



ESTUDO COMPARATIVO DE APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE MECÂNICA QUÂNTICA EM TURMAS DE ENSINO MÉDIO

Angela Mary Gaulke¹, Carlos Raphael Rocha²

¹Acadêmica do Curso de Licenciatura em Física – CCT - bolsista PROBIC/UDESC,

² Orientador, Departamento de Física CCT – raphaelzorak@gmail.com.

Palavras-chave: Invariantes Operatórios. Física Quântica. Ensino Médio.

Com o intuito de verificar e categorizar os invariantes operatórios utilizados por estudantes do Ensino Médio, esta pesquisa foi feita com o auxílio dos dados coletados pelo professor orientador durante sua pesquisa de doutorado. Estes materiais são avaliações escritas, realizadas em um curso de 25 horas-aula de Mecânica Quântica, em turmas de primeira e de terceira série do Ensino Médio. Ao total foram analisadas 147 avaliações, sendo 70 da primeira série e 77 da terceira série. De maneira geral, todas as questões das avaliações foram analisadas, porém, foi dada ênfase para uma das questões, pois ela trata diretamente do conceito de estado de um sistema físico.

Inicialmente foi realizada a familiarização da teoria estudada, com a sugestão de artigos a serem lidos e depois discutidos entre a bolsista e orientador. Os conceitos utilizados para fazer a análise das avaliações fazem parte da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Alguns dos principais conceitos utilizados desta teoria são o de esquema e o de invariante operatório. Esquema é o conjunto das organizações invariantes de comportamento. Estes esquemas são formados basicamente por: metas e antecipações, regras de ação e controle, invariantes operatórios e possibilidade de interferência. Os invariantes operatórios, então, fazem parte do esquema e servem para classificar determinadas informações que, no caso desta pesquisa, são as próprias respostas dos estudantes (sobre estado de um sistema físico). Mais especificamente, o sistema físico que os estudantes descreveram era simples e constituía-se de uma garrafa plástica (transparente), cheia de água, sobre uma mesa.

Além dos citados acima, ainda temos dentro da Teoria dos Campos Conceituais o conceito de conceito, que é definido como um conjunto de invariantes operatórios, situações e representações. Podemos encontrar, também, dentro dos invariantes operatórios dois aspectos bem característicos, a saber: teoremas-em-ação (suposição considerada verdade acerca de algo real) e conceito-em-ação (classe de pensamentos que considerados importantes). Para ocorrer a conceitualização é importante a incorporação de teoremas, conceitos e invariantes operatórios na estrutura cognitiva. Conseguimos discutir a veracidade de teoremas-em-ação e conceitos-em-ação, pois eles se apresentam de forma explícitas, o que não acontece com os invariantes operatórios. Então começa o papel do professor, que é buscar a externalização destes invariantes.

Para os estudantes conseguirem expor os conceitos estudados, é preciso que eles dominem a linguagem utilizada, saibam expressar seus símbolos, seus signos e sua representação. Quando um estudante se depara com um novo problema a ser resolvido, ele busca todas as informações que possui, de maneira a categorizá-las e processá-las, para então formular uma resposta formal sobre o problema. Esta resposta é diferente do que está em sua mente, então a forma que é



apresentada traz toda uma formalização simbólica de expressar o que se pensa. O professor deve, assim, ajudar os alunos, oferecendo novas situações-problema, para que eles tenham a possibilidade de produzirem novos esquemas e, portanto, novos invariantes operatórios.

Como o campo conceitual da Mecânica Quântica é carregado de simbologias e de formas de linguagem, é de suma importância o domínio das representações adequadas de esquemas e de representações simbólicas, linguísticas e semióticas. Diante deste âmbito, a notação de Dirac é importante para a questão analisada, pois com a utilização do vetor de estado ket ($| \rangle$), podemos representar o estado de um sistema físico, tanto em sistemas clássicos como em sistemas quânticos. Destaca-se novamente que o objetivo desta pesquisa visa analisar o uso de invariantes operatórios apresentados por estudantes do curso de Mecânica Quântica do Ensino Médio.

Dos resultados obtidos com a referida pesquisa foi possível identificar que as respostas expostas pelos alunos sobre o estado de um sistema físico, em sua maioria, apresentou a notação de Dirac (mais especificamente utilizando o vetor de estado) para escrever o estado do sistema físico estudado. Em uma situação-problema específica, observou-se predominantemente o uso de um invariante operatório, indicando que este esquema foi criado na estrutura cognitiva dos estudantes. Além da utilização da notação de Dirac, muitos estudantes ainda complementaram suas respostas, acrescentando informações, informando a componente temporal e bastantes detalhes do estado do sistema físico em análise. Outro resultado interessante obtido foi em relação aos resultados semelhantes das turmas de primeira e terceira série, indicando não haver diferença significativa entre eles.

Os conceitos de superposição de estados e de emaranhamento quântico também foram reconhecidos pelos estudantes que demonstraram, através de suas externalizações feitas na avaliação, que compreenderam bem estes conceitos.

É relevante ressaltar que durante o período desta pesquisa foram escritos dois artigos, submetidos e aprovados em dois eventos distintos. O primeiro artigo, intitulado “Analysis of the operational invariants of a student in responding questions of quantum mechanics focusing the concept of linear superposition”, foi aceito no 12th Conference of the European Science Education Research Association, que ocorre entre os dias 21 e 25 de agosto de 2017, em Dublin, na Irlanda. O segundo artigo, intitulado “Invariantes operatórios em uma situação-problema clássica como base para aprendizagem de conceitos de Mecânica Quântica”, foi aceito para o 10^a Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, que ocorre de 5 a 8 de setembro de 2017 em Sevilha, na Espanha.