

# Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de Estrutura da Matéria do currículo de licenciatura em ciências através de situações-problema



Isabel Krey<sup>1</sup>, Marco Antonio Moreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVATES- Centro Universitário, Lajeado, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, Porto Alegre, Brasil.

**E-mail:** isakrey@univates.br

(Recibido el 12 de Agosto de 2009; aceptado el 20 de Septiembre de 2009)

## Resumen

É descrito um estudo no qual tópicos de Física Nuclear e Radiação foram abordados através de situações-problema, na perspectiva da teoria dos campos conceituais, em uma disciplina de Estrutura da Matéria em um curso de Licenciatura em Ciências, procurando promover a aprendizagem significativa desses tópicos e estimular futuros professores a abordá-los no Ensino Médio.

**Palabras clave:** Situações problema; Física Moderna e Contemporânea; preparação de professores.

## Abstract

A qualitative study is described in which topics from nuclear physics and radiation were approached through problem-situations in the light of the conceptual fields theory, in the Structure of Matter subject in a teacher preparation course, aiming to promote the meaningful learning of these topics as well as to stimulate prospective teachers to approach them at high school level.

**Keywords:** Problem-situations; modern and contemporary physics; teacher preparation.

**PACS:** 01.40.Di, 01.40.G-, 03.50.-z

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUÇÃO

Cientes da escassez de trabalhos que se ocupem do ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na formação inicial de professores [1], nos propusemos a investigar como uma abordagem diferenciada pode influenciar na aprendizagem significativa desses conceitos nessa área. Para isso, trabalhamos com uma metodologia baseada na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud [2], utilizando principalmente situações-problema, na disciplina de Estrutura da Matéria em um curso de Licenciatura em Ciências Exatas oferecido em um Centro Universitário da Região Sul do Brasil. A pesquisa completa abordou tópicos de Física Nuclear, Radiação e Partículas Elementares; no presente trabalho apresentamos os resultados de uma avaliação relativa aos tópicos Física Nuclear e Radiação.

Este enfoque na formação inicial se justifica por acreditarmos que a futura prática docente dos atuais estudantes seja por ela influenciada, tanto na escolha dos conteúdos como no uso de determinadas metodologias em detrimento de outras [1]. Além disso, os Parâmetros Curriculares Nacionais vigentes para a escola média brasileira [3, 4] recomendam o ensino de tópicos de

Cosmologia, Matéria e Radiação, que fazem parte da FMC, o que remete à discussão de como preparar professores para tal.

Podemos dizer, resumidamente, que a questão-foco da pesquisa como um todo é: *Como conduzir o ensino na(s) disciplinas(s) de Estrutura de Matéria (ou equivalentes) em um curso de Licenciatura em Física a fim de que futuros professores de Física aprendam, de maneira significativa, conteúdos de Física Moderna e Contemporânea e sejam capazes de fazer a transposição didática necessária para abordá-los no Ensino Médio?*

A disciplina de Estrutura da Matéria normalmente é ministrada com o mesmo enfoque para alunos de cursos de bacharelado e de licenciatura<sup>1</sup>, com pouca ênfase na discussão conceitual e na fenomenologia, dando destaque especial para os cálculos. Segundo resultados de pesquisa [1], este tipo de abordagem não fornece subsídios suficientes para que os futuros professores abordem conteúdos de FMC no Ensino Médio. Em outro estudo [5] também encontramos indícios de que a aprendizagem

<sup>1</sup> No Brasil, o bacharelado e a licenciatura são cursos universitários de quatro anos, o primeiro destina-se à formação inicial de futuros pesquisadores e o segundo à formação de professores para a educação básica.

significativa influencia a escolha de conteúdos abordados pelo professor em sua vivência profissional. Em ambos os casos, há indicativos de que uma metodologia diferenciada que propicie uma maior interação dos licenciandos com tópicos de FMC favoreceria tanto a aprendizagem significativa destes conceitos como a escolha daqueles a serem trabalhados no Ensino Médio.

Neste trabalho apresentamos, nessa direção, a análise de uma proposta para o ensino de FMC na formação de professores. Nossa pesquisa consistiu em uma abordagem metodologicamente diferenciada de conceitos relativos aos tópicos *Radiação* e *Introdução à Física Nuclear*, que foram trabalhados com futuros professores em um curso de licenciatura em ciências.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nosso estudo está fundamentado na Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud [2] e na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel [6]. A seguir apresentaremos sucintamente cada uma delas. Uma descrição mais completa da Teoria dos Campos Conceituais pode ser encontrada em [7] e da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel em [8, 9].

### A. Campos conceituais e conceitualização

Campo conceitual é sobretudo um campo de situações-problema. São as situações que dão sentido aos conceitos. A conceitualização é o núcleo do desenvolvimento cognitivo. Estas são idéias centrais da teoria dos campos conceituais.

No ensino da Física podemos falar do campo conceitual da Mecânica, do Eletromagnetismo, da Física Nuclear, etc. Mas dentro da Mecânica poderíamos imaginar o campo conceitual da Cinemática ou da Dinâmica, por exemplo.

O que define um campo conceitual é um conjunto (que pode ser muito grande) de situações-problema envolvendo conceitos e procedimentos da área de conhecimento em questão.

À medida que o sujeito vai dominando situações-problema em níveis crescentes de complexidade, ele ou ela vai conceitualizando e à medida que conceitualiza vai sendo capaz de dominar situações cada vez mais complexas. Ou seja, há uma relação dialética entre dominar situações e conceitualizar. E à medida que ocorre a conceitualização o sujeito vai se desenvolvendo cognitivamente.

O domínio de um campo conceitual é progressivo, pode levar muito tempo e implicar rupturas e continuidades em termos cognitivos.

Nesse enfoque, o papel crucial do professor é o de prover situações-problema que viabilizem a conceitualização, bem como o de mediar o processo.

Cabe ainda destacar que situação-problema não é simplesmente o clássico problema de fim de capítulo tão comum nos livros de texto. É uma situação que o aprendiz

perceba como problemática e que lhe dê sentido ao(s) conceito(s) necessário(s) para resolvê-la.

### B. Aprendizagem significativa

Aqui a idéia central é a de que o conhecimento prévio é a principal variável influenciando a aprendizagem. Quer dizer, o sujeito aprende a partir do que já sabe.

A aprendizagem significativa se caracteriza pela interação, não-arbitrária e não-literal, entre conhecimentos prévios (chamados subsunçores) e novos conhecimentos. Não-arbitrário significa que novos conhecimentos adquirem significados para o aprendiz em um processo de ancoragem cognitiva em conhecimentos prévios especificamente relevantes. Por exemplo, para dar significado ao conceito de potencial elétrico é preciso uma ancoragem interativa com os conceitos de função escalar, função de posição, função de ponto. Neste processo, não só o conceito de potencial adquire significado mas também o conceito, ou a idéia, o modelo, de função fica mais elaborado, mais rico, mais estável cognitivamente.

Dizer que a aprendizagem significativa é não-literal significa dizer que além de atribuir significados compartilhados a determinados conhecimentos o ser que aprende atribui aos novos conhecimentos também significados idiossincráticos.

No processo de ensino o professor busca fazer com que o aluno ou aluna capte os significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino. É essa sua função essencial, atuando como mediador da conceitualização, tal como na teoria dos campos conceituais.

Mas o aprendiz também atribui significados pessoais aos novos conhecimentos, tornando-se, então, fundamental a discriminação entre significados denotativos (compartilhados por uma comunidade de usuários) e conotativos (pessoais, idiossincráticos).

São duas as condições para a aprendizagem significativa: o novo conhecimento deve ser potencialmente significativo e o aprendiz deve manifestar uma disposição para a aprendizagem.

Potencialmente significativo quer dizer que o novo conhecimento tem significado lógico (é aprendível, em última análise) e o aprendiz tem o conhecimento prévio necessário para captar, e depois internalizar, esse significado. Predisposição para aprender significa querer aprender com significado, com compreensão, com integração à estrutura cognitiva em contraposição à memorização automática, sem significado, que caracteriza a aprendizagem mecânica.

### C. Compatibilizando as duas teorias

As situações-problema devem então ser potencialmente significativas, quer dizer, elas devem ter significado lógico e o sujeito deve ter conhecimentos prévios adequados para poder dar sentido a elas e assim conceitualizar, ou seja, progressivamente, elaborar, estabilizar, enriquecer (em termos de significados) seus conceitos subsunçores.

A aprendizagem significativa de Ausubel e a conceitualização de Vergnaud são processos complexos e progressivos. A aprendizagem significativa não ocorre de maneira abrupta, assim como a conceitualização não é um processo do tipo sim ou não (constrói ou não constrói um conceito), tudo ou nada. Progressividade e complexidade são atributos-chave dos dois processos.

O domínio de situações cada vez mais complexas depende do domínio de situações menos complexas anteriores, assim como a aquisição de novos conhecimentos depende da disponibilidade de conhecimentos prévios especificamente relevantes.

O papel do professor é praticamente o mesmo em ambas as teorias: por um lado, apresentar e negociar significados contextualmente aceitos; por outro, prover situações-problema e mediar seu domínio por parte do aluno.

Vergnaud reformula o conceito piagetiano de assimilação propondo que os esquemas de assimilação têm conteúdo, ou seja, o que ele chama de conhecimentos-em-ação: **teoremas-em-ação** que são proposições que o sujeito crê que são verdadeiras sobre a realidade e aplicáveis às situações e **conceitos-em-ação** que são propriedades, atributos, que se aplicam a determinada situação independente de serem verdadeiras ou falsas, simplesmente têm a ver com a situação.

Os subsunçores de Ausubel também têm conteúdo, são conhecimentos, cognições, mais ou menos elaboradas, mais ou menos estáveis que o indivíduo já tem em sua estrutura cognitiva e usa para dar significado a seus conhecimentos.

As duas teorias têm focos diferentes: a de Ausubel está voltada para a aquisição de um corpo de conhecimentos em situação de ensino; a de Vergnaud está dirigida a conceitualização e ao domínio de um campo conceitual (que pode ser análogo a um corpo de conhecimento); mas são plenamente compatíveis e podem ser usadas simultaneamente como referencial para a organização do ensino.

### III. METODOLOGIA

O estudo consistiu basicamente na investigação de como uma metodologia diferenciada aplicada na disciplina de Estrutura da Matéria em um curso de licenciatura em ciências pode contribuir para uma aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados. Para isso, foi feita uma intervenção didática com a utilização de uma abordagem baseada na Teoria dos Campos Conceituais, principalmente das situações-problema, pois dentro de nosso referencial teórico, a principal função do docente é a de propor situações que promovam a conceitualização e a aprendizagem significativa. A pesquisa envolveu a construção e a aplicação de situações-problema potencialmente significativas em torno dos tópicos de *Física Nuclear e Radiação*, bem como a análise dos dados obtidos através do desempenho dos alunos nas atividades de avaliação propostas.

Como já foi dito, o trabalho aqui apresentado faz parte de um estudo mais abrangente, envolvendo três etapas, que incluem tópicos de Física Nuclear, Radiação e Física de Partículas que foram abordados dentro da disciplina em estudo e tiveram a duração de 16 horas-aula aproximadamente (cada tópico). Para tal foram desenvolvidas situações para a *introdução de conceitos* e situações de *avaliação* da aprendizagem. As primeiras objetivando promover a conceitualização e as segundas buscando avaliar o nível alcançado nesse processo.

Apresentaremos aqui a investigação ocorrida nas duas etapas iniciais. A primeira contou com a participação de 28 alunos e a disciplina foi trabalhada de forma tradicional, basicamente expositiva, sem a utilização da metodologia dos campos conceituais. O instrumento utilizado para a avaliação da aprendizagem dos alunos nesta etapa consistiu de uma avaliação escrita, com consulta, respondida em duplas. A segunda etapa ocorreu no ano seguinte, em outra turma com 37 alunos e a intervenção se deu através de uma metodologia diferenciada, especialmente desenvolvida a partir dos referenciais conceituais mencionados anteriormente. Nos tópicos de Física Nuclear e Radiação as aulas 1, 2 e 3 (12 horas) foram de situações de apresentação do conteúdo; as aulas 4 e 5 (8 horas) foram utilizadas pelos alunos na preparação de micro-aulas; as aulas 6 e 7 (8 horas) foram utilizadas para que os alunos apresentassem as micro-aulas para os colegas e a aula 8 (4 horas) foi utilizada para a avaliação escrita.

A metodologia que chamamos diferenciada, ou nova metodologia, foi baseada em situações-problema, potencialmente significativas, que foram classificadas em dois tipos: *teóricas*: discussões dirigidas ou tarefas de papel e lápis; e *procedimentais* (não experimentais): em que o aluno tem uma participação ativa (e não apenas de pensamento) e executa tarefas que também podem ser de papel e lápis. Através das situações os conceitos não foram apresentados de forma imediata, seguidos de exercícios de aplicação do formalismo como tradicionalmente ocorre, mas através de questionamentos, argumentação, exemplos e analogias. Estas situações devem ser potencialmente significativas, ou seja, devem gerar no aluno uma “necessidade cognitiva” do conceito trabalhado, de forma que a situação proposta ganhe sentido somente através da introdução do conceito que se deseja abordar e têm como objetivo favorecer a aprendizagem significativa do aluno, pois são as situações que dão sentido aos conceitos.

A diferenciação entre problemas de natureza prática e de natureza teórica é mencionada por Vergnaud [2], sendo que o autor também faz distinção entre a forma prática do conhecimento, que permite atuar na situação e sua forma teórica que enuncia os objetos de pensamento, suas propriedades, suas relações e suas transformações [10].

A negociação de significados através da mediação do professor, experimentos de pensamento e analogias, discussões dirigidas em grande ou em pequenos grupos e outras situações onde a linguagem tem um papel essencial são o que chamamos de *situações teóricas*. Foram utilizadas principalmente quando se desejava descobrir os conceitos subsunçores (ou conhecimentos prévios) dos

alunos para relacioná-los com os novos conceitos e também na introdução de novos conceitos.

Podemos citar como um exemplo de situação teórica utilizada na pesquisa a introdução do conceito de força nuclear por meio de questões do seguinte tipo, que foram abordadas através de argumentação em grande grupo, com a participação ativa dos alunos: *Do que é composto o núcleo? Se os prótons têm carga positiva e os nêutrons carga nula, como o núcleo pode se manter estável?* Estes questionamentos pretenderam, em primeiro lugar, fazer um levantamento das concepções que os alunos já tinham sobre o assunto, pois segundo Ausubel [6] o fator mais importante para promover uma aprendizagem significativa é descobrir o que aluno já sabe e ensinar de acordo. Em segundo lugar, colocar em dúvida o modelo de núcleo utilizado por eles até então, baseado apenas nas forças eletromagnética e gravitacional.

Outro exemplo, onde a apresentação da situação se deu também através de argumentação: *Os núcleos radioativos decaem todos ao mesmo tempo?* Através desta questão pretendeu-se introduzir o conceito de meia vida, que é um conceito estatístico, e se opõe à idéia clássica de determinismo.

As *situações procedimentais* desenvolvidas são de cunho metodológico ou operacional, pois abordam os conceitos através da atuação direta dos alunos na situação proposta. Este tipo de situação se diferencia do primeiro por se tratarem de situações genéricas e aplicáveis a diversos conceitos, enquanto que as situações teóricas são, em sua maioria, específicas para cada conceito; além de desenvolverem capacidades diferentes das desenvolvidas nas situações teóricas.

Ao elaborarmos este tipo de situação supusemos que nossos alunos, futuros professores, se motivariam com a possibilidade de utilizá-las (com as devidas modificações) em seu futuro profissional. Ou seja, consideramos que estas situações seriam úteis na *transposição didática*, pois auxiliam na operacionalização de conceitos, considerado um fator importante para seu tratamento em sala de aula [11].

Podemos ilustrar como exemplo de situação procedimental utilizada na pesquisa a apresentação de uma micro-aula pelos alunos para seus colegas. Nesta micro-aula os conceitos deveriam ser apresentados através de situações para os colegas, e não de forma tradicional. Esta situação-problema teve como objetivo fazer com que os estudantes, além de aprenderem significativamente os conceitos físicos através da elaboração da micro-aula, estivessem se preparando para o uso destas habilidades (organização do conhecimento, tornando-o potencialmente significativo para os colegas) em seu futuro profissional.

Ao todo foram apresentadas 15 situações teóricas e 1 procedimental nestes tópicos de Física Nuclear e Radiação.

A situação procedimental consistiu da elaboração de uma micro-aula pelos alunos que foi apresentada para os colegas.

Nossa hipótese inicial foi a de que a aprendizagem significativa está relacionada com a disposição dos alunos em lecionar determinados conteúdos em seu futuro profissional. Vejamos os resultados que nos levaram a corroborar essa suposição.

## IV. RESULTADOS

Quando o sujeito domina um campo conceitual e as relações entre seus conceitos, conseguindo aplicá-los em diversas situações, podemos dizer que, de acordo com os referenciais teóricos adotados, houve uma aprendizagem significativa. Desta forma, ele ou ela deve ser capaz de se expressar em linguagem escrita ou oral, demonstrando haver adquirido um corpo de conhecimentos organizado e transferível a novas situações.

Como indicativo de aprendizagem dos alunos, analisamos seu desempenho numa avaliação escrita, que na primeira etapa (metodologia tradicional) foi realizada em duplas e na segunda (metodologia das situações) foi individual. As questões presentes nesta avaliação tinham como objetivo avaliar a aprendizagem significativa de conceitos tanto em sua modo teórica, de forma que o sujeito pudesse enunciar suas propriedades, suas relações e transformações, como em sua forma prática, através de resolução de problemas numéricos.

As situações propostas para a avaliação da aprendizagem foram apresentadas na forma de questões, que diferenciamos em dois tipos:

- *questões teóricas*: a serem respondidas através da correta aplicação dos conceitos envolvidos e de suas relações;
- *questões práticas*: para serem resolvidas exigem que os conceitos envolvidos sejam utilizados operacionalmente, como em problemas numéricos. Não são do tipo experimental.

A seguir apresentamos as questões de avaliação propostas aos estudantes, bem como a análise das respostas dos alunos.

### Questões Teóricas:

1. (a) *Explique como o núcleo, que é formado por partículas positivas e neutras, pode se manter estável.*

Nesta questão nosso objetivo foi o de avaliar o conhecimento do aluno sobre o conceito de força e estabilidade nuclear. Na primeira etapa aproximadamente 42% e na segunda cerca de 65% dos alunos responderam que a estabilidade nuclear é devida à interação ou força nuclear. Esta resposta certa pode conter alguns dos seguintes invariantes operatórios (ou regras operacionais):

- A força nuclear é de curto alcance.
- A força nuclear é a responsável pela coesão do núcleo.
- A estabilidade nuclear resulta de um equilíbrio de forças que acarreta em mais nêutrons que prótons.
- Núcleos estáveis não sofrem decaimentos.
- A estabilidade nuclear resulta de um equilíbrio das forças nucleares (curto alcance) atrativa e das elétricas (longo alcance) repulsivas.

Além disso, na primeira etapa 50% dos alunos responderam que a estabilidade nuclear é devida à energia de ligação resultante da diferença entre as massas dos núcleons separados e entre o núcleo resultante da junção destes núcleons. Esta explicação não foi considerada como totalmente errônea, e indica que para estes alunos esta é a

principal razão para a estabilidade nuclear. Possivelmente este aspecto deve ter sido enfatizado durante as aulas. Desta forma observamos que estes alunos responderam de acordo com o seguinte raciocínio (ou semelhante): *a energia de ligação é causada pela diferença entre as massas dos núcleos isolados e a massa do núcleo e quanto maior o valor da energia de ligação, mais estável o núcleo.* Já na segunda etapa, não houve este tipo de resposta.

1. (b) *Explique o papel de cada componente nesta estabilidade.*

Neste item, o objetivo foi o de verificar o conhecimento dos alunos sobre o papel dos prótons, que sofrem repulsão eletrostática e atração entre si e dos nêutrons, que sofrem apenas atração entre si e entre os prótons.

Na primeira etapa, apenas uma dupla (~7%) respondeu adequadamente, ou seja, de acordo com os conhecimentos cientificamente aceitos. As outras duplas responderam de maneira incompleta, mencionando apenas uma das forças (de atração ou de repulsão), ou que nêutrons também se repelem. Ou seja, apresentaram uma grande confusão entre os conceitos, não relacionando-os corretamente.

Aproximadamente 38% dos alunos da segunda etapa responderam que a troca de partículas mediadoras tem o papel mais importante para estabilidade. Esta resposta mostra que os alunos aplicaram o conceito de força (nuclear) como interação. Quer dizer, eles não responderam apenas que prótons e nêutrons se atraem através da força nuclear, mas foram adiante, aplicando o conceito de interação através de troca de partículas. De acordo com os referenciais adotados, este tipo de resposta sugere uma evidência de aprendizagem significativa do conceito de força nuclear como uma interação que se dá através da troca de partículas mediadoras, demonstrando um avanço em relação à etapa anterior.

Na segunda etapa, 4 alunos (~10 %) confundiram estabilidade nuclear com estabilidade atômica, provavelmente por estarem mais familiarizados com conceitos de química sobre isótopos estáveis e instáveis. Na correção da prova em sala de aula, a diferença entre a estabilidade atômica e nuclear foi bastante enfatizada.

1. (c) *Explique como podem existir núcleos superpesados estáveis. Neste caso, quem é maior, Z ou N? Explique.*

O objetivo aqui foi o de verificar o entendimento dos alunos sobre como a presença de nêutrons pode interferir na estabilidade nuclear através do alcance das forças nuclear e elétrica

Apenas uma dupla respondeu da maneira esperada na primeira etapa. Cinco duplas (~38%) responderam que os núcleos instáveis se transformam em estáveis através de decaimentos, demonstrando não perceber a relação entre a presença dos nêutrons e o equilíbrio das forças que atuam no núcleo. Provavelmente estes alunos não interpretaram esta questão corretamente.

Na segunda etapa, 15 alunos (~40%) responderam de acordo com os conceitos cientificamente aceitos e 14 (~38%) responderam apenas que o número de nêutrons deve ser maior, sem explicar em termos de equilíbrio de forças.

2. *Utilizando seus conhecimentos e outras fontes sobre Física Nuclear, explique as seguintes frases;*  
a) *“Somos feitos de estrelas”*

O objetivo desta questão era avaliar se os alunos conseguiam relacionar corretamente os conceitos de fusão e energia nuclear aos processos que ocorrem no interior das estrelas, inclusive no Sol, como a formação de elementos químicos mais pesados que o hidrogênio.

Ao analisarmos as respostas, esperávamos encontrar indícios do seguinte tipo de raciocínio ou proposição: *elementos químicos pesados são formados a partir de elementos químicos mais leves. Isto ocorre a partir de fusões nucleares, que ocorrem no interior das estrelas. Logo, os elementos químicos presentes em nosso planeta, incluindo os do nosso corpo, foram formados nas estrelas, ou então, algo equivalente.*

A questão foi respondida corretamente na primeira etapa por ~21% e na segunda por ~46 % dos alunos; e de forma incompleta por ~64% na primeira etapa e por ~13% na segunda, sugerindo uma aprendizagem significativa maior dos alunos na segunda etapa.

b) *“O decaimento radioativo foi a primeira indicação de que as leis que governam o mundo subatômico são estatísticas.”*

Nesta alternativa nosso objetivo foi analisar o conhecimento dos alunos sobre o significado estatístico do decaimento radioativo. Para isso, esperávamos que os alunos respondessem de acordo com o seguinte raciocínio ou semelhante: *o decaimento radioativo ocorre de forma estatística, ou seja, não podemos determinar qual o núcleo da amostra que irá decair, apenas a porcentagem de núcleos que decairão, que é uma evidência do comportamento estatístico da mecânica quântica.*

Ela foi respondida da forma esperada por ~78% dos alunos na primeira etapa e por ~11% na segunda, e de forma incompleta por ~7% dos alunos na primeira etapa e por ~8% na segunda.

O baixo índice de acertos nesta questão na segunda etapa parece indicar que o caráter quântico probabilístico envolvido no processo de decaimento radioativo não ficou claro, principalmente na segunda etapa, sugerindo que as situações propostas para o desenvolvimento deste conceito devem ser reestruturadas ou mesmo substituídas.

### Questões Práticas

1. *O nuclídeo  $^{244}\text{Pu}$  ( $Z = 94$ ) é um emissor de partículas alfa. Dentre as alternativas abaixo, qual é o núcleo resultante do decaimento? Explique o porquê cada alternativa ser correta ou falsa. (Halliday et al., 2003, p. 229).*

- a)  $^{240}\text{Np}$  ( $Z = 93$ )
- b)  $^{240}\text{U}$  ( $Z = 92$ )
- c)  $^{248}\text{Cm}$  ( $Z = 96$ )
- d)  $^{244}\text{Am}$  ( $Z = 95$ )

O objetivo desta questão foi o de avaliar a aprendizagem dos alunos sobre os mecanismos do decaimento alfa através da análise das situações apresentadas.

Na primeira etapa, ~85% dos alunos responderam corretamente, e na segunda, 100%. De acordo com os referenciais adotados, inferimos que o aluno que respondeu corretamente a questão foi capaz de aplicar o seguinte raciocínio ou equivalente: *o decaimento alfa tem como resultado a emissão de partículas alfa; o átomo pai perde 2 prótons e 2 nêutrons e o átomo filho fica com 2 p e 2 n a menos; demonstrando um domínio do esquema envolvendo este conceito, pois foram capazes de aplicá-lo corretamente em situações novas, diferentes das apresentadas anteriormente.*

2. Todos os isótopos do chumbo têm 82 prótons (Halliday et al., 2003, p. 229).

- a) Se um dos isótopos do chumbo tivesse 82 nêutrons, onde estaria situado na carta de núclídeos?
- b) Se fosse possível fabricar este isótopo, ele decairia emitindo pósitrons, decairia emitindo elétrons ou seria estável?
- c) De acordo com a carta de núclídeos, quantos nêutrons, aproximadamente, deve ter um isótopo estável do chumbo?

Esta questão teve como objetivo investigar a aprendizagem do aluno sobre os mecanismos envolvidos nos decaimentos e na utilização da carta de núclídeos.

Para respondê-la com acerto, o aluno deveria ser capaz de interpretar a carta de núclídeos corretamente, através do seguinte raciocínio ou semelhante: *a partir da localização do elemento na carta de núclídeos, o ponto em questão deve se desviar até a linha de estabilidade. Ao analisar esta nova posição, deve-se verificar o número de prótons e nêutrons presentes na mesma posição.* A partir deste número de p e n, perdidos (ou ganhos), determinar o tipo de decaimento, através dos seguintes raciocínios:

*Emissão alfa: reduz o tamanho do núcleo em dois prótons e dois nêutrons.*

*Emissão beta mais: a emissão de um pósitron por um próton o transforma em um nêutron.*

*Emissão beta menos: um nêutron emite um elétron e se torna um próton*

Na primeira etapa, ~85% dos alunos responderam corretamente, e na segunda, ~89 % a letra (a); ~57% na primeira e ~76% na segunda a letra (b); e 85% na primeira e ~78% na segunda a letra (c).

3. O núclídeo  $^{238}\text{U}$  ( $Z = 92$ ) pode se fissionar em dois fragmentos com o mesmo número atômico e o mesmo número de massa (Halliday et al., 2003, p. 229).

a) O núclídeo  $^{238}\text{U}$  está acima ou abaixo da reta  $Z=N$  da carta de núclídeos?

b) Os dois fragmentos estão acima ou abaixo desta reta?

c) Os fragmentos são estáveis ou radioativos?

Esta questão também teve como objetivo avaliar a compreensão dos alunos sobre a utilização da carta de núclídeos e implica para sua resolução um raciocínio semelhante ao já mencionado na questão anterior.

Na primeira etapa, ~93% dos alunos responderam corretamente, e na segunda, ~92 % a letra (a); ~93% na primeira e ~92% na segunda a letra (b); e ~78% na primeira e ~76% na segunda a letra (c).

Desta forma, podemos dizer que nas duas etapas temos indícios de que os alunos apresentaram compreensão sobre a carta de núclídeos, assim como dominam sua utilização.

4. A meia vida de um isótopo radioativo é de 140 dias. Quantos dias são necessários para que a taxa de decaimento de uma amostra deste isótopo diminua para um quarto do valor inicial (Halliday et al., 2003, p. 231)?

Nesta questão, pretendíamos encontrar indícios da correta utilização do mecanismo envolvido no conceito de meia-vida: *no período de meia-vida, metade dos núcleos da amostra irá decair*, ou semelhante. Para resolver a situação apresentada acima, que pede quantos dias são necessários para a amostra decaia  $\frac{1}{4}$ , o seguinte raciocínio ou equivalente deveria ter sido utilizado: *quando a amostra decai  $\frac{1}{4}$ , significa que se passaram 2 meias-vidas. Então, multiplicar a meia vida de 140 dias por 2, que é 280 dias.*

Na primeira etapa, ~64% responderam corretamente e na segunda, ~92%.

## A. Invariantes operatórios

Através das respostas dos alunos às questões teóricas, tentamos identificar alguns possíveis invariantes operatórios, divididos em teoremas-em-ação e conceitos-em-ação. Lembremos que teoremas-em-ação são *proposições* tidas como verdadeiras sobre a realidade e conceitos-em-ação são propriedades, atributos, pertinentes à situação. Na tabela I estão listados os invariantes operatórios coerentes com os cientificamente aceitos identificados nas respostas dos alunos.

Também foram identificados invariantes operatórios que não são coerentes com os conceitos e teoremas cientificamente aceitos, demonstrando confusão entre conceitos científicos e conceitos errôneos. Estes invariantes estão apresentados na tabela II. No entanto, muitos destes conceitos e proposições podem não fazer parte da estrutura cognitiva *permanente* do aluno, e serem apenas uma confusão momentânea, sanada na correção das questões em sala de aula pela professora em grande grupo e neste caso não seriam invariantes operatórios.

**Tabela I.** Possíveis invariantes operatórios dos alunos coerentes com os cientificamente aceitos.

Invariante operatório do tipo teorema em ação	1ª etapa (nº de alunos)	2ª etapa (nº de alunos)
Prótons e nêutrons se atraem.	10	2
Prótons se repelem.	6	4
A energia de ligação é a diferença entre as massas dos núcleons separados e a massa do núcleo.	14	
Quanto maior o valor da energia de ligação mais estável é o núcleo.	10	
A energia de ligação é a energia necessária para arrancar um núcleon do núcleo.	4	
Um núcleo estável tem mais nêutrons que prótons.	4	16
A força nuclear é de curto alcance.	10	9
Os núcleos instáveis se tornam estáveis através de decaimentos nucleares.	10	1
A força nuclear é a responsável pela coesão do núcleo.	4	29
A estabilidade nuclear resulta de um equilíbrio de forças.		10
Núcleos estáveis não sofrem decaimentos.		5
A força nuclear é mediada por partículas.		13
Elementos químicos pesados são formados a partir de elementos químicos mais leves.	12	17
O decaimento radioativo ocorre de forma estatística.	22	4
Emissão alfa: reduz o tamanho do núcleo em dois prótons e dois nêutrons.	24	
Emissão beta mais: emissão de um pósitron por um próton o transforma em um nêutron.	16	34
No período de meia-vida, metade dos núcleos da amostra irá decair.	18	34

Para termos certeza de que os invariantes acima se tratam dos invariantes operatórios tal como os descritos por Vergnaud, deveria ter sido realizada uma entrevista com novas situações propostas. Como a identificação destes invariantes não era o objetivo de nossa proposta, esta entrevista esclarecedora não foi prevista nas etapas da pesquisa.

## B. Apresentação das micro-aulas

A apresentação das micro-aulas pelos alunos foi filmada e a performance dos grupos foi posteriormente analisada e enquadrada nas categorias: *superior*, *médio* e *inferior*. Para esta categorização nos baseamos apenas na apresentação dos grupos e o desempenho de cada integrante, e não no trabalho escrito que foi entregue pelo grupo.

Os temas sorteados para os grupos foram:

- 1) Experimento de Rutherford para estudar a radiação e contador Geiger.
- 2) Modelos nucleares.
- 3) Decaimento  $\alpha$  e exemplos.
- 4) Decaimento  $\beta^+$  e exemplos.
- 5) Decaimento  $\beta^-$  e exemplos.
- 6) Processo de fusão e energia nuclear.
- 7) Processo de fissão e energia nuclear. Famílias radioativas.
- 8) Funcionamento de uma usina nuclear. Lixo atômico.
- 9) Funcionamento de uma bomba atômica.
- 10) Acidentes: Chernobill e Goiânia.
- 11) Aplicações: datação radioativa e traçadores.
- 12) Efeitos biológicos da radiação.

**Tabela II:** Possíveis invariantes operatórios dos alunos não coerentes com os cientificamente aceitos.

Invariante operatório do tipo teorema em ação	1ª etapa (nº de alunos)	2ª etapa (nº de alunos)
O nêutron é uma partícula com carga negativa.	2	
Os nêutrons têm carga elétrica.		1
Átomos estáveis têm o mesmo número de prótons e de nêutrons.	4	
Os núcleos são partículas formadas de prótons e nêutrons.	2	
Nêutrons e prótons interagem através da força elétrica.		1
A estabilidade nuclear resulta de um equilíbrio de forças e então o núcleo deve ter mais prótons que nêutrons.		4
Um núcleo estável é pequeno devido à força nuclear forte, que é de curto alcance.		1

Na segunda etapa 12 grupos de três componentes apresentaram suas micro-aulas, sendo que os trabalhos 1, 2, 8, 10 e 11 foram classificados na categoria *superior*, os trabalhos 4, 6, 7 e 9 na categoria *intermediária* e os trabalhos 3, 5 e 12 na *inferior*.

Na categoria *superior* estão os grupos que na sua apresentação demonstraram todos ou a maioria destes aspectos considerados importantes:

- *Clareza na abordagem dos conteúdos.*
- *Ilustração através de exemplos.* Por exemplo, o grupo 11 apresentou exemplo de como se calcula a data utilizando a datação radioativa.
- *Utilizaram analogias.* Por exemplo, o grupo 9, ao explicar o funcionamento da usina nuclear, se utilizou dos conhecimentos de seus colegas sobre usinas hidrelétricas e termoeletricas para fazer comparações, ressaltando as diferenças e semelhanças entre elas.

- *Utilizaram de forma conveniente os recursos audiovisuais, como lâminas e projetor multimídia*, de forma que estes recursos os auxiliassem durante a apresentação, mas não fossem lidos ou contivessem informações em demasia.
- *Interação com os colegas durante a apresentação através de perguntas e questionamentos.*
- *Componentes bem preparados*, no sentido de ter domínio dos assuntos abordados, e segurança na sua fala, sem fazer somente leituras.
- *Abordaram os principais aspectos dos conteúdos abordados.* Por exemplo, o grupo 8 abordou desde o funcionamento da usina, a questão do lixo nuclear, custos, benefícios e pontos negativos.
- *Utilizaram situações ou questões motivadoras.* Por exemplo, o grupo 2 iniciou sua apresentação fazendo passar pelos colegas uma caixinha com conteúdo desconhecido para que eles adivinhassem o que continha. Desta forma pretenderam mostrar como é o trabalho dos cientistas que não conseguem enxergar o núcleo atômico e desenvolvem modelos que não podem ser comprovados diretamente.
- *Apresentaram sugestões de como abordar os conteúdos no Ensino Médio.* Por exemplo, o grupo 8 sugeriu que se trabalhasse a usina nuclear juntamente com a hidrelétrica e outros tipos de usinas e propôs uma questão para debate com os alunos: “Você preferiria morar próximo a uma usina nuclear ou a uma usina termoelétrica? Com argumentos, defenda sua escolha.”

Na categoria *intermediária* os grupos apresentaram as seguintes características:

- *Nem todos os componentes do grupo apresentam firmeza na apresentação.*
- *Há interação do grupo com os colegas espectadores, mas não de todos os componentes.*
- *Apresentam uma questão ou situação motivadora, mas que não se encaixa exatamente no conceito de situação-problema ou é colocada apenas no final da explicação.* Por exemplo, o grupo 7 iniciou sua apresentação perguntando “como funciona uma bomba atômica?”, que nada mais é do que o próprio título do trabalho modificado, não servindo de grande motivação. O grupo 4 ao final de sua apresentação pergunta “onde decaimento pode ser utilizado?”, para a seguir dar exemplos de aplicações tecnológicas e na medicina.
- *Deixaram algum aspecto importante do trabalho de fora.* Por exemplo, o grupo 6 não falou muito sobre como ocorre a liberação de energia no processo, nem da conversão massa-energia.
- *Os recursos audiovisuais utilizados pelos grupos são poucos e/ou mal utilizados.*

Além disso, um grupo foi classificado nesta categoria se alguma das características da categoria superior estiver ausente.

Enquadrados na categoria *inferior* estão os grupos que apresentaram as seguintes características:

- *Os componentes não apresentaram firmeza na apresentação*, lendo materiais de forma expositiva sem interagir com os colegas.
- *Não utilizaram nenhum recurso audiovisual ou quando da sua utilização este foi mal aproveitado.* Por exemplo, o grupo 5 apresentou uma lâmina com muitas informações e que foi lida pelos componentes do grupo.
- *Não exploraram todos os aspectos considerados importantes ao conteúdo.* Por exemplo, o grupo 12 não abordou a radiação natural e seus efeitos; e o grupo 3 não apresentou nenhum exemplo do esquema deste decaimento para os colegas, além de não utilizarem nenhum recurso audiovisual.

Além disso, nesta categoria se enquadram os grupos que deixaram a desejar em várias das características pertencentes à categoria superior.

Como aspectos positivos desta atividade, podemos destacar, além do desenvolvimento de habilidades como organização e síntese, também o fato de que ela enriquece a abordagem dos assuntos trabalhados, pois alunos apresentam curiosidades e detalhes que não necessariamente seriam abordados pelo professor e que o grupo aprofunda seus conhecimentos sobre o tema que está trabalhando.

Como aspectos negativos podemos dizer, a partir de comentários dos próprios alunos, o fato haverem vários trabalhos sendo apresentados no mesmo dia resultando numa grande quantidade de informação em pouco tempo para ser assimilada; e também que os alunos aprendem bastante com o trabalho de seu grupo, mas não conseguem aproveitar da mesma forma os trabalhos apresentados pelos colegas. Aqui cabe uma observação. Eles estão comparando seu aprendizado na execução da tarefa com o aprendizado durante a apresentação de um determinado conteúdo, mesmo que esta apresentação seja considerada muito boa e consideram que o primeiro tipo é melhor. Quer dizer, que os estudantes estão manifestando a opinião de que o aluno aprende muito mais com este tipo de atividade do que com aulas normais, mesmo se estas aulas forem baseadas em metodologias diferenciadas.

### C. A receptividade dos alunos

Através das respostas dos alunos à avaliação da disciplina e questionários de atitudes sobre a metodologia utilizada, apresentados em detalhe em outro trabalho [5], obtivemos os seguintes resultados:

- A metodologia utilizada na primeira etapa foi considerada tradicional e desmotivadora. Por exemplo: “Quanto à metodologia, penso que foi a causa da desmotivação que foi aparecendo na turma ao longo das aulas, pois as aulas eram bastante teóricas e expositivas. Porém, não vejo outra maneira para se trabalhar com os conteúdos da disciplina, já que o assunto é bastante teórico.” Irene.

“Penso que uma das principais formas de reformulação deveria ser a de tentar o máximo possível

ter exemplos, exercícios relacionando com o cotidiano para facilitar mais o aprendizado.” Ricardo.

- Na segunda etapa, a metodologia foi percebida como diferenciada, eficaz e aplicável ao Ensino Médio:

“A metodologia de ensino usada na disciplina foi muito boa, porque praticamente foi baseada totalmente na participação ativa do aluno em atividades em grupo e individuais, o que é muito importante na formação de professores.” Julia.

“Esta disciplina me fez ver os conteúdos abordados com outros olhos, pois no início do semestre estava bem preocupada que iria ser um conteúdo chato e sem muito significado. Porém, no decorrer percebi que estava enganada, e que é muito bom aprender sobre Física Moderna.” Vânia.

- Na primeira etapa os conteúdos trabalhados não foram considerados importantes nem aplicáveis no Ensino Médio:

“Tudo que aprendi a mais é vantagem para nós alunos, mas na minha opinião é um conteúdo que foi muito complicado para ser compreendido e um conteúdo que não é ensinado no Ensino Médio..” Laís.

“Alguns conteúdos tem aplicação no Ensino Médio, mas acho que muitos deles são muito complicados para o Ensino Médio...” Ana.

Na segunda etapa houve uma inversão desta opinião:

“Os conteúdos trabalhados em Estrutura da Matéria considero de grande importância para minha prática profissional...” Flávia.

“Verifiquei que os conteúdos eram muito interessantes e que poderiam ser trabalhados no Ensino Médio.” Greice.

- Além disso, alguns alunos da segunda etapa se manifestaram favoravelmente, de forma espontânea, sobre as situações propostas:

“... me senti incentivada a buscar conhecimento, querer saber mais principalmente nos conteúdos de partículas elementares e naqueles que apresentamos.” Andréia.

“Acredito que os trabalhos que realizamos contribuíram para ampliação dos nossos conhecimentos, sendo que houve uma maior participação e um maior empenho pelo grupo durante as aulas nesta disciplina. Penso que tudo que é cobrado exige mais dedicação e participação.” Débora.

“... o conteúdo na maioria das vezes foi colocado através de questões, o que achei bem interessante...” João.

Do questionário de atitudes<sup>2</sup>, aplicado na segunda etapa, destacamos os seguintes resultados:

- 100% dos alunos percebeu que a metodologia aplicada foi diferenciada.
- A metodologia utilizada na disciplina contribui para a aprendizagem dos alunos (96,7%), para um maior interesse dos alunos durante as aulas (80%) e para

tornar os conteúdos abordados mais interessantes (73,3%).

- Para 83% dos alunos metodologia utilizada pode ser aplicada também com alunos de ensino médio.

Podemos dizer então que na segunda etapa os alunos reconheceram que a metodologia era diferenciada e demonstraram interesse em aplicá-la em seu futuro profissional. Acreditamos que este resultado se deve a aprendizagem significativa dos alunos na segunda etapa.

#### IV. CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho procuramos apresentar como a disciplina de Estrutura da Matéria foi trabalhada em um curso de licenciatura em ciências, através de uma metodologia baseada em situações-problema conforme o referencial teórico baseado nas teorias de Vergnaud e Ausubel. Esta metodologia teve como objetivo facilitar a aprendizagem significativa dos estudantes. Acreditamos que desta forma os futuros professores abordarão com mais facilidade estes tópicos em seu futuro profissional. Além disso, cremos também que a metodologia utilizada seja aplicável (com as devidas modificações ou adaptações) ao Ensino Médio.

Apresentamos também os resultados de um dos instrumentos de avaliação (prova escrita) utilizado juntamente com a análise das respostas dos alunos. Apesar de não ser nosso principal objetivo, identificamos também alguns possíveis invariantes operatórios utilizados por eles ao responder as questões teóricas.

Os resultados da avaliação da aprendizagem dos alunos (segunda etapa) foram comparados com os correspondentes da avaliação de alunos de um semestre anterior nesta mesma disciplina (primeira etapa), cuja metodologia foi tradicional. Através de uma análise qualitativa, obtivemos indícios de que a metodologia utilizada colaborou para a ocorrência de uma aprendizagem significativa na disciplina que foi trabalhada com a metodologia diferenciada. Podemos perceber uma melhora na aprendizagem dos alunos, principalmente nas questões 1 e 2 (teóricas) e 4 (prática).

Como resultado, obtivemos também que as situações propostas sobre o conceito de probabilidade/estatística, de caráter quântico, devem ser reformuladas, pois não obtiveram o efeito desejado.

Mas acreditamos que a maior contribuição desta metodologia está em criar uma predisposição nos alunos em trabalhar com conceitos de FMC com seus futuros alunos e utilizar (adaptar) a metodologia utilizada, convergindo para o nosso objetivo de melhorar o ensino destes tópicos no Ensino Médio através da formação inicial.

Os resultados das avaliações escritas nem sempre indicam que houve uma “identificação” do aluno com o conteúdo, e nem que o futuro professor vá trabalhar com estes conceitos em seu futuro profissional. O que nos dá este indicativo é a opinião dos alunos expressa na avaliação da disciplina.

<sup>2</sup> O questionário se encontra no Anexo A.

## REFERÊNCIAS

- [1] Rezende Junior, M. F., *O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de física*. Tese de doutorado (2006). Disponível em <http://www.pggect.ufsc.br/teses.htm#2006>.
- [2] Vergnaud, G., *La théorie des champs conceptuels*. *Récherches en Didactique de les Mathématiques* **10**, 133-170 (1990).
- [3] Brasil, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio* (Ministério da Educação, Brasília, 1999).
- [4] Brasil, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (MEC, SEMTEC, Brasília, 2002).
- [5] Krey, I., Moreira, M. A., *Implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza para el tópico Física de Partículas en una disciplina de Estructura de la Materia basada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud*. Aceito para publicação na Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (2009).
- [6] Ausubel, D. P., *The aquisition and retention of knowledge: a cognitive view*, (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000).
- [7] Moreira, M. A., *A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a investigação nesta área* (Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre, 2004).
- [8] Moreira, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula* (Editora da UnB, Brasília, 2006).
- [9] Moreira, M. A., *A teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel*. In Masini, E. F. S. e Moreira, M. A., *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos* (Vetor Editora, São Paulo, 2008).
- [10] Vergnaud, G., ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo?, *Investigaciones em Ensino de Ciencias* **12**, 285-302 (2007). Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/ienci>>.
- [11] Brockington, G. E. e Pietrocola, M., *Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna?* *Investigaciones em Ensino de Ciências* **10**, 387-404 (2005). Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ienci>>.

## Anexo A

### QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Disciplina de Estrutura da Matéria

Prezado(a) aluno(a):

Gostaria de pedir sua opinião quanto à metodologia adotada pela professora neste semestre. Para isso, peço-lhe que responda às questões abaixo.

Assinale na grade ao lado de cada uma das afirmativas abaixo a alternativa que melhor expressa sua opinião relativa à afirmação feita, de acordo com a seguinte escala: CP = Concordo plenamente; C = Concordo; NO = não tenho opinião; D = Discordo; DT = Discordo totalmente.

Observe que algumas afirmativas são favoráveis e outras são desfavoráveis à metodologia utilizada. A alternativa NO será considerada “neutra” ou “intermediária”, mas sempre que possível não a utilize. Prefiro que você se posicione a favor ou contra a afirmativa feita.

		CP	C	NO	D	DT
1	É possível notar que a metodologia adotada difere das utilizadas em outras disciplinas.					
2	A metodologia utilizada contribuiu para minha aprendizagem.					
3	A metodologia utilizada contribuiu para um maior interesse dos alunos durante as aulas.					
4	A metodologia utilizada contribuiu para tornar os conteúdos trabalhados mais interessantes.					
5	A metodologia utilizada pode ser aplicada também com alunos de ensino médio.					
6	Esta disciplina é importante para meu futuro profissional.					
7	No meu ponto de vista, esta disciplina é apenas mais uma exigência do curso.					
8	A metodologia utilizada não influenciou minha aprendizagem.					
9	A metodologia utilizada prejudicou minha aprendizagem.					
10	Minha aprendizagem nesta disciplina foi pouco satisfatória.					
11	Posso dizer que nesta disciplina aprendi muito sobre Física Moderna.					
12	Posso dizer que nesta disciplina aprendi muito sobre uma forma alternativa de dar aula.					
13	A metodologia deveria ser usada em outras disciplinas.					
14	Não gostaria de cursar mais de uma disciplina com esta metodologia.					
15	Não percebi que se tratava de uma nova metodologia.					
16	Acho que teria aproveitado mais se a metodologia fosse a expositiva tradicional.					
17	Esta disciplina em nada contribui para a formação do professor de Física.					
18	Deveria haver, no curso, mais disciplinas de Física Moderna.					
19	Essa metodologia deixa o conteúdo em uma posição secundária.					
20	A metodologia valoriza o conteúdo da matéria de ensino.					
21	Pretendo utilizar esta metodologia quando for professor.					
22	Dificilmente utilizarei esta metodologia em minha futura prática docente.					