



ABORDAGEM DA NATUREZA DA CIÊNCIA EM SALA DE AULA: ESTUDO DE CASO DO RPG MINÉRIOS EM JOGO

Vânia de Oliveira Alves, Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo
(EEL USP), vaniaalves@usp.br

Maria da Rosa Capri, Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo
(EEL USP), mariarosa@usp.br

EIXO TEMÁTICO: Formação de professores para Educação em Direitos Humanos

Resumo: A inclusão da Natureza da Ciência no currículo escolar permite apresentar aos alunos a ciência como uma atividade humana, dinâmica e construída coletivamente. No entanto, faltam subsídios para que professores possam adotar essa abordagem no cotidiano das salas de aula. Este trabalho pretende demonstrar como a problematização e as metodologias ativas de ensino-aprendizagem podem contribuir para o alcance deste propósito. Apresenta, também, um estudo de caso em que esta proposta didática foi implementada com estudantes do ensino médio da rede estadual de ensino, dentro da disciplina de química. A partir desta pesquisa, foi possível verificar que a junção entre problematização e metodologias ativas mostrou-se eficaz para o debate sobre a Natureza da Ciência e o fomento da discussão sobre a tomada de decisão socialmente responsável, alinhada à promoção dos Direitos Humanos, no contexto das aulas de ciências do ensino básico.

Palavras-Chave: Natureza da Ciência, Problematização, Metodologias Ativas, RPG, Direitos Humanos

Abstract: The inclusion of Nature of Science in schools allows students to understand science as a human, dynamic and collectively-built activity. However, there is a lack of guidelines for

teachers to adopt this approach in classroom. This paper aims to demonstrate how problem based strategies plus active teaching-learning methodologies can contribute to achieve this purpose. It also presents a case study in which this didactic proposal was implemented with high school students of public education, within the discipline of chemistry. From this research, it was possible to verify that the combination of problem based strategies and active methodologies proved to be effective for the debate on the Nature of Science and the promotion of the discussion about socially responsible decision making, aligned with the Human Rights, in the context Of elementary school science classes.

Keywords: Nature of Science, Problem Based Strategies, Active Methodologies, RPG, Human Rights.

INTRODUÇÃO

Na sociedade contemporânea, profundamente marcada pelas inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, há um relativo consenso em torno da inserção da Natureza da Ciência nas salas de aula como forma de promover o pensamento crítico entre professores e alunos e a tomada de decisões socialmente responsáveis na realidade concreta - dois dos principais objetivos da educação científica (CONRADO, NUNES-NETO, EL-HANI, 2014; SANTOS, MORTIMER, 2001). A compreensão da ciência como processo amplo e participativo, proporcionada pela presença da Natureza da Ciência no currículo escolar, tende a favorecer a aplicação do princípio da precaução, que considera os potenciais riscos para as pessoas e para o meio ambiente decorrentes do desenvolvimento técnico-científico.

Uma importante demonstração da relevância da Natureza da Ciência para a formação cidadã é observada a partir da luta empreendida pela cientista Rachel Carson para a proibição do uso do inseticida DDT, ainda na década de 1950 – período em que seus efeitos adversos, como malformações congênitas, cânceres e danos à camada de ozônio, começavam a ser conhecidos (PRAIA, GIL-PÉREZ, VILCHES, 2007). Embora o nome de Carson tenha se tornado referência nessa questão, principalmente após a publicação do livro Primavera Silenciosa (CARSON, 1980), destacamos que seu posicionamento só pode ser compreendido à luz da junção dos diversos conhecimentos científicos da época (em áreas como química, medicina, biologia, saúde pública) e do conhecimento empírico de um conjunto de cidadãos que, coletivamente, elaboraram os argumentos contra o uso dessa substância. Sem a visão abrangente construída por esta comunidade, muitos legisladores e numerosos membros da

comunidade científica permaneceram favoráveis ao uso do DDT, sob alegação de que a substância era essencial para o progresso e para a garantia de fornecimento de alimentos à população mundial.

Quanto à definição, a expressão “Natureza da Ciência” abrange um vasto conjunto de elementos que se referem à construção, ao estabelecimento e à organização do conhecimento científico, e que podem ser reunidos em dois grandes grupos (MOURA, 2014):

1) Natureza da Ciência como um conjunto de consensos sobre como a ciência é feita, que incluem os aspectos abaixo:

- Inexistência de um método científico universal;
- Conexão, embora sem relação de causa e consequência, entre teoria e observação/experiência;
- Influência de variados contextos (social, cultural, político, etc) sobre a ciência;
- Uso de fatores como imaginação, crenças pessoais e influências externas pelo cientista enquanto faz ciência.
- Mutabilidade, pois o objetivo da ciência é a busca de explicação para os fenômenos, e eles são dinâmicos;

2) Natureza da Ciência como uma semelhança familiar entre os diferentes campos disciplinares, principalmente em relação a:

- Atividades: a observação e a experimentação são características da ciência, embora cada campo disciplinar as faça a seu modo;
- Objetivos e valores: cada ciência possui propósitos, que podem ser interpretados de forma diferente de acordo com a tradição filosófica que a subsidia;
- Metodologias e regras metodológicas: a ciência é construída a partir de determinados parâmetros, não aleatórios, sendo parte deles considerados consensuais e outros variando grandemente entre os diversos campos disciplinares;
- Produtos: cada ciência gera seus resultados (hipóteses, teorias, leis, dados experimentais) a partir do cumprimento dos objetivos a que se propôs e das metodologias peculiares de seu campo disciplinar. Além disso, esses resultados são comunicados gerando outros produtos (artigos científicos, trabalhos em congressos) também característicos da ciência.

Em linhas gerais, a Natureza da Ciência permite reestabelecer as inter-relações entre o mundo e o conhecimento de mundo gerado por meio da ciência, além de identificar os limites de validade e as bases sobre as quais a ciência é construída. Por isso, sua inclusão em sala de aula tem sido amplamente recomendada pelos documentos norteadores dos currículos de ciências (BRASIL, 1999; 2002a), bem como pelas diretrizes para a formação de professores de ciências (BRASIL 2001; 2002b) e pela pesquisa acadêmica da área de ensino de ciências.

Resta aos professores, no entanto, a dúvida sobre como inserir estes aspectos no cotidiano da sala de aula. Sugerimos que a construção do currículo integre temas e conteúdos e interrompa a fragmentação do ensino tradicional - não apenas quanto à divisão do conhecimento em campos disciplinares bem delimitados, mas também à separação entre corpo e mente, razão e sentimento, ciência e ética (CAPRA, 2006; MITRE et al, 2008). Além disso, os discursos que subjazem a interação entre professores e alunos devem ser revistos (MORTIMER, 2002).

A fim de enfrentar os problemas da fragmentação e do discurso implícito no processo ensino-aprendizagem, este trabalho propõe, respectivamente, a estruturação do currículo em torno da problematização e a adoção de metodologias ativas em sala de aula.

PROBLEMATIZAÇÃO NA ABORDAGEM DA NATUREZA DA CIÊNCIA

Por que problematizar?

A problematização caracteriza-se não apenas pela proposição de questões, mas pela identificação e discussão de eventuais conflitos intrínsecos à situação apresentada (ZANOTTO; ROSE, 2003). Por essa característica, a problematização é uma estratégia defendida por diferentes pesquisadores e a partir de variados argumentos.

Segundo John Dewey, o estudante precisa ser apresentado a uma situação-problema instigante, com propósitos definidos, para então buscar as informações e os instrumentos mais adequados para solucionar o desafio. O resultado da aprendizagem é, portanto, concreto e demonstrado por meio de uma aplicação prática (PEREIRA et al., 2009). Em Paulo Freire, por sua vez, a problematização é uma *práxis* - uma via de mão dupla, um processo - em que o sujeito busca soluções para um problema não explícito e torna-se capaz de interferir na situação identificada, transformando a si mesmo e à realidade no entorno em decorrência das ações empreendidas (FREIRE, 1987).

Independente do viés adotado, a problematização configura-se como instrumento de reflexão sobre a realidade, de produção de conhecimentos, e da promoção da autonomia do estudante na tomada de decisões. Tais características são fundamentais para a abordagem da Natureza da Ciência, pois conferem um caráter contínuo de construção do conhecimento a partir do uso de conhecimentos científicos e de fatores outros, como a criatividade, a curiosidade, a intuição e a emoção (MITRE et al., 2008).

O que problematizar?

A partir dos pressupostos da Natureza da Ciência e alinhados com a necessidade de formar cidadãos capazes de tomar decisões socialmente responsáveis, pesquisadores da área de ensino de ciências têm estudado a simulação de problemas hipotéticos em sala de aula (MORTIMER, 2002).

Sob o ponto de vista da aprendizagem significativa, tais problemas devem fazer referência a conteúdos potencialmente significativos e que estimulem uma postura proativa do aluno (NOVAK, CAÑAS; 2010). Para tanto, deve-se observar atentamente as relações entre disciplina científica e demais áreas do conhecimento, bem como entre escola e comunidade (MITRE et al., 2008).

Nesse sentido, Mortimer (2002) ironiza ao destacar o “privilégio” brasileiro em contar com uma variedade de problemas comunitários reais e pungentes, com grande potencial de inserção nas aulas de ciências - a exemplo da ausência de saneamento básico ou dos recorrentes episódios de contaminação ambiental. Por isso, defende que as escolas observem a realidade concreta para, a partir dela, extrair os casos a serem estudados. Essa mudança de postura, que se opõe à simulação de casos hipotéticos, permitiria ao Brasil contribuir para a transformação de sua realidade social, além de fornecer importantes conhecimentos à comunidade internacional na área de ensino de ciências, dado que os problemas de pesquisa aqui existentes emergem das condições sociais, econômicas e culturais do país.

Como problematizar?

A preocupação em *como* problematizar emerge dos estudos - realizados *sobre e nas* salas de aula - que evidenciaram que o planejamento de atividades não era suficiente para

garantir o sucesso da aprendizagem dos alunos, mas que a linguagem e a dinâmica discursiva das interações em sala de aula também eram de grande relevância (MORTIMER, 2002).

Assim, a ação educativa requer reflexão sobre o papel tradicional do professor como transmissor absoluto do saber - e, por consequência, do aluno como um receptor passivo de informações - a fim de fomentar instâncias de debate, negociação e partilha de concepções sobre a realidade em sala de aula (MITRE et al., 2008). Uma das formas de intervir na estrutura e na organização didática, de modo a estabelecer essas instâncias, consiste na adoção de metodologias ativas de ensino-aprendizagem.

METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Similaridades

Em relação à filiação teórica, as metodologias ativas derivam de duas correntes principais: a desenvolvimentista e a motivacional. Na primeira, defende-se que as tarefas interativas produzem conflitos cognitivos e expõem os alunos a pensamentos de alta qualidade, melhorando o aprendizado. Já na segunda, entende-se que os aprendizados individuais geram recompensas aos demais membros do grupo, acompanhadas de normas e sanções que favorecem o alcance dos objetivos educacionais (SLAVIN, 1987).

As metodologias ativas configuram, ainda, métodos cooperativos de aprendizagem. Segundo Cohen (1992), tais métodos envolvem o trabalho de alunos divididos em pequenos grupos, de modo que todos tenham oportunidade de participar de uma tarefa coletiva sem a supervisão direta do professor. Para Barbosa e Jófili (2004) o trabalho cooperativo estimula os estudantes a terem solidariedade, responsabilidade, criatividade, iniciativa e menor grau de ansiedade, desde que a estruturação dos métodos de trabalho em grupo evite a dispersão, forneça clareza quanto às tarefas a serem desempenhadas e à importância do papel de cada integrante para a aprendizagem coletiva.

Quanto às características das metodologias ativas, a primeira delas é o uso da problematização. Como apresentado anteriormente, a problematização parte de problemas ou situações que geram dúvidas, desequilíbrios ou perturbações intelectuais, com forte motivação prática e estímulo cognitivo para evocar as reflexões necessárias à busca de adequadas escolhas e soluções criativas. Tendo como ponto de partida a realidade social, possibilita o

exercício da dialética ação-reflexão-ação, da qual podem surgir desdobramentos interdisciplinares, o pensamento crítico e a responsabilização pela própria aprendizagem.

Outra característica é o papel diferenciado do professor no contexto das metodologias ativas. O docente deve desejar, antes de tudo, que os alunos participem ativamente do próprio processo de aprendizagem. Para isso, precisa desenvolver a crença na capacidade de cada discente em desenvolver-se a si mesmo e a compreensão do processo por meio do qual a aprendizagem acontece, além de habilidades de facilitação e do conhecimento especializado detido pelo professor.

Já em relação às métricas de avaliação, as metodologias ativas viabilizam processos fundamentados na cooperação entre todos os participantes, que contribuem para a reflexão sobre a prática e, portanto, para o aperfeiçoamento das ações empreendidas *por meio da e durante* a atividade proposta. Desta forma, a avaliação torna-se um processo formativo (FERREIRA; CARVALHO, 2004) que supera a constatação de conteúdos decorados e o aspecto punitivo, instaurando hábitos necessários para que os estudantes se tornem aprendizes ao longo de toda a vida (BLACK; WILIAN, 1998).

Diferenças

O diferencial entre as metodologias ativas reside no conjunto de estratégias que elas oferecem para o alcance dos objetivos educacionais. A seguir, descrevemos as características de três importantes metodologias ativas de ensino-aprendizagem: o Ensino por Problematização (*Inquiry Based Learning*); a Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem Based Learning*) e o Jogo de Interpretação de Personagens (*Role-Playing Game*).

- **Ensino Por Problematização (*Inquiry Based Learning*)**

O Ensino por Problematização caracteriza-se pela observância de cinco etapas principais (MITRE et al., 2008):

- 1) Observação da realidade: observação atenta de um determinado aspecto da realidade pelo aluno, que expressa suas percepções em uma primeira leitura sincrética;
- 2) Identificação de pontos-chave: aprofundamento do estudo, em que o aluno empreende análise reflexiva e seleciona pontos mais relevantes para a compreensão do problema;

- 3) Teorização: análise das informações pesquisadas quanto à relevância para a resolução do problema. Se feita adequadamente, permite compreender aspectos práticos e princípios teóricos do problema. O professor estimula a participação ativa do estudante.
- 4) Estabelecimento de hipóteses de solução: estímulo à originalidade e à criatividade para a elaboração de hipóteses inovadoras e aplicáveis à realidade;
- 5) Aplicação à realidade: execução das soluções que o grupo considerou mais viáveis e generalização do aprendizado para uso em diferentes situações, discriminando em que circunstâncias não é possível ou conveniente sua aplicação, exercitando tomadas de decisão.

- **Aprendizagem Baseada Em Problemas (*Problem Based Learning*)**

A Aprendizagem Baseada em Problemas estrutura-se em torno da exposição de um caso pelo professor aos estudantes, seguido de sessões tutoriais (CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014).

O caso a ser estudado deve ser fundamentado em situações reais ou próximas da realidade, criando condições para que o ensino e a aprendizagem sejam focados em como lidar com situações que os estudantes poderão se deparar em seu cotidiano. A organização dos conteúdos (conceituais, procedimentais e atitudinais) de diferentes áreas do conhecimento a serem mobilizados e discutidos, a partir do caso, é essencial para o êxito da estratégia.

Já as sessões tutoriais ocorrem durante as aulas. Nelas, o docente orienta as discussões, o uso de materiais e a mobilização de conhecimentos de várias áreas (AZER, 2005). Os estudantes organizam-se em grupos e geralmente aplicam uma rotina organizacional composta por sete etapas (CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014) - que, embora não rígidas, auxiliam o planejamento e a avaliação de soluções para o caso:

- Identificação do problema: compreensão da relação do problema com a realidade e esclarecimento de termos ou expressões desconhecidas;
- Definição do problema: descrição dos fenômenos que devem ser explicados e do tipo de decisão a ser tomada;
- *Brainstorming*: uso de conhecimentos prévios para formular explicações e buscar respostas para o problema;

- Detalhamento: criação de hipóteses coerentes e detalhadas, identificando lacunas nas discussões empreendidas até o momento;
- Proposição de temas de aprendizagem autodirigida: definição do que precisa ser estudado, dos meios e recursos necessários para a investigação;
- Busca de informações e estudo individual: estudar os conteúdos selecionados;
- Avaliação: compartilhamento de conclusões com o grupo, integração dos conhecimentos adquiridos e avaliação geral do processo de resolução do problema.

Na medida em que atua na resolução de casos, o aluno desenvolve a capacidade de se organizar e de assumir a responsabilidade pela própria aprendizagem.

- **Jogo de Interpretação de Personagens (*Role-Playing Game*)**

O *Role-Playing Game* (RPG), embora seja traduzido como Jogo de Interpretação de Personagens, é mais conhecido pelo nome em inglês. Dentre as metodologias aqui elencadas, é a única não elaborada especificamente para o ensino, mas adaptada a partir das características de um jogo convencional de RPG. Não consiste, portanto, na obediência de passos pré-estabelecidos, mas requer um desenvolvimento específico de acordo com o objetivo educacional a ser alcançado.

A adaptação de jogos para o ensino possui características em comum: a presença de conteúdos acadêmicos mesclados à narrativa; o uso de cenários que reflitam a experiência no mundo real; a liberdade de ação por meio de um conjunto de regras; a possibilidade de junção de ensino e avaliação na mesma plataforma; e a possibilidade de uso desse material em larga escala (PERKOSKI, 2015). A crescente adoção do RPG no âmbito pedagógico, por sua vez, deve-se a uma maior variedade de situações complexas propiciadas aos alunos do que a verificada outros tipos de jogos (RODRIGUES, 2004). Nesse sentido, vários pesquisadores em ensino de ciências, principalmente fora do Brasil, têm estudado a simulação de processos de tomada de decisão em sala de aula, em processos chamados de *role playing* ou desempenho de papéis (MORTIMER, 2002).

Foram realizadas visitas à unidade do Serviço Social do Comércio (SESC) de Taubaté, São Paulo, entre os dias dez e vinte e quatro de setembro de 2016 para presenciar encontros (sessões) de RPG convencional. A partir destas experiências e de consulta à literatura, os autores verificaram que os jogadores de RPG interpretam personagens em uma história

contada por um narrador, também chamado de mestre. O mestre conduz a narrativa propondo situações nas quais os jogadores devem tomar uma decisão livre, porém baseada em suas habilidades inatas e nos recursos de que dispõem (HORTA; ALMEIDA, 2012). Portanto, o jogador de RPG deve deter um conhecimento prévio em relação às características de seu personagem, para que haja coerência em suas decisões e ações.

As decisões de cada jogador são transmitidas a todos, e a rodada prossegue com as ações dos jogadores subsequentes. O contexto e as decisões anteriores dos personagens devem ser recapituladas pelo narrador, para evitar que os jogadores sucessivos tomem decisões desconexas da realidade do jogo, ou que desconsiderem alguma informação relevante para o prosseguimento da atividade. O narrador, portanto, atua como o tecelão de uma história construída coletivamente.

ESTUDO DE CASO: NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO BÁSICO

Com o intuito de inserir a discussão sobre a Natureza da Ciência no currículo do ensino básico, o projeto de dissertação em desenvolvimento pelos autores adotou os procedimentos elencados neste trabalho: problematização e seleção/desenvolvimento de uma metodologia ativa.

A problematização foi realizada a partir do caso do rompimento das barragens do Fundão e de Santarém, em novembro de 2015, na cidade de Mariana/MG, que desencadeou um desastre ambiental sem precedentes na história do Brasil. Acidentes em atividades de mineração ocorrem com relativa frequência, embora não cheguem ao conhecimento da população. Técnicas mais seguras para a drenagem dos resíduos da mineração existem, mas elevam os custos de produção em cerca de seis vezes, o que tem feito com que as mineradoras em todo o mundo optem por assumir os riscos decorrentes da adoção de sistemas menos onerosos, como o modelo de aterro hidráulico que constitui essas barragens (LOPES, 2016). Desde o ocorrido, complexos problemas socioambientais tem se desenovelado e proporcionado amplo material de debate sobre aspectos da Natureza da Ciência para as aulas de ciências.

Como metodologia ativa de ensino-aprendizagem, foi escolhido o *Role-Playing Game*. Características como a narrativa ficcional atrelada à histórica (FRANCISCO, 2011), o enredo normalmente sem fim (CRAWFORD, 1982) e a promoção de uma prática cooperativa/não

competitiva entre os participantes (SALDANHA; BATISTA, 2009) foram consideradas diferenciais importantes para a inserção da Natureza da Ciência no currículo escolar dessa temática. A característica cooperativa, por exemplo, remete ao envolvimento e a atuação conjunta de diferentes atores sociais que devem participar conjuntamente das decisões em uma sociedade democrática (CHASSOT, 2003; SANTOS, 2007). Já a estrutura do jogo na forma de uma narrativa concede linearidade e dinâmica à linguagem científica, favorecendo a compreensão da Natureza da Ciência e o estabelecimento de ligações semânticas entre objetos, eventos e pessoas (SEPÚLVEDA; EL-HANI, 2006).

A seguir, são apresentadas as etapas de elaboração de um RPG específico, intitulado *Minérios em Jogo* (desenvolvido especificamente para este projeto), a caracterização dos sujeitos de pesquisa e os resultados obtidos com a aplicação do jogo.

Elaboração do RPG Minérios em Jogo

- **Narração**

A primeira autora assumiu o papel de narradora do RPG, propondo situações aos jogadores, com base nas quais eram tomadas decisões (ou ações). A cada sessão (rodada), novas intervenções eram propostas aos personagens. O professor da turma acompanhou todas as sessões e foi solicitado a não realizar intervenções no decorrer das atividades.

- **Tema**

Como tema que incentivasse conflitos cognitivos nos estudantes, foi selecionado o evento do rompimento da barragem de rejeitos de mineração da empresa Samarco, em Mariana/MG - ocorrido em 5 de novembro de 2015 e que, à época de aplicação do projeto, estava completando um ano. Considerou-se que, além do potencial problematizador desta temática, a repercussão midiática do aniversário deste evento poderia colaborar com a atividade proposta, aumentando a familiaridade dos alunos com o tema.

- **Personagens**

Para o bom andamento de um RPG, é recomendado que haja um pequeno número de personagens, diminuindo assim a quantidade de informações e variáveis com as quais os jogadores precisam lidar ao tomar suas decisões durante o jogo. Como a atividade foi planejada para uma sala de aula do ensino médio, que comporta em torno de quarenta alunos,

optou-se por criar quatro personagens, cada um deles a ser interpretado por um grupo de alunos.

Nesse sentido, foram selecionadas quatro instituições de Lorena/SP, cidade em que o projeto foi aplicado, para serem personagens do RPG Minérios em Jogo. Estas instituições foram escolhidas com base na leitura de seus estatutos, com ênfase na análise do conjunto missão-visão-valores. Os personagens do RPG deveriam oferecer potencial contribuição para a compreensão de aspectos da Natureza da Ciência, além de representarem interesses legítimos envolvidos no tema selecionado (rompimento da barragem de rejeitos de mineração em Mariana/MG). Assim, as instituições cujos estatutos atendiam a esses critérios são apresentadas no Quadro 1:

Quadro 1 - Instituições selecionadas como personagens do RPG Minérios em Jogo

INSTITUIÇÃO	DESCRIÇÃO	MISSÃO
Escola de Engenharia de Lorena (EEL)	Instituição de Ensino Superior da área de engenharia, que desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão comunitária	Concentrar áreas de pesquisa estratégica para o desenvolvimento nacional, buscando produtos e processos que impulsionem o progresso científico e tecnológico do país, envolvendo campos como biotecnologia industrial, metais refratários, química e meio ambiente.
Floresta Nacional de Lorena (FLONA)	Unidade de Conservação Florestal federal, que desenvolve atividades de manejo	Promover o uso múltiplo e sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.
Instituto de Estudos Valeparaibanos (IEV)	Organização não governamental	Defesa do patrimônio ambiental, histórico e cultural.
Instituto UKA de Saberes Ancestrais (UKA)	Organização não governamental	Promover a consciência da presença das culturas indígenas e de sua importância na formação da identidade brasileira.

- **Cenário**

O cenário para o desenvolvimento do jogo foi definido como a cidade de Lorena, na qual estão situadas as instituições-personagens e onde foi aplicado o projeto. No entanto, à luz do tema “mineração”, foi preciso planejar como esse cenário comportaria discussões entre os personagens em torno da questão mineradora. Planejou-se então um enredo em que Lorena seria a sede de uma investigação sobre impactos da atividade mineradora no passado (século XVIII, período de intenso garimpo de ouro em Minas Gerais), no presente (extração e beneficiamento de minério de ferro, também em Minas Gerais) e no futuro (exploração sustentável de nióbio em Minas Gerais e na região Amazônica), e em que cada personagem

deveria contribuir com informações relevantes para ampliar a compreensão de aspectos da Natureza da Ciência envolvidos nesses contextos históricos.

- **Expressão das ações/tomadas de decisão durante o jogo**

A argumentação durante o RPG pode ser expressa por meio de por tabuleiros físicos, plataformas *online*, uso de figurinos (à semelhança de um teatro) ou ainda por outros modos definidos em comum acordo entre os participantes. No RPG Minérios em Jogo, as ações dos personagens foram expressas e registradas por meio de mapas conceituais - representações gráficas que relacionam conceitos por meio de termos de ligação, criando proposições que, em conjunto, respondem a uma questão focal dada inicialmente.

Essa ferramenta foi desenvolvida na década de 1970, sob liderança de Joseph Novak e com base na Teoria da Aprendizagem Significativa, com o propósito de pesquisar mudanças na forma como crianças compreendiam a ciência. A equipe iniciou o trabalho realizando entrevistas e compilando transcrições, mas houve grande dificuldade em identificar mudanças específicas apenas analisando este material, o que motivou o desenvolvimento dos mapas conceituais (NOVAK; CAÑAS, 2010). Os mapas conceituais requerem níveis elevados de desempenho cognitivo em sua produção e viabilizam a aprendizagem significativa na medida em que estimulam a relação entre conceitos novos e anteriores do aprendiz (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Caracterização dos sujeitos de pesquisa

O projeto foi aplicado entre os meses de setembro e novembro de 2016 em uma turma do 3º ano do ensino médio atrelado ao curso técnico em informática para internet de uma escola técnica estadual da cidade de Lorena/SP. Foi utilizada uma hora-aula semanal com duração de cinquenta minutos da disciplina de Química. O diretor da escola, o professor da disciplina, os alunos participantes e seus responsáveis legais assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido,

A aplicação do projeto em aulas de Química justifica-se pelo conjunto de competências e habilidades preconizadas para esta disciplina nas orientações curriculares nacionais (BRASIL 2002a; 2004), correlacionadas aos aspectos da Natureza da Ciência elencados durante a introdução deste trabalho.

Aplicação do RPG Minérios em Jogo

A princípio, foi preciso promover o conhecimento das características de cada personagem por parte dos alunos participantes do jogo. Assim, foi elaborado um material auxiliar com dados geográficos e históricos de cada instituição, formatados como uma Ficha de Personagem - instrumento comum em jogos convencionais de RPG. Esta ficha foi disponibilizada aos alunos na semana anterior ao início das rodadas de RPG. Os alunos puderam, então, dividir-se em quatro equipes de acordo com a preferência manifestada por cada personagem. Formaram-se, deste modo, quatro equipes, correspondentes aos quatro personagens (EEL, FLONA, IEV e UKA), compostas respectivamente por seis, quatro, sete e oito alunos.

Na semana seguinte deu-se início à Sessão 1, em que cada personagem foi chamado a uma primeira interpretação sobre a exploração mineral no país, partindo do cenário de extração de ouro em Minas Gerais no século XVIII. Nesse contexto, o personagem EEL trazia informações sobre os métodos de extração do ouro, especialmente o garimpo, que fazia intenso uso de mercúrio; a personagem FLONA demonstrava as implicações da contaminação ambiental por mercúrio; o personagem IEV apresentava a cidade de Lorena/SP como caminho para o transporte do ouro extraído em Minas Gerais para o porto de Paraty/RJ; e o personagem UKA trazia dados sobre a contaminação de comunidades ribeirinhas pela ingestão de peixes contaminados com mercúrio. Nesta atividade inicial, cada equipe pôde aprofundar conhecimentos em torno de seus personagens e de parte de suas demandas. Os dados foram apresentados por meio do fornecimento de artigos científicos e de palavras-chaves que auxiliaram o encadeamento das ideias principais. As impressões dos jogadores ao longo da rodada foram manifestadas por meio da construção de um mapa conceitual.

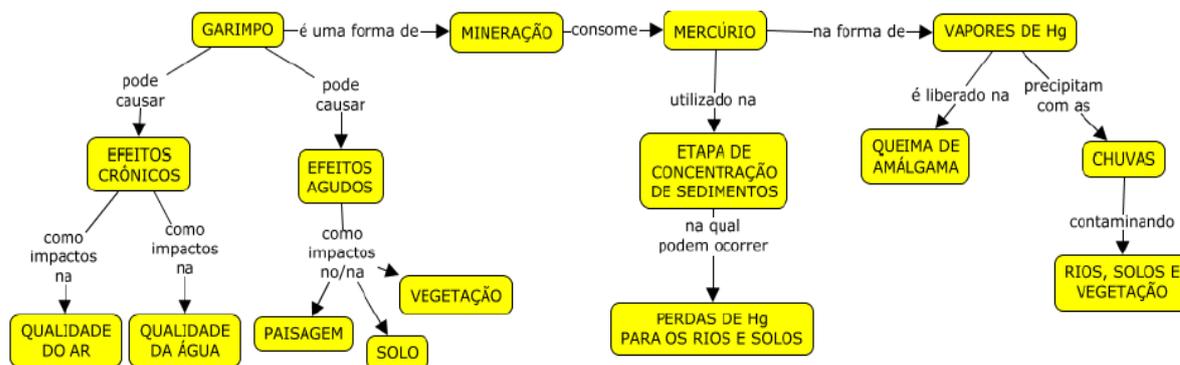
Na Sessão 2, a proposta foi revisitar o trabalho iniciado na semana anterior. O enredo do jogo conduziu os estudantes, desta vez de forma individual, a confrontarem trechos do mapa conceitual de sua própria equipe com excertos dos mapas conceituais que haviam sido feitos pelos demais grupos. Esta etapa foi projetada com o intuito de favorecer a criação de conexões entre as representações criadas por cada equipe, facilitando o posterior processo de junção dos quatro mapas conceituais em um único. Ao fim desta rodada, as quatro equipes foram conduzidas a unir as informações que cada personagem disponibilizava sobre o processo de extração do ouro na forma de um único mapa conceitual.

Na Sessão 3, o enredo do jogo estabeleceu a transição para o tempo presente, e os jogadores foram apresentados uma reportagem com infográfico referente ao rompimento da barragem de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro em Mariana/MG (TRINDADE, 2015). O infográfico permitia aos alunos visualizar o percurso dos rejeitos ao longo dos territórios de Minas Gerais e Espírito Santo, até a sua chegada ao mar, e também citava possíveis riscos para a fauna, a flora e as comunidades locais. A partir desta nova informação, foi sugerido que os personagens promovessem um rearranjo do mapa conceitual unificado na semana anterior, de modo a ampliar agora a compreensão sobre a diversidade de processos e de impactos da atividade mineradora.

Na Sessão 4, última rodada do jogo, o enredo transportou os personagens para o futuro, com o objetivo foi associar todas as informações discutidas nas semanas anteriores e elaborar uma reportagem referente à projeção da exploração de nióbio no Brasil - a ser publicada, hipoteticamente, em rede social, dado que a turma de alunos era composta por formandos do curso técnico em informática para a internet. A atividade foi desenvolvida no laboratório de informática, em que os alunos poderiam acessar o mapa conceitual unificado, elaborado nas semanas anteriores, além de todas as referências apresentadas durante as sessões precedentes e outras que julgassem necessárias.

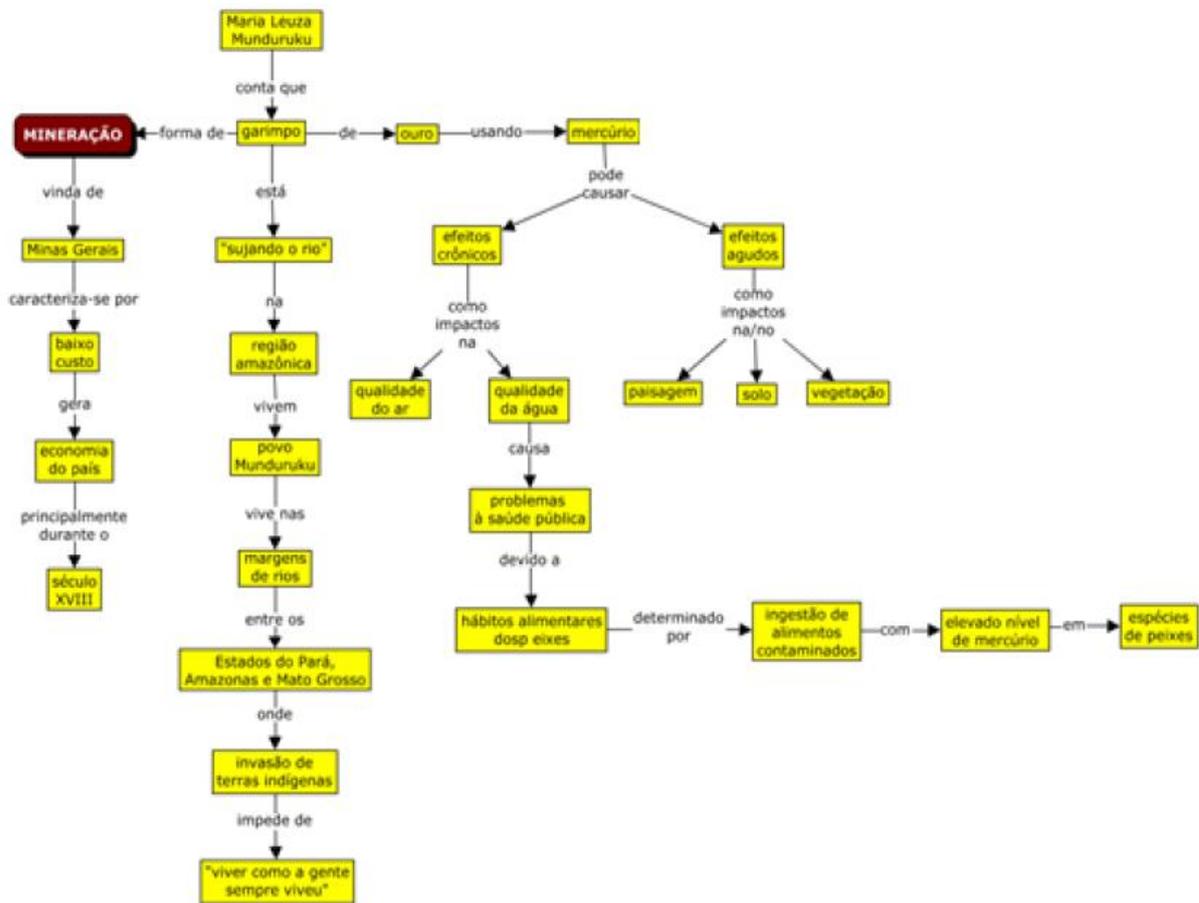
A seguir, destacamos trechos dos resultados obtidos com a aplicação das rodadas do RPG Minérios em Jogo. A Figura 1 reproduz o mapa conceitual produzido pelo personagem FLONA ao fim da Sessão 1. Na figura, é possível observar que conceitos técnicos da área da química, como “queima de amálgama”, foram corretamente associados a implicações na saúde humana e ambiental, denunciadas em depoimentos presentes em textos jornalísticos e artigos científicos fornecidos à equipe.

Figura 1 - Mapa conceitual produzido pelo personagem FLONA, na Sessão 1



A Figura 2, por sua vez, reproduz a junção de mapas conceituais realizada pelos personagens ao longo da Sessão 2. Verifica-se a união do viés de cada personagem para a ampliação da compreensão da atividade mineradora e suas implicações históricas e econômicas (trazidas pelo personagem IEV), comunitárias (trazidas pelo personagem UKA) e ambientais (trazidas pelo personagem FLONA).

Figura 2 - Mapa conceitual unificado, produzido na Sessão 2



Por fim, reproduzimos a seguir a redação produzida pelo personagem EEL na Sessão 4:

A importância da participação de uma instituição na revisão do atual Código da Mineração é de adequar cada parágrafo a atualidade, com todas as mudanças necessárias para uma vida mais saudável, além de aproximar os adolescentes aos códigos e leis.

Há pontos polêmicos em relação ao Código PL 5807/13, como o incentivo à descoberta de jazida e ao mesmo tempo a privatização de alguns lugares para a não extinção desses lugares.

Com experiências em mineração de ouro e de minério de ferro, há pontos a serem revisados no PL 5807/13, como a exploração em alguns meses ao ano, para que não haja a extração em excesso, levando a escassez da fonte.

Para que não falte para a produção de cápsulas espaciais, mísseis e foguetes além de reatores nucleares.

Devemos tomar alguns cuidados em relação ao consumo, conforme o comércio aumenta a demanda, começa a aumentar consequentemente a extração, levando a desequilíbrio gerando problemas socioambientais, gerando fonte de pesquisa por meio das empresas e instituições para novos materiais.

Destacamos, neste enxerto, que a equipe reconheceu a existência de polêmicas em torno do PL 5807/13, relativas ao incentivo à descoberta e à exploração de jazidas e à possibilidade de futuras privatizações. No que se refere à apresentação de propostas para o aperfeiçoamento do Projeto de Lei, a fim de atender mais adequadamente as necessidades e interesses da EEL, a equipe sugeriu que a extração de minério de nióbio seja limitada a alguns meses do ano – fazendo uso de um raciocínio análogo ao do período de “defeso”, em que a autorização para a pesca é restringida pelo governo. Houve, portanto, a preocupação em relacionar o aumento no consumo, decorrente da pesquisa científica e das descobertas de novos usos para os recursos minerais, com o aumento da demanda pela extração desses minérios e com as possíveis consequências socioambientais desse processo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Intentamos, por meio deste trabalho, demonstrar a importância da abordagem de aspectos da Natureza da Ciência no currículo escolar, e em especial nas disciplinas científicas, a fim de colocar em discussão as demandas sociais que emergem do desenvolvimento técnico-científico. Para isso, consideramos necessário discorrer sobre as formas de problematização e a importância da escolha de problemas socioambientais que emergem da realidade brasileira. Ainda, consideramos oportuno demonstrar como as diferentes metodologias ativas de ensino-aprendizagem viabilizam a inserção da problematização em sala de aula.

Ao longo do projeto de dissertação retratado neste trabalho, procurou-se inserir a discussão da Natureza da Ciência junto a alunos do ensino médio da rede pública estadual, a partir de uma problematização relativa ao desastre ambiental de Mariana/MG e à adoção do *Role-Playing Game* como metodologia ativa de ensino-aprendizagem.

A partir dos dados coletados com a aplicação do projeto, foi possível verificar que a atividade favoreceu a abordagem da Natureza da Ciência, ao permitir aos estudantes o acesso

à linguagem científica presente em artigos e textos de divulgação científica, bem como aos depoimentos de diferentes atores sociais envolvidos na atividade científica e nos impactos sociais e ambientais destas atividades.

O processo de construção e de reelaboração de mapas conceituais ao longo das rodadas do jogo permitiu vivência o aspecto da mutabilidade e de construção coletiva da ciência, que se rearranja com bases na disponibilidade de novas evidências ou de novas necessidades. Os quatro personagens - que representavam instituições de Lorena/SP, mas em defesa de interesses mais amplos no contexto nacional - proporcionaram perspectivas complementares para os temas abordados no decorrer das sessões de RPG, o que justificou a opção inicial de inserir no jogo uma análise do contexto social local por meio da abordagem de aspectos da natureza da Ciência.

A atividade final, que solicitou a elaboração de reportagem projetando a exploração de nióbio, permitiu, de modo especial, a relação entre teoria e observação/experimentação, bem como a manifestação da imaginação e do conjunto de crenças dos integrantes do grupo para o estabelecimento de hipóteses, característicos do trabalho científico. Por fim, as regras metodológicas da ciência foram representadas pelo enredo, fio condutor da atividade aplicada com os estudantes.

A partir do exposto, consideramos que o projeto foi bem sucedido, embora aperfeiçoamentos possam ser implementados em aplicações futuras, como o aumento do tempo de aplicação do jogo, com o intuito de aprofundar a identificação dos jogadores com os personagens interpretados no RPG. Pode-se, também, conferir recursos ou habilidades extras aos jogadores de acordo com a complexidade das relações estabelecidas *pelas e entre* as equipes, de modo a incentivá-las a representarem com maior rigor os diferentes atores sociais envolvidos e a aproximar, ainda mais, as discussões em sala de aula para o mundo real.

REFERÊNCIAS

- AZER, S. A. Challenges facing PBL tutors: 12 tips for successful group facilitation. *Medical Teacher*, v. 27, n. 8, p. 676-681, 2005.
- BARBOSA, R. M. N.; JÓFOLI, Z. M. S. Aprendizagem cooperativa e ensino de química – parceria que dá certo. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 1, p. 55-61, 2004.

BLACK, P.; WILIAN, D. Inside the Black Box: Raising standards through classroom assessment. Phi Delta Kappa, out. 1998.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

_____. Ministério da Educação. Plano Nacional de Educação - PNE. Brasília: INEP, 2001.

_____. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCN + ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002a.

BRASIL. Resolução CNE/CP 1, de 18 de fevereiro de 2002. Institui diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica, em nível superior, curso de Licenciatura, de Graduação plena. Brasília: DOU, 2002b.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica (SEB), Departamento de políticas do Ensino Médio. Orientações Curriculares do Ensino Médio – Volume 2: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2004.

CAPRA F. O ponto da mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente. Cultrix: São Paulo, 2006.

CARSON, R. Primavera silenciosa. Barcelona: Grijalbo, 1980.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Revista Brasileira de Educação, s/v., n. 22, p. 89 - 100, jan. – abr. 2003.

COHEN, E. G. Restructuring the classroom: conditions for productive small groups. Issues in Restructuring Schools, n. 2, p. 4-7, abr. 1992.

CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei F.; EL-HANI, Charbel N.. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) na Educação Científica como Estratégia para Formação do Cidadão Socioambientalmente Responsável. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, São Paulo, v. 14, n. 2, p.77-87, 2014.

CRAWFORD, C. The art of game design. 1982. 81 p. Disponível: <http://www-rohan.sdsu.edu/~stewart/cs583/ACGD_ArtComputerGameDesign_ChrisCrawford_1982.pdf>. Acesso em: 19 set. 2016.

FERREIRA, M. C.; CARVALHO, L. M. O. A evolução dos jogos de física, a avaliação formativa e a prática reflexiva do professor. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 26, n. 1, p. 57-61, 2004.

FRANCISCO, R. J. S. Os jogos de interpretação de personagens e suas perspectivas no ensino de história. Dissertação (Mestrado em História Social). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2011.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 17^a ed. São Paulo: Paz e Terra, 1987.

HORTA, A. S.; ALMEIDA, L. F. Projeto Alius Educare: RPG para a educação e conscientização ambiental. Game for change – full papers. In: XI SBGAMES – Brasília – DF – Brazil, November 2nd - 4th, 2012.

LOPES, L. M. N. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. *Sinapse Múltipla*, v. 5, n. 1, p. 1-14, jun. 2016.

MITRE, S. M.; SIQUEIRA-BATISTA, R. GIRARDI-DE-MENDONÇA, J. M.; MORAIS-PINTO, N. M.; MEIRELLES, C. A. B.; PINTO-PORTO, C.; MOREIRA, T.; HOFFMANN, L. M. A. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 13, sup 2, p.2133-2144, 2008.

MORTIMER, E. F. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 1, p. 36-59, 2002.

MOURA, B. A. O que é Natureza da Ciência e qual sua relação com a História e a Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 7, n.1, p. 32-46, jan.-jun. 2014.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. Tradução de Luis Fernando Cerri e revisão técnica de Fabiano Morais. *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan. - jun. 2010.

PEREIRA, E. A.; MARTINS, J. R.; ALVES, V. S.; DELGADO, E. I. A contribuição de John Dewey para a educação. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 3, n. 1, mai. 2009.

PERKOSKI, I. R. Desenvolvimento e avaliação de um jogo educativo para o ensino de comportamentos de prevenção do *bullying* escolar. Dissertação. 2015. Mestrado em Análise do Comportamento. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

RODRIGUES, S. *Role-Playing Game* e a pedagogia da imaginação no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SALDANHA, A. A.; BATISTA, J. R. M. A concepção do *Role-Playing Game* (RPG) em jogadores sistemáticos. *Psicologia, Ciência e Profissão*, v. 29, n. 4, p. 700-717, 2009.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Rev. Brasil. Educ.*, v. 12, n. 36, set. – dez. 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para a ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SEPÚLVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Apropriação do discurso científico por alunos protestantes de biologia: uma análise à luz da teoria da linguagem de Bakhtin. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 1, p. 29-51, 2006.

SLAVIN, R. Development and motivational perspectives on cooperative learning: a reconciliation. *Child development*, v. 58, p. 1161-1167, 1987.

ZANOTTO M, ROSE T. Problematizar a própria realidade: análise de uma experiência de formação contínua. *Revista Educação e Pesquisa*, v. 29, n. 1, p. 45-54, 2003.