

## SITUAÇÃO-PROBLEMA SOBRE RADIOTERAPIA NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA: CONTEXTOS DE UMA INVESTIGAÇÃO

*Problem-Situation Of Radiotherapy In The Teaching Of University Level Chemistry: Contexts Of An Investigation*

**Flávia Cristiane Vieira da Silva** [flavia.cristianevs@gmail.com]

Unidade Acadêmica de Serra Talhada – Universidade Federal Rural de Pernambuco

**Angela Fernandes Campos** [afernandescampos@gmail.com]

*Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 – Recife/PE.*

**Maria Angela Vasconcelos de Almeida** [angela.vasc@uol.com.br]

*Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 – Recife/PE.*

### Resumo

O presente estudo analisou como a resolução de uma situação-problema sobre radioterapia, contribuiu para a construção de conceitos relacionados à radioatividade. Para resolver a situação-problema proposta, baseada em um contexto real, os licenciandos em Química de uma Instituição Federal de Ensino Superior vivenciaram uma sequência de atividades com elementos do Ensino por Pesquisa que abordava os três aspectos do conhecimento químico, a saber, teórico, fenomenológico e representacional. A análise dos resultados mostrou que a construção de uma situação adaptada de um contexto real é uma boa alternativa para a aprendizagem de conceitos de radioatividade, pois permite o desenvolvimento da temática sob o ponto de vista de diversos aspectos do conhecimento químico.

**Palavras-Chave:** Situação-Problema, Radioterapia, Ensino Superior de Química

### Abstract

The present study analyzed how to resolve a problem-situation regarding radiotherapy, contributing to the construction of concepts related to radioactivity. In order to resolve the problem-situation proposed, based on a real context, chemistry graduates of a Federal Higher Education Institution underwent a sequence of activities with elements of research teaching that discussed the three aspects of chemical knowledge: theoretical, phenomenological and representational. The results showed that creating a situation adapted from a real context is a good alternative for learning radioactivity concepts, since it allows development of the issue from the perspective of a number of aspects of chemical knowledge.

**Keywords:** Problem Situation, Radiotherapy, University Level Chemistry.

## INTRODUÇÃO

Sabe-se que os professores adotam metodologias de ensino semelhantes as que foram sujeitos enquanto estudantes (Gil Pérez, 1996; Maldaner, 1999), por isso, acreditamos que é necessário que professores na sua formação inicial entrem em contato com metodologias coerentes com a “forma” de ensinar que se deseja que eles pratiquem. Concordamos com Martins (2002), quando o autor defende que é necessário que o Ensino de Ciências, e de forma particular o Ensino de Química, deve contemplar conceitos referentes à Ciência e a Tecnologia que levantem questões atuais da sociedade. A forma como o ensino é conduzido nas salas de aula da Licenciatura em Química deve possibilitar a formação desses futuros profissionais, dessa forma atendendo as necessidades da sociedade que são cada vez mais complexas.

Dentre a grande quantidade de conteúdos curriculares da Licenciatura em Química podemos citar a radioatividade que envolve questões tais como: energia, meio ambiente, acidentes nucleares, lixo atômico, medicina, etc. Sendo que, para compreender a radioatividade em todos os seus aspectos e sua complexidade, é preciso que sua abordagem em sala de aula não se reduza a simples transmissão de informações e envolva questões que permita reconhecer sua presença na natureza, em sistemas tecnológicos e de que forma a sociedade influencia e é influenciada por isso.

Baseado em diversos autores (Pozo & Crespo, 2009, Meirieu, 1998; Cachapuz, Praia, Jorge, 2002; Macedo, 2002; Azevedo, 2004) acreditamos que a realização de diferentes atividades, acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, pode colocar o aluno em situação de construção/reconstrução de seus conhecimentos, superando aulas caracterizadas por demonstração e tímida participação dos estudantes. Além disso, estudos têm apontado experiências exitosas referente à abordagem por resolução de problemas no ensino de Ciências (Silveira, 2011; Carneiro & Dal Farra, 2011; Latasa, et al., 2012; Lorenzo, et al., 2011) e também no ensino de Química (Lacerda, et al., 2012; Simões Neto, et al., 2013; Vega, et al., 2014).

Sob essa perspectiva, buscamos nessa investigação analisar a eficácia de uma estratégia didática pautada na resolução de uma situação-problema vinculada a uma sequência didática construída com elementos do ensino por pesquisa, com os licenciandos de química de uma Instituição Federal de Ensino Superior. Nesse sentido, adotou-se ideia de Meirieu (1998, p. 192) sobre SP: “situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. Esta aprendizagem que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema se dá ao vencer o obstáculo na realização da tarefa”.

Nuñez et al (2004), tal como Meirieu (1998), lidam com a ideia de uma SP como obstáculo. De acordo com os autores, uma SP pode ser considerada como um estado psíquico de dificuldade intelectual, sendo esta dificuldade inicialmente verificada porque o aluno não possui meios para resolver a SP, apesar de considerar que aquilo que o aluno traz para sala de aula, ou seja, suas concepções espontâneas contribuam para a resolução da mesma. O obstáculo relacionado à SP torna-se claro também nas palavras de Peduzzi (1997). Segundo o autor um problema (tomado por nós como semelhante à situação-problema) é aquele que o indivíduo procura resolver, mas não consegue solucionar de forma imediata ou automática. Para isso, é necessário refletir, tomar decisões que o possibilite a superar o obstáculo.

Além disso, na construção de uma situação-problema é necessário levar em consideração algumas características, compartilhadas aqui de autores como Azevedo (2004), Nuñez et al (2004), Cachapuz, Praia e Jorge (2002), Meirieu (1998) e Pozo e Crespo (2009). Dentre essas características citamos: i – Deve ser interessante para o aluno e de preferência envolver a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade; ii – Uma SP deve permitir refletir sobre processos da Ciência e da Tecnologia bem como as suas inter-relações com a sociedade e o ambiente; iii – A SP deve partir de contextos reais; iv – Ao elaborar uma SP o professor deve refletir que os obstáculos são barreiras colocadas aos alunos para que eles consigam transpô-las ou, ainda, dificuldades para serem enfrentadas de maneira natural; v – A SP deve ser um problema aberto que permita a resolução inicial de forma qualitativa, possibilite o levantamento de hipóteses; vi – A SP deve permitir predizer ou explicar um fato, analisar situações

cotidianas e científicas e interpretá-las a partir dos conhecimentos pessoais e/ou do marco conceitual que a ciência proporciona.

Todas essas características buscam fazer com que o sujeito alcance a aprendizagem e supere o obstáculo, que é a resolução da situação-problema. O sujeito é colocado em ação pela própria situação proposta e pelos instrumentos utilizados na sequência didática, em interação ativa entre suas representações e aquelas introduzidas pelo educador. Essa situação-problema fornece a interação entre o conhecimento do aluno e a realidade escolar, sendo, assim, fundamental como ponto de partida para que os licenciandos tenham condições de compreender a dinâmica dessa estratégia didática e ser possível de organizar suas futuras práticas nessa perspectiva, não só na abordagem de conceitos relacionado à radioatividade, mas também em outros contextos.

## METODOLOGIA

A intervenção didática, realizada através de um minicurso, contou com a participação de estudantes do curso de Licenciatura em Química de uma Instituição Federal de Ensino Superior. Foi organizada utilizando elementos do ensino por pesquisa e o trabalho com situação-problema. Para a construção da SP utilizamos como contexto uma reportagem sobre radioterapia, publicada no jornal *O Estado de São Paulo*. A temática radioterapia foi escolhida, pois, nosso objetivo era abordá-la do ponto de vista positivo, ou seja, como um procedimento para o tratamento e cura do câncer, trazendo uma contribuição diferenciada do que geralmente é encontrado na literatura, a ênfase nos aspectos negativos da radioatividade, como acidentes nucleares, bombas atômicas, contaminação ambiental, dentre outros.

A elaboração da situação-problema bem como a sequência didática foram construídas com base nas orientações de Meirieu (1998), descritas a seguir:

### **1. Qual o meu objetivo? O que quero fazer com que o aluno adquira e que para ele represente um patamar de progresso importante?**

- Incentivar a participação dos alunos nas discussões sobre o tema radioatividade com ênfase nos aspectos positivos da temática, fazendo com que eles construam conceitos através da cooperação com os colegas e do respeito às diferentes formas de pensar. O progresso será alcançado através da interação com os colegas, os instrumentos didáticos e os professores, de forma a compreender a natureza das emissões radioativas, seu poder de penetração e tempo de meia-vida, relacionando o uso dos radioisótopos na radioterapia com essas propriedades.

### **2. Que tarefa posso propor que requeira, para ser realizado o acesso a este objetivo (comunicação, reconstituição, enigma, ajuste, resolução etc.)?**

- Atividades de pesquisa, discussão em grupo e interpretação das perguntas da situação-problema através do diálogo, o levantamento de hipóteses e a argumentação, a partir da contextualização do tema, valorizando as ideias que os alunos trazem sobre os conhecimentos científicos. Na primeira pergunta da situação-problema a tarefa requerida foi a de relacionar o tempo de meia-vida com a atividade de um radioisótopo, as duas perguntas seguintes relacionavam as propriedades e características no uso de um radioisótopo na medicina nuclear.

### **3. Que dispositivo devo instalar para que a atividade mental permita, na realização de tarefa, o acesso ao objetivo?**

#### **-Que materiais, documentos, instrumentos devo reunir?**

- Devo reunir o texto da situação-problema, um guia para análise da situação-problema que permita o levantamento de hipóteses, uma charge, atividades com simuladores, texto sobre o uso de radioisótopos na medicina adaptado para esta investigação, além das discussões durante a aula teórica.

#### **- Que instruções-alvo devo dar para que os alunos tratem os materiais para cumprir a tarefa?**

- Os alunos serão instruídos a trabalharem em grupos, utilizando os materiais disponibilizados pelos professores, além de discutirem de que forma cada instrumento e tópico da aula teórica contribuiu para a compreensão da temática e resposta para a situação-problema proposta.

**- Que exigências devem ser introduzidas para impedir que os sujeitos evitem aprendizagem?**

- Os alunos irão seguir uma sequência de atividades pré-elaborada pelos professores, a comunicação entre grupos não será permitida, porém, durante a realização da mesma os professores podem abrir espaço para esclarecimentos, sempre incentivando o diálogo entre os membros do mesmo grupo.

**4. Que atividades posso propor que permitam negociar o dispositivo segundo diversas estratégias? Como variar os instrumentos, procedimentos, níveis de orientação, modalidades de reagrupamento?**

- As atividades foram: Levantamento de concepções prévias, análise da situação-problema e levantamento de hipóteses, leitura e discussão de uma charge, atividade com simuladores computacionais, discussão durante aula teórica, leitura de texto temático, resposta a situação-problema.

Levantamento de concepções prévias: Nesta etapa os alunos entrarão em contato com afirmativas que abordam a temática da situação-problema.

Análise da situação-problema e levantamento de hipóteses: A análise da situação-problema e o levantamento de hipóteses darão uma ideia de como o grupo compreende o tema.

Leitura e discussão da charge: Etapa de motivação e diálogo, primeiro momento em que os alunos poderão se expor ao grande grupo.

Simuladores: Atividade lúdica, como forma de auxiliar na compreensão dos conceitos que estão sendo trabalhados durante a aula teórica. Para este trabalho escolhemos duas simulações para serem utilizadas durante a intervenção ambos disponibilizadas de forma gratuita pelo MEC, através do Banco Internacional de Objetos Educacionais (“Propriedades das emissões radioativas – poder de penetração” <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/854> e “Tempo de meia-vida” <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/1650>, acesso em 15/05/2014).

Aula Teórica: Traz novos conceitos sobre o tema e abre espaço para discussão e tirar dúvidas.

Leitura de texto temático: Novas informações relevantes para o entendimento e resolução da situação-problema proposta. O texto foi intitulado: Radioisótopos: Diagnóstico e Terapêutico.

Resolução da situação-problema: Os grupos poderão expor o que concluíram após a realização das atividades anteriores.

Seguindo estas orientações a seguinte situação-problema foi elaborada:

#### **Tratamento de Tratamento de Radioterapia Simulado**

Um dos mais importantes hospitais do litoral paulista foi investigado em 2009, sob a suspeita de ter simulado tratamentos de radioterapia oferecidos a pacientes com câncer. O Ministério Público Estadual (MPE) apurou que pelo menos sete doentes passaram pelo chamado acelerador linear - dispositivo que emite feixes de radiação sobre a área afetada - em um período em que o aparelho estava quebrado.

Em depoimento, uma técnica do setor de radioterapia confirmou a prática e disse ter recebido ordens para ludibriar pacientes, que teriam partido de um dos médicos responsáveis pela unidade de radioterapia do local desde 1986. Os pacientes que eram tratados nesta unidade de radioterapia foram relocados para outros hospitais. A unidade está fechada desde julho de 2009, quando surgiram as primeiras denúncias de que um dos equipamentos de radioterapia funcionava com a bomba de cobalto (fonte de radiação) vencida havia dois anos.

A direção do hospital abriu sindicância para apurar os indícios de irregularidades no atendimento aos pacientes e se comprometeu a repassar ao MP as informações coletadas. "Estamos estarecidos com o que aconteceu", disse o diretor técnico do hospital.

(Adaptado de “O Estado de S. Paulo” - Estadão - 29 de outubro de 2009

<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,em-santos-hospital-e-acusado-de-simular-radioterapia,458297,0.htm>)

*Diante deste fato, o que significa dizer que a bomba de cobalto estava vencida? O que deve ser considerado na hora de escolher um radioisótopo para este tipo de tratamento? Além do tratamento do câncer, utilizam-se radioisótopos para o diagnóstico de doenças, porém, estes devem ter características diferentes dos que são usados para fins de terapia. Qual explicação você daria?*

O curso foi estruturado de forma a contemplar atividades que abordassem os três níveis de conhecimento químico, macroscópico, microscópico e representacional, de forma que os alunos pudessem relacioná-los. Johnstone (1982) explicita esses níveis da seguinte forma:

- a) Nível descritivo e funcional (macroscópico): é o campo onde se pode ver e manusear materiais, analisar e descrever as propriedades das substâncias em termos de densidade, ponto e fusão etc. Observar e descrever suas transformações. Nesse caso, envolveria, por exemplo, discussão sobre a eficiência de um radioisótopo; tratamento não adequado com a bomba de cobalto vencida.
- b) Nível explicativo (microscópico): é o nível onde invocamos átomos, moléculas, íons, estruturas, teorias. Por exemplo, poder de penetração das partículas emissoras, lei do decaimento radioativo.
- c) Nível simbólico (representacional): é o campo onde representamos substâncias químicas por fórmulas e suas transformações por equações. É a linguagem sofisticada do conhecimento químico. Como ilustração, seriam as equações que reproduzem os decaimentos radioativos.

O quadro 1 a seguir resume as atividades organizadas, totalizando 24 horas:

Quadro 1: Resumo da sequência de atividades realizadas.

| Etapa        |   | Objetivo   | Atividades  | Instrumentos   |
|--------------|---|--|---|--|
| <b>DIA 1</b> | 1 | Apresentar a proposta didática   | Apresentação da proposta;<br>Leitura das instruções alvo.                   | Instruções-alvo  |
|              | 2 | Analisar as concepções prévias dos alunos sobre a temática radioatividade                    | Aplicação do questionário   | Questionário sobre radioatividade  |
|              | 3 | Possibilitar o trabalho com situações-problema   | Introdução sobre a estratégia didática da resolução de situação-problema    | Abordagem teórica  |
|              | 2 | Construir hipóteses sobre a situação-problema  | Apresentação da Situação-problema;<br>Análise da situação-problema          | Texto da situação-problema;<br>Guia de análise da situação-problema                                |
|              | 3 | Possibilitar uma discussão inicial acerca da temática radioatividade                         | Discussão teórica geral sobre a radioatividade e sua representação na mídia | Charge   |
| <b>DIA 2</b> | 1 | Contribuir para verificar ou tornar falsas as hipóteses e para construir novos conhecimentos | Sequência teórica sobre conceitos introdutórios de radioatividade.          | Abordagem teórica I - Princípios Gerais da Radioatividade (Parte I: Histórico e Tipos de Radiação) |
|              | 2 | Compreender a natureza das emissões radioativas e o poder de penetração das mesmas           | Utilização da simulação - Propriedades das emissões radioativas             | Simulação - Propriedades das emissões radioativas  |

|              |   |   |   |  |
|--------------|---|---|---|--|
|              | 3 | Contribuir para verificar ou tornar falsas as hipóteses e para construir novos conhecimentos                | Discussão da simulação e teoria abordada na simulação                     | Abordagem Teórica II - Princípios Gerais da Radioatividade (Parte II: Poder de Penetração e Cinética das Emissões) |
|              | 4 | Contribuir para verificar ou tornar falsas as hipóteses e para construir novos conhecimentos                | Sequência teórica sobre tempo de meia-vida e aplicações da radioatividade | Abordagem Teórica III: Princípios Gerais da Radioatividade (Parte III: Meia-vida e Aplicações da Radioatividade)   |
|              | 5 | Interpretar o tempo de meia-vida à luz da teoria  | Utilização da simulação – Tempo de meia vida                              | Simulação – Tempo de meia-vida   |
| <b>DIA 3</b> | 1 | Trazer novas informações acerca da temática da situação-problema  | Disponibilização do texto para leitura e discussão                        | Texto - Radioisótopos: Diagnóstico e Terapêutico   |
|              | 2 | Identificar se a situação-problema contribuiu para a aprendizagem dos conceitos referentes à radioatividade | Resolução da situação-problema  | Texto da situação-problema   |
|              | 4 | Avaliar a percepção dos alunos acerca da proposta didática  | Aplicação da ferramenta de análise da proposta didática                   | Ferramenta de análise da proposta didática   |

Fonte: Produção Própria

### **Análise dos Resultados**

Para análise das respostas dadas pelos grupos à situação-problema, consideramos os níveis de conhecimento químico como categorias *a priori*. Justifica-se a escolha, pois, segundo Mortimer, Machado e Romanelli (2000), é importante que os três níveis de conhecimento químico estejam presentes na abordagem de conteúdos em sala de aula. Ainda, priorizar um ou dois níveis no ensino de química contribui para uma aprendizagem distorcida dessa ciência. Nesse sentido, grupos que explicitaram suas respostas considerando os três níveis do conhecimento químico foram consideradas satisfatórias, RS. Respostas dos grupos considerando dois ou um nível do conhecimento químico, foram denominadas parcialmente satisfatórias, RPS e os que não se enquadraram nessas duas categorias foram consideradas respostas não satisfatórias, RNS.

### **Apresentação e Discussão dos Resultados**

A resposta dada pelos grupos, bem como a identificação dos níveis do conhecimento químico, estão expostas no Quadro 2:

Quadro 2: Resposta final dos grupos para a pergunta “Diante deste fato, o que significa dizer que a bomba de cobalto estava vencida?”

|                                      |  |   |   |                  |
|--------------------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>Grupo 1</b>                       | <b>Resposta:</b> <i>Dizemos que uma bomba de cobalto está vencida, quando o elemento cobalto já atingiu seu tempo de meia-vida, diminuindo sua eficiência, ou seja, ela tem sua atividade diminuída.</i>   |   |   |                  |
|                                      | <b>Micro</b>   | <b>Macro</b>  | <b>Representacional</b>                                       | <b>Categoria</b> |
| <b>Nível de Conhecimento Químico</b> | Ao citar que com o tempo de meia-vida atingido a atividade do radioisótopo foi diminuída.  | Ao inferir que, devido ao tempo de meia vida ter sido atingido, a eficiência do radioisótopo não era a mesma. | -   | RPS              |
| <b>Grupo 2</b>                       | <b>Resposta:</b> <i>A pastilha de cobalto, fonte de radiação do equipamento de radioterapia, tinha ultrapassado o tempo de meia vida e por esse motivo, o número de partículas beta emitidas foi reduzido tornando-se insuficiente para o tratamento adequado da doença.</i> |   |   |                  |
|                                      | <b>Micro</b>   | <b>Macro</b>  | <b>Representacional</b>                                       | <b>Categoria</b> |
| <b>Nível de Conhecimento Químico</b> | Ao explicar que o número de emissões de partículas tinha sido reduzido, pois o tempo de meia-vida do radioisótopo foi ultrapassado.  | Ao concluir que o tratamento não era adequado, pois o número de partículas emitidas reduzido.                 | Ao citar a partícula beta como radiação emitida pelo cobalto. | RS               |
| <b>Grupo 3</b>                       | <b>Resposta:</b> <i>Estava vencida no sentido de que ultrapassado um determinado tempo (tempo de meia-vida) o radioisótopo em questão já não emite radiação com a mesma intensidade.</i>   |   |   |                  |
|                                      | <b>Micro</b>   | <b>Macro</b>  | <b>Representacional</b>                                       | <b>Categoria</b> |
| <b>Nível de Conhecimento Químico</b> | Ao vincular o tempo de meia-vida ao vencimento da bomba de cobalto.  | -   | -   | RPS              |

Fonte: Produção Própria

A resposta apresentada pelo grupo 2 para a primeira pergunta da situação-problema (Quadro 2), contempla de forma satisfatória os três níveis de conhecimento químico. Observa-se a influência dos instrumentos didáticos na construção da resposta, além da presença de inferência relacionando com o texto de apresentação da situação-problema. O grupo 1 tem sua resposta categorizada como RPS, apresentando-a de forma geral, pouco estruturada. Já o grupo 3 apresenta uma conclusão

simples, deixando de incluir elementos trazidos pelas discussões e pelos instrumentos utilizados durante a realização da proposta.

Para a segunda pergunta da situação-problema, esperava-se que os grupos trouxessem aspectos do nível microscópico e representacional do conhecimento químico. Dois grupos apresentaram resposta satisfatória, alcançando o esperado e mostrando mais uma vez que a utilização dos instrumentos didáticos foi de grande importância ao trazer elementos que complementaram a aula teórica. Um grupo teve sua resposta categorizada como RPS, pois, apesar de abordar dois aspectos do conhecimento químico, o microscópico e macroscópico, este último não estava dentro do esperado para esta questão. O quadro 3 mostra com detalhes a análise dos resultados.

Quadro 3: Resposta final dos grupos para a pergunta “O que deve ser considerado na hora de escolher um radioisótopo para este tipo de tratamento?”

|                                      |  |  |  |                  |
|--------------------------------------|--|--|--|------------------|
| <b>Grupo 1</b>                       | <b>Resposta:</b> <i>Na hora da escolha de um radioisótopo para tratamento deve ser considerado o tempo de meia vida do radioisótopo e os tipos de radiação que ele emite que devem ser preferencialmente <math>\alpha</math> e <math>\beta</math>, devido ao seu alto poder de ionização.</i>  |  |  |                  |
|                                      | <b>Micro</b>   | <b>Macro</b>   | <b>Representacional</b>  | <b>Categoria</b> |
| <b>Nível de Conhecimento Químico</b> | Ao citar o tempo de meia-vida, o tipo de poder de ionização da radiação que deve ser emitido pelo radioisótopo.  | -  | Ao citar as partículas alfa e beta através de seus respectivos símbolos. | RS               |
| <b>Grupo 2</b>                       | <b>Resposta:</b> <i>Além do seu tempo de meia-vida que não pode ser muito curto, nem muito longo deve ser considerado para escolha de um radioisótopo o tipo de radiação emitida que deve ser preferencialmente de partículas <math>\alpha</math> e <math>\beta</math>, possuem alto poder de ionização responsável pela destruição ou danificação das células cancerígenas.</i> |  |  |                  |
|                                      | <b>Micro</b>   | <b>Macro</b>   | <b>Representacional</b>  | <b>Categoria</b> |
| <b>Nível de Conhecimento Químico</b> | Ao explicar que o número de emissões de partículas tinha sido reduzido, pois o tempo de meia-vida do radioisótopo foi ultrapassado.  | Ao citar o tempo de meia-vida, o tipo de poder de ionização da radiação que deve ser emitido pelo radioisótopo | Ao citar as partículas alfa e beta através de seus respectivos símbolos  | RS               |
| <b>Grupo 3</b>                       | <b>Resposta:</b> <i>Deve ser considerado o poder de ionização, pois quanto mais ionizável é a partícula incidente maior será a destruição da célula cancerígena pelos efeitos da radiação além de emitir partícula alfa e beta. O tempo de meia vida deve ser maior do que utilizado no diagnóstico.</i>   |  |  |                  |
|                                      | <b>Micro</b>   | <b>Macro</b>   | <b>Representacional</b>  | <b>Categoria</b> |
| <b>Nível de Conhecimento Químico</b> | Ao citar o tempo de meia-vida, o tipo de poder de ionização da   | Ao explicar que quanto mais ionizável a partícula, maior   | -  | RPS              |

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  | radiação que deve ser emitido pelo radioisótopo. | será a destruição das células cancerígenas. |  |  |
|--|--|---|--|--|

Fonte: Produção Própria

Na terceira pergunta da situação-problema dois grupos responderam de forma satisfatória RS. Os grupos destacam a questão do tempo que o indivíduo está em contato com a radiação (grupo 1) e o cuidado de não afetar células não cancerígenas (grupo 2). O grupo 3, tem sua resposta classificada como RPS, pois detêm suas conclusões quanto ao aspecto macro e micro, ou seja, a eficiência e/ou consequências no uso de determinado radioisótopo (Quadro 4).

Quadro 4: Resposta final dos grupos para a pergunta “Além do tratamento do câncer, utilizam-se radioisótopos para o diagnóstico de doenças, porém, estes devem ter características diferentes dos que são usados para fins de terapia. Qual explicação você daria?”

|                                      |   |  |  |                              |
|--------------------------------------|---|--|--|------------------------------|
| <b>Grupo 1</b>                       | <b>Resposta:</b> <i>Para o diagnóstico de doenças utilizamos os raios gama, pois ele tem alto poder de penetração, o que é relevante no caso de diagnóstico, visto que a radiação é utilizada apenas uma vez. Já no tratamento, como o uso da radiação é contínua os raios utilizados são os raios <math>\alpha</math> e <math>\beta</math>, que apresentam baixo poder de penetração, porém possui alto poder de ionização, o que torna o tratamento eficiente.</i>            |  |  |                              |
|                                      | <b>Micro</b>  | <b>Macro</b>   | <b>Representacional</b>                                      | <b>Categoria</b>             |
| <b>Nível de Conhecimento Químico</b> | Ao citar as propriedades poder de penetração e poder de ionização.  | Ao inferir que o alto poder de penetração dos raios gama faz com que no uso diagnóstico ele seja utilizado apenas uma vez, já para o tratamento o alto poder de ionização torna-o eficiente. | Ao citar as partículas alfa e beta através de seus símbolos. | RS                           |
| <b>Grupo 2</b>                       | <b>Resposta:</b> <i>Os radioisótopos usados para o diagnóstico de doenças, devem ter um tempo de meia-vida curto, uma vez que esse tipo de procedimento envolve a absorção do radioisótopo pelo corpo do paciente, e desse modo devem se desintegrar rapidamente. O tipo de radiação emitida não deve ter alto poder de ionização, sendo preferencialmente o uso de radiação gama (<math>\gamma</math>), pois uma radiação ionizante poderia prejudicar as células normais.</i> |  |  |                              |
|                                      | <b>Micro</b>  | <b>Macro</b>   | <b>Representacional</b>                                      | <b>Categoria da Resposta</b> |
| <b>Nível de Conhecimento Químico</b> | Ao citar o baixo tempo de meia-vida como uma propriedade que o radioisótopo   | Ao se referir aos efeitos da radiação no corpo humano.   | Ao trazer a representação dos raios gama.                    | RS                           |

|                                      |  |  |                         |                              |
|--------------------------------------|--|--|-------------------------|------------------------------|
|                                      | deve ter ao ser utilizado para diagnóstico.  |  |                         |                              |
| <b>Grupo 3</b>                       | <b>Resposta:</b> <i>A utilização de radioisótopos para o diagnóstico deve-se considerar elementos que apresentam um tempo de meia-vida de curto prazo para que não prejudique a saúde do paciente um (uma) vez que a incidência de partículas terá um decaimento rápido facilitando assim uma precisão do diagnóstico. Porém para fins terapêuticos é imprescindível utilizar radioisótopos com um tempo de meia-vida longo, que consiga danificar a estrutura da célula cancerígena favorecendo o tratamento.</i> |  |                         |                              |
|                                      | <b>Micro</b>   | <b>Macro</b>   | <b>Representacional</b> | <b>Categoria da Resposta</b> |
| <b>Nível de Conhecimento Químico</b> | Ao citar que é necessário considerar a propriedade tempo de meia-vida na hora de escolher um radioisótopo.   | Ao inferir que o tempo de meia-vida curto de um radioisótopo para diagnóstico não prejudica a saúde do paciente. | -                       | RPS                          |

Fonte: Produção Própria

### Algumas Considerações

A construção da situação-problema a partir de um contexto real é uma boa alternativa para a construção de conceitos de radioatividade, pois, permite o desenvolvimento da temática e a construção do conhecimento sob o ponto de vista de diversos aspectos de conhecimento químico. O que, provavelmente, pode facilitar na hora de organizar esse conteúdo enquanto professores do ensino médio em conformidade com as orientações propostas pelo governo.

As respostas trazidas pelos licenciandos, para a situação-problema proposta, indicam que eles buscaram agregar informações das atividades desenvolvidas durante o curso. Aspectos do conhecimento químico em nível microscópico, macroscópico e representacional puderam ser identificados nos textos apresentados sendo perceptível também que, apesar de todos terem acesso aos mesmos instrumentos, cada grupo expõe de forma particular suas conclusões, resultado da colaboração de cada participante do grupo, que, evidentemente, carrega e interpreta as informações de maneira particular.

### Referências bibliográficas

- Cachapuz, A., & Praia, J., & Jorge, M (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Carneiro, S. P., & Dal-Farra, R. A. (2011). As situações-problema no ensino de genética: estudando a mitose. *Genética na Escola*, 06(02), 30-34.
- Gil-Pérez, D. (1996). Orientações didáticas a formação continuada de professores de Ciências. In: Menezes, L.C. (org.). *Formação continuada de professores de Ciências – no âmbito iberoamericano*. Campinas: Ed. Associados.
- Pozo, J. I., & Crespo, M. A. G. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5ed. Porto Alegre: Artmed.

- Johnstone, A. H. (1982). Macro and micro-chemistry. *The School Science Review*, (64), 377-379.
- Lacerda, C. de C., & Campos, A. F., & Marcelino-Jr, C. de A. C. M. (2012). Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Química Nova na Escola*, 34(2), 75-82.
- Latasa, I., & Lozano, P. Y., & Ocerinjauregi, N. (2012). Aprendizaje basado en problemas en currículos tradicionales: beneficios e inconvenientes. *Formación Universitaria*, (05)5, 15-26.
- Lorenzo, R. A., & Fernández, P., & Carro, A. M. (2011). Experiência en la aplicación del aprendizaje basado en problemas en la asignatura Proyecto de Licenciatura en Química. *Formación Universitaria*, (04)2, 37-44.
- Maldaner, O. A. (1999). A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de química. *Química Nova*, (22)2, 289-292.
- Martins, I. P. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, (1)1, 28-39.
- Meirieu, P. (1998). *Aprender...sim, mas como?* Trad: Vanise Pereira Dresch. 7ª ed. Porto Alegre: ArtMed.
- Macedo, L. (2002). Situação-Problema: Forma e Recurso de Avaliação, Desenvolvimento de Competências e Aprendizagem Escolar. In: PERRENOUD, P. As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Artmed, (pp. 113-136).
- Azevedo M. C. P. S. (2004). Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A.M.P. (org.). Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Thomson.
- Nuñez, I. B., & MARUJO, M. P., & MARUJO, L. E. L., & DIAS, M. A. S. (2004). O uso de situações-problema no ensino de ciências. In: Nuñez, I. B.; Ramalho, B. L. (orgs.). Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio. Porto Alegre: Sulina, (pp. 145-171).
- Peduzzi, L. O. Q. (1997). Sobre a resolução de problemas no ensino da física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, (14)3, 229-253.
- Mortimer, E. F., & Machado, A. H. & Romanelli, L. I. (2000). A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, (23)2, 273-281.
- Silveira, F. L. (2011). Um interessante e educativo problema de cinemática elementar aplicada ao trânsito de veículos automotores – A diferenciação entre 60Km/h e 65 Km/h. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, (28)2, 468-475.
- Simões Neto, J. E., & Campos, A. F., & Marcelino-Jr, C. A. C. (2013). El uso de situaciones-Problema para la enseñanza superior de isomeria en la química inorgánica. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, (4)2, 61-68.

Vega, F., & Portillo, E., & Cano, M., & Navarrete, B. (2014). Experiencias de aprendizaje en Ingeniería Química; diseño, montaje y puesta en marcha de una unidad de destilación a escala de laboratorio mediante al aprendizaje basado en problemas. *Formación Universitaria*, (07)01, 13-22.