crítico e emancipador deve compreender, também no âmbito científico e tecnológico, a construção dos saberes enquanto pilares de sustentação teórica, e porque não, prática, da práxis política de uma juventude em busca da sua cidadania. Buscamos no desenvolver deste trabalho, evidenciar a urgência e inevitabilidade de nos apropriarmos deste debate, enquanto sujeitos da nossa própria história, em seus aspectos técnicos e políticos.

Admitir a reciprocidade entre o caráter técnico e político na discussão que envolve a produção nucleoeletrica, significa reconhecer não só a participação da população como elemento fundamental à manutenção do exercício democrático, mas também, que alguns aspectos

técnicos da área são imprescindíveis para um debate com qualidade e serenidade na análise dos fatos. Veiga (2011), no seu livro – *Energia Nuclear, do Anátema ao Diálogo* – alerta que em sua vida acadêmica, durante palestras e seminários, “não é raro notar que alguns participantes chegam a ignorar até mesmo a diferença entre fissão e fusão nuclear”, e salienta que um debate com tais dimensões exige daqueles que o fazem o “compromisso ético de lutar para que a retórica afetiva não sufoque a fria análise dos fatos” (VEIGA, 2011, p.7). Desta forma, nos propusemos a iniciar um movimento contínuo na compreensão dos conhecimentos comuns à radioatividade e aos princípios de funcionamento das usinas nucleares brasileiras, na área da Física, que viriam a qualificar nossos jovens, discentes do ensino médio, nos debates e tomadas de decisões referentes à produção de energia nucleoeletrônica no Brasil.

O presente trabalho carrega entre os seus objetivos um esforço partilhado pela comunidade acadêmica, isto é, a incorporação da Física Contemporânea no cotidiano de sala de aula do ensino médio. Para isso, através da Física Nuclear, discutindo questões que envolvem conhecimentos sobre Radioatividade e as Usinas Nucleares Brasileiras, buscamos no decorrer desse projeto realizar uma discussão aberta sobre o tema, aliando uma determinada rigorosidade dos saberes científicos necessários à sua compreensão, à necessidade de democratização do debate nuclear na sociedade.

## **Metodologia**

O projeto pode ser dividido em ao menos quatro momentos distintos: (i) Investigando as concepções e atitudes da turma; (ii) Construção de um Material Didático; (iii) Chão de Sala; (iv) Aplicação do Conhecimento.

### **Da investigação**

Inicialmente nos dedicamos a tentar compreender os saberes prévios, os posicionamentos e atitudes dos nossos estudantes diante de questões controversas inerentes às discussões sobre a energia nuclear. Além disso, queríamos verificar algumas concepções comuns e equivocadas, amplamente difundidas, inclusive pelos meios de comunicação, e geralmente reproduzidas quando discute-se a temática. Deste modo, por meio de um estudo dos trabalhos de Cunha & Silva (2009); Rzycki & Sartori (1997); Tanimoto (2014); Barragam, Mortimer e Leal (2009); construímos e aplicamos um questionário junto a duas turmas do segundo ano do ensino médio. O questionário contou com trinta questões divididas em quatro eixos: (1) *Compreensões sobre radiação e radioatividade*; (2) *Energia nuclear e os rejeitos radioativos*; (3) *A produção de energia elétrica no Brasil*; (4) *Mitos sobre a neutralidade científica*. Em cada um destes eixos, tivemos um misto de questões do tipo diretas, com objetivo meramente exploratório, assim como afirmações propostas por meio de uma escala de opiniões do tipo Likert. Detalhes deste questionário, assim como a análise dos resultados, estão disponíveis no trabalho de mestrado de Montedo, P.S.G (2017).

### **Da construção do material didático**

A partir da análise do questionário, nos propusemos a traçar as linhas gerais que nortearam a construção do material instrucional utilizado no projeto. Neste material, conforme as necessidades observadas durante a pesquisa de campo, partindo de uma problematização inicial<sup>5</sup> e o desenvolvimento didático de conhecimentos que entrelaçaram a Física e Química, incluímos informações sobre os princípios de funcionamento dos reatores nucleares de Angra

---

<sup>5</sup> O texto “*Carta ao Estudante: Precisamos falar sobre a nossa opção Nuclear!*”, teve como objetivo instigar a curiosidade e participação dos estudantes através do sentimento de pertencimento às discussões nucleares.

dos Reis e alavancamos discussões de fundo que seriam refletidas com, e pelo grupo, durante a aplicação do projeto.

## Do Chão de Sala

O desenvolvimento da temática foi realizado com uma do terceiro ano do ensino médio, na Escola Simão José Hess, em Florianópolis/SC. No intuito de extrapolar os aspectos específicos à discussão do tema, dividimos o projeto em dois momentos distintos, embora concomitantes. Desta forma, no decorrer de 20 horas-aulas, aplicamos o material didático, o qual tem um direcionamento maior ao estudo da física e dos conhecimentos comuns sobre energia nuclear. No período extraclasse, construímos momentos destinados à exibição e debate de alguns documentários envolvendo a temática<sup>6</sup>, onde, com a devida orientação, veio a complementar algumas das discussões específicas do conteúdo, e, permitir que os alunos explorassem pontos controversos do debate, os quais, em diversos momentos, induzem a uma visão de neutralidade da ciência na sociedade. Estes círculos de discussões foram batizados pela turma como “*Cine Simão Nuclear*”.

## Da aplicação do conhecimento

A avaliação e consolidação desta proposta de ensino seguiu os seguintes procedimentos: (i) Produção de vídeos; (ii) Relatos, na semana seguinte aos documentários, sobre as impressões, angústias e pontos que gostariam de conhecer mais sobre o tema; (iii) Apresentação do debate à comunidade escolar, realizada durante a Mostra Cultural da escola. Neste momento, que pode ser visto na Figura 1, o grupo dividiu a temática em diversos trabalhos específicos, dialogando com pais, estudantes e professores, a importância de nos reivindicarmos enquanto parte deste debate. (iv) Relato final às atividade desenvolvidas no projeto.



Figura 1: Apresentação dos trabalhos na Mostra Cultural da Escola Simão José Hess.

<sup>6</sup> Os documentário exibidos foram: Hiroshima, o dia seguinte; O Desastre de Chernobyl; Segundos Fatais: A Usina Nuclear de Fukushima; Linha Direta: O Acidente Radiológico com Césio 137 em Goiânia.

## Da Análise dos Resultados às Considerações Finais

A partir do direcionamento para uma política de expansão significativa do setor nuclear no Brasil, tivemos como objetivo central deste trabalho, a democratização do debate nuclear no Ensino Médio e as contribuições do ensino de Física na qualificação das intervenções dos nossos educandos neste processo.

Conforme apontou a pesquisa, as concepções prévias dos nossos alunos, antes da aplicação do projeto, indicaram uma fragilidade em um conjunto amplo de saberes na área, com dimensões tanto específicas quanto gerais. Dentre estas, podemos listar algumas, como: A radiação como um tipo de propagação de energia “*exclusivamente*” nocivo ao ser humano; Diferenças entre radiação e radioatividade, assim como, contaminação e exposição radioativa; Atividade atômica e meia vida de alguns elementos; Aplicações da Energia Nuclear e sua relação com a nossa vida cotidiana; Noções sobre a origem da energia no núcleo atômico e seus processos de obtenção; Informações gerais sobre a composição da matriz elétrica brasileira e suas potencialidades; O funcionamento dos reatores nucleares utilizados no país e as diferenças tecnológicas com os reatores que levaram aos incidentes de Fukushima e Chernobyl; Ciclo e enriquecimento do Urânio; Controle e reaproveitamento de rejeitos radioativos; As diferentes concepções sobre o que é Energia Limpa; A relação de confiança, com via única, do discurso científico enquanto elemento balizador à aceitação das Usinas Nucleares; A quem pertence o debate sobre a expansão do setor nuclear no país; A relação linear e progressiva entre o desenvolvimento científico e tecnológico, e as soluções das mazelas da nossa sociedade.

Ao longo do projeto, durante cada aula e debates realizados com a turma após os documentários, nos foi possível observar a apropriação de pontos específicos do conteúdo da física à discussão, assim como a evolução no nível das argumentações, favoráveis ou não, do conjunto de alunos. Estudantes que até então pouco participavam nas aulas de física, reivindicaram sua voz e vez nestas discussões. Além disso, em diversos momentos, houveram conflitos de ideias e opiniões entre alguns grupos, como previsto pelas posições e atitudes observadas no questionário. Coube a nós, administrá-los de forma a permitir que ocorressem de maneira crítica e aberta aos diversos pontos de vista e impulsionassem um debate que não tem apenas uma verdade.

De acordo com os relatos finais entregues pelos estudantes, no qual fizeram uma avaliação do projeto e sua participação nas atividades, as aulas da disciplina tiveram um sentido melhor definido, isto é, um motivo do porquê estarem estudando Física. Compreendemos esta afirmação como resultado de um processo de significação na decodificação de determinados conceitos, antes aparentemente inúteis para eles. Além disso, houve um interesse maior pelos espaços construídos, com alguns alunos mostrando-se ansiosos para as dinâmicas seguintes. Relataram ainda, que suas atividades não se reduziram ao cronograma de estudos do grupo, isto é, houveram dúvidas que geraram pesquisas com as mais diversas fontes e conseqüentemente provocaram novas dúvidas, por diversas vezes trazidas para o contexto de discussões da turma. Na nossa compreensão, a abordagem temática assumiu um contexto diferente de tempo e espaço escolar, corroborando um sentimento de satisfação pelo tempo empenhado, não só aos discentes, mas a nós professores.

Por fim, amparados na pesquisa e aplicação do projeto no chão de sala, reafirmamos nossa convicção de que o debate nuclear é indispensável à juventude, herdeiros das nossas escolhas e responsáveis por encontrar saídas aos problemas deixados pela nossa geração. A temática nuclear trata de uma questão de ordem técnica e política, a qual entrelaça as nossas decisões à maneira como reproduzimos nossa vida no sistema capitalista. Interpretando Durkheim (1895), é preciso repensarmos nossos valores, hábitos, costumes, prioridades, de forma que consigamos

superar os entraves ideológicos que condicionam nossas necessidades e respostas a formas padronizadas de conduta e pensamento, isto é, o debate nuclear nos exige a saída de uma zona de conforto, a superação de uma consciência coletiva com respostas pré-programadas. Debater energia é debater sociedade, a que temos e a que queremos.

## Referências

- AULER, D & DELIZOICOV, D. (2001). Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê?, Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, v.3, n.1, junho
- BARRAGÁN, P.; MORTIMER, E. F.; LEAL, A. Avaliação preliminar sobre o conceito de Radiação e algumas de suas tecnologias: ideias informais de estudantes do ensino médio. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis-SC, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Curricular Comum: Proposta Preliminar – Segunda Versão – Revista. Conselho Nacional de Educação; abril/2016.
- CASTI, J. L. O colapso de tudo: os eventos extremos que podem destruir a civilização a qualquer momento. Tradução de Ivo Korytowski e Bruno Alexandre. Intrínseca, Rio de Janeiro, 2012. 149
- CUNHA, M. & SILVA, D. Construção e Validação de um questionário de atitudes frente as relações CTS. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências, VII Enpec, 2009. Florianópolis.
- DURKHEIM, Emile. As regras do método sociológico; 1895. [tradução: Paulo Neves; revisão da tradução Eduardo Brandão; 1999].
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. Plano nacional de energia 2030 – PNE 2030. Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_. Plano nacional de energia 2050 – PNE 2050. Rio de Janeiro, 2015.
- FREIRE, Paulo. Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GUIMARÃES L. S.; MATTOS J. R. L. Energia Nuclear: Desmistificação e Desenvolvimento. In: VEIGA, José Eli da. Energia Nuclear: do anátema ao diálogo. São Paulo: SENAC, 2011. p. 26-79.
- MONTEDO, P.S.G. Uma Proposta de Ensino em Física e a Democratização do Debate Nuclear: Da Radioatividade aos Princípios de Funcionamento das Usinas Nucleares Brasileiras. Florianópolis – SC. 271 f. [Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)]. Universidade Federal de Santa Catarina –UFSC. 2017.
- POSTMAN, Neil; WEINGARTNER, Charles. Contestação: nova fórmula de ensino. Expressão e Cultura, 1971.
- RZYSKI, Barbara M.; SARTORI, Carla E. Avaliação do conhecimento da população paulistana sobre a energia nuclear e os rejeitos radioativos – O acidente de Goiânia despertou o interesse? In: Conferência Internacional sobre o Acidente Goiânia 10 anos depois. 1997.
- TANIMOTO, Kátia Suemi. Proposta de um questionário destinado a avaliar a percepção de risco relativa a um repositório de rejeitos radioativos. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- VEIGA, José Eli da. Energia Nuclear: do anátema ao diálogo. São Paulo: SENAC, 2011.