

Mapas conceituais como instrumento de avaliação em um curso introdutório de mecânica quântica

Marco Antonio Moreira

Sabrina Soares

Iramaia Cabral de Paulo

Resumo

Neste trabalho são apresentados e comentados mapas conceituais elaborados cooperativamente por estudantes de Licenciatura em Física ao final de um curso introdutório de 15 horas-aula sobre conceitos básicos de Mecânica Quântica. A intenção do trabalho é a de ilustrar a potencialidade dos mapas conceituais como instrumentos fornecedores de evidências de aprendizagem significativa. Além disso, comenta-se também o uso de mapas conceituais com outras finalidades instrucionais.

Palavras-chave: mapas conceituais, avaliação, Mecânica Quântica.

Abstract

In this paper concept maps constructed collaboratively by undergraduate students majoring in physics education are presented and commented. The maps were drawn at the end of an introductory short course on basic quantum mechanics concepts. The intention of the paper is to show the potentiality of concept maps as instruments to provide evidences of meaningful learning. In addition, the use of concept mapping for other instructional purposes is commented as well.

Keywords: concept maps, evaluation, Quantum Mechanics

Introdução

Mapas conceituais (Moreira, 2006a) podem ser usados como instrumento de análise do conteúdo curricular, como recurso didático ou de avaliação da aprendizagem. Do ponto de vista

curricular o mapeamento conceitual da matéria de ensino deixa claro quais são os conceitos e proposições relevantes de um certo conteúdo, por exemplo, uma disciplina ou uma unidade de estudo. O ensino pode então ser organizado em torno desses conceitos e proposições.

Na perspectiva didática podem ser usados pelo professor para, por exemplo, dar uma visão geral de uma aula, no início ou no final, ou para ajudar o aluno a fazer a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa (Moreira, 2006b).

Podem também ser usados para viabilizar a interação pessoal em atividades colaborativas na medida em que os alunos os constroem em pequenos grupos cooperativamente e depois os apresentam ao grande grupo para nova discussão.

Na óptica da avaliação, mapas conceituais traçados pelos alunos dão ao professor evidências de se a aprendizagem está ocorrendo significativamente. Para isso, é conveniente que os alunos expliquem seus mapas oralmente ou por escrito.

Mapas conceituais quando utilizados como mapas de conceitos, i.e., como diagramas que incluem apenas conceitos, favorecem a conceitualização. Parece óbvio, mas não é, pois na medida em que mapas conceituais incluem nomes de autores, de instituições, de áreas de conhecimento, bem como definições, leis e outras proposições, os conceitos se perdem, ficam diluídos em meio a uma grande quantidade de informações. Se os conceitos são a chave da compreensão humana como diz Toulmin (1977) ou o âmago do desenvolvimento cognitivo como propõe Vergnaud (1990; Moreira, 2004), é preciso dar atenção a eles nas atividades de ensino e aprendizagem. Mapas de conceitos ajudam bastante nisso. O presente trabalho pretende apenas dar um exemplo da potencialidade dos mapas conceituais para gerar evidências de aprendizagem ao final de um curso de curta duração. Esta é apenas uma das muitas possibilidades de utilização desses diagramas em situações de ensino e aprendizagem.

O contexto da experiência

A proposta, caracterizada como curso de extensão universitária foi aplicada no segundo semestre de 2006, durante 15 horas-aula distribuídas em cinco semanas, para duas turmas de 16 alunos, uma às quintas-feiras à noite, a outra aos sábados pela manhã. Os alunos eram todos de um curso de Licenciatura em Física, mas não foram estipulados pré-requisitos de modo que os participantes poderiam, ou não, ter tido algum estudo prévio de Mecânica Quântica. As turmas eram, então, heterogêneas, incluindo estudantes desde o primeiro semestre até o final do curso. A maior parte deles já lecionava Física no Ensino Médio.

O conteúdo programático constou de: *interpretações da Mecânica Quântica* (com opção pela Interpretação de Copenhagen); *conceitos de quantização e de objeto quântico*; *dualidade onda-partícula*; *função de onda*; *superposição de estados*; *Princípio da Incerteza*.

A metodologia de ensino constou de aulas expositivas com apoio de recursos multimídia, práticas em “laboratório virtual” através de simulações disponíveis na *internet*, discussões em aula, mapas conceituais e testes de múltipla escolha como instrumentos de avaliação da aprendizagem. A abordagem do conteúdo esteve baseada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2000; Moreira, 2006b) – que enfatiza o papel do conhecimento prévio do aluno (nesse caso foram evitadas analogias clássicas que poderiam funcionar como obstáculo epistemológico), o uso de organizadores prévios, a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integradora – e na teoria interacionista social de Vygotsky – que enfatiza a interação social como a grande mediadora da internalização de instrumentos e signos.

Os mapas conceituais

Ao final do curso os alunos foram solicitados a construir, em pequenos grupos, um mapa conceitual para o conteúdo abordado ao longo dos cinco encontros de três horas cada um, podendo consultar materiais usados pela professora e apontamentos feitos em aula. Antes de receberem essa tarefa, no último encontro, os alunos tiveram uma apresentação sobre o que são mapas conceituais e como construí-los, bem como exemplos.

Concluída a elaboração dos mapas conceituais, cada grupo apresentou o seu ao grande grupo, em transparências de retroprojeter, para apreciação dos colegas e do professor e receber sugestões e críticas para melhorá-los. Ao todo, foram construídos e apresentados oito mapas, quatro em cada turma, os quais estão reproduzidos fielmente nas Figuras 1 a 8 e comentados pelos autores deste trabalho.

Observa-se no mapa da Figura 1 que o conceito de Mecânica Quântica está no topo do mapa e nele estão ligados conceitos intermediários relacionados à Mecânica Quântica, como quantização, objetos quânticos, interpretações e, por fim, os conceitos pouco inclusivos com os respectivos exemplos. Os alunos parecem ter conseguido perceber que, segundo a Interpretação da Complementaridade, o comportamento da matéria pode ser ou de onda ou de partícula dependendo do experimento, que elétrons, prótons, nêutrons, fótons são objetos quânticos e obedecem as leis da Mecânica Quântica, que existem várias relações matemáticas na Mecânica Quântica como a da energia, do momentum e a Equação de Schrödinger. Não ficou claro no mapa a relação entre dualidade e interpretações. Talvez quisessem representar que dependendo da interpretação o objeto quântico é onda, ou é partícula, ou a dualidade onda-partícula. Nota-se

ainda neste mapa uma estrutura que lembra um diagrama de chaves, o que é compreensível, pois, provavelmente, foi sua primeira experiência com mapas conceituais. A palavra modelos parece ter sido usada no sentido de versões (não-relativística e relativística) da Mecânica Quântica.

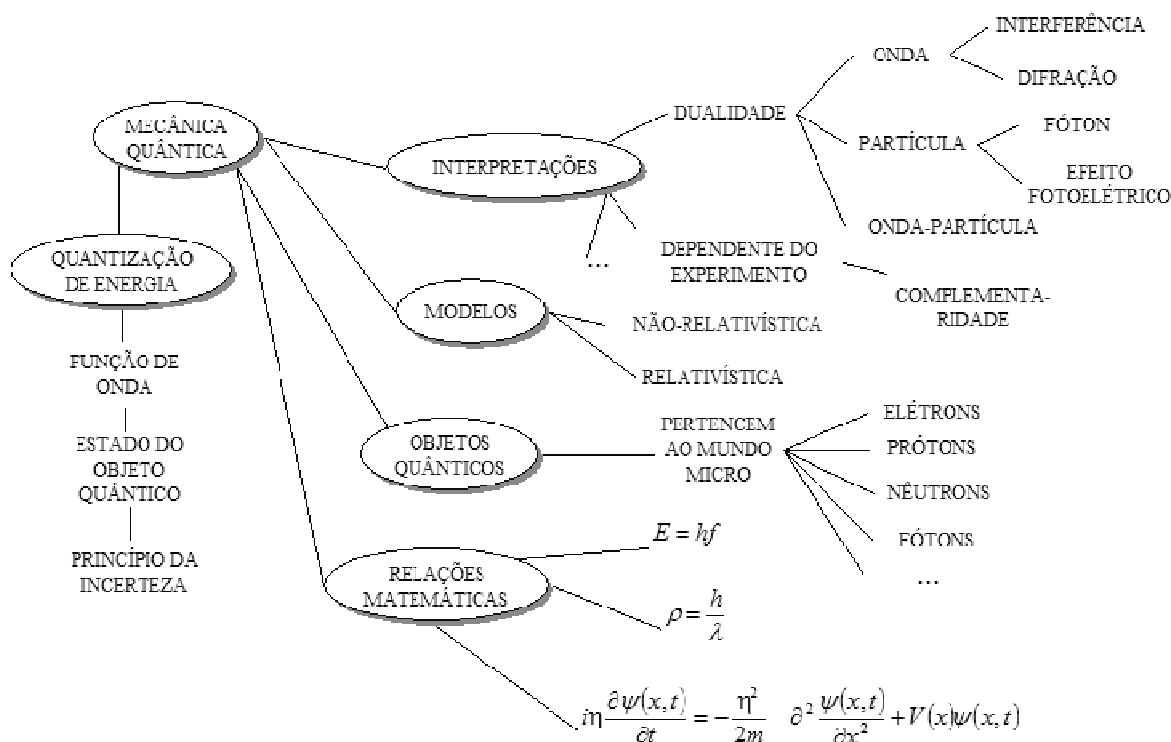


Figura 1. Mapa conceitual do grupo 1, turma de quinta-feira à noite.

No mapa conceitual da Figura 2, o conceito de Mecânica Quântica também está no topo do mapa. Conceitos como interpretações, quantização, dualidade e objeto quântico foram considerados pelo grupo como conceitos intermediários. O grupo destacou as interpretações estudadas, apresentando a descrição de cada uma delas. Observou que a quantização da energia explica o efeito fotoelétrico, que demonstra o caráter corpuscular da luz. Destacou que a dualidade existe no mundo micro e macroscópico; no entanto, no mundo microscópico pode ser observado o comportamento corpuscular através do efeito fotoelétrico e o comportamento ondulatório através da dupla fenda em função da interferência e difração que ocorre, enquanto que no mundo macroscópico a dualidade não é observada.

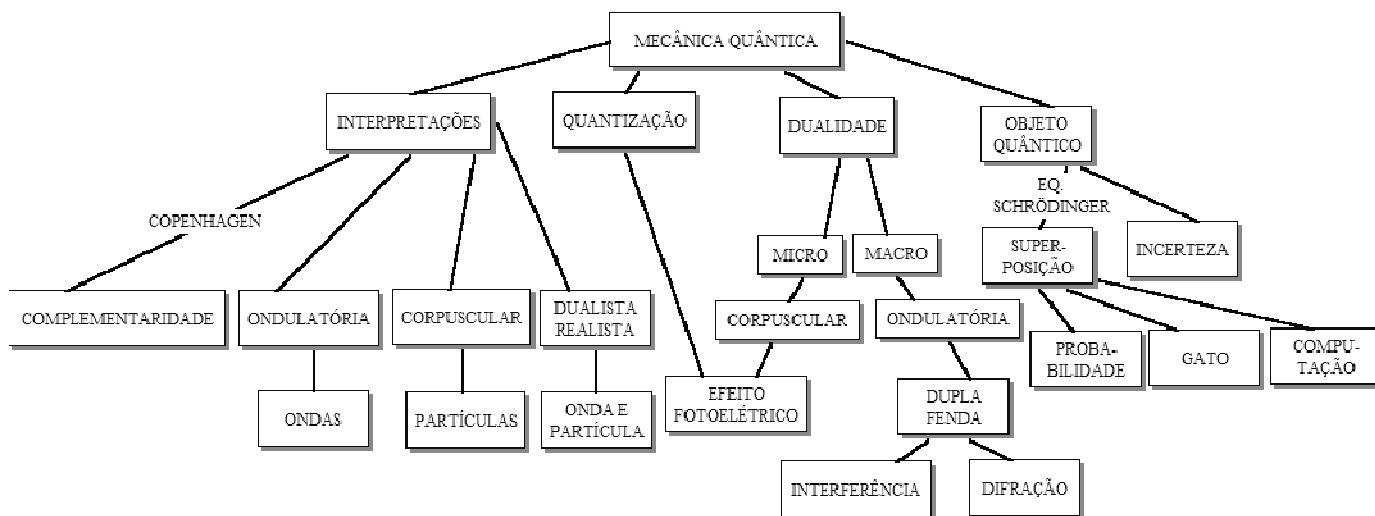


Figura 2. Mapa conceitual do grupo 2, turma de quinta-feira à noite.

Este mapa diferentemente do outro da Figura 1 apresenta uma estrutura claramente hierárquica, porém tem a mesma característica classificatória do primeiro e não apresenta relações cruzadas, o que também é natural em um primeiro mapa conceitual.

O mapa da Figura 3 também apresenta uma estrutura hierárquica. Novamente, o conceito mais inclusivo Mecânica Quântica está no topo do mapa. O grupo conseguiu estabelecer relações cruzadas. Seus integrantes destacaram que a Mecânica Quântica estuda os objetos quânticos que têm comportamento de onda e de partícula (dualidade) de acordo com a Interpretação de Copenhagen que é a mais aceita. Observaram que os objetos quânticos obedecem ao Princípio da Incerteza e que sua energia é quantizada.

O mapa apresentado na Figura 4, no qual o conceito escolhido como mais inclusivo foi o de luz, tem uma estrutura hierárquica e apresenta relações cruzadas como, por exemplo, o conceito de quantização que está relacionado com fóton, partícula e efeito fotoelétrico, indicando que a energia é quantizada.

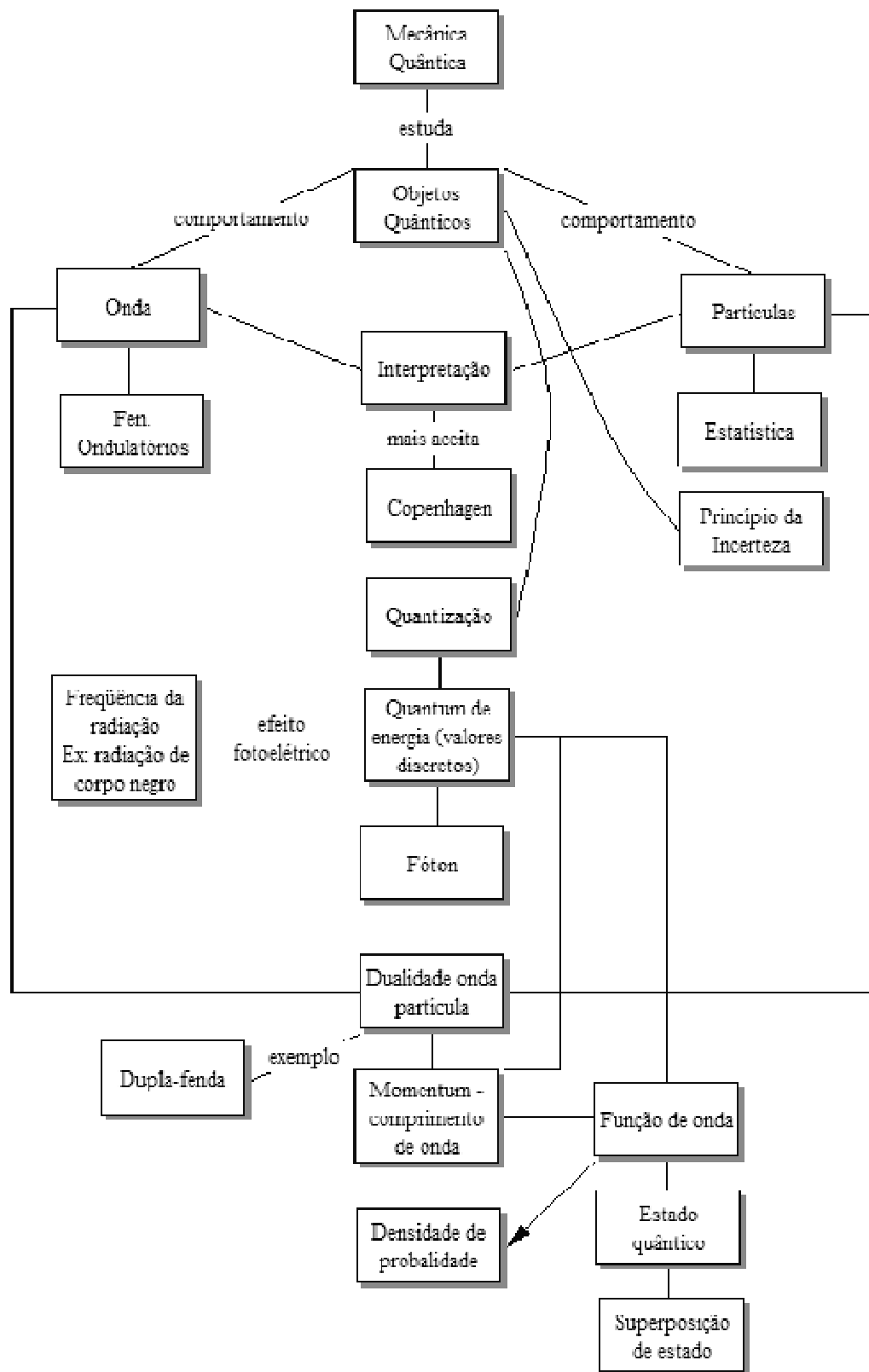


Figura 3. Mapa conceitual do grupo 3 de quinta-feira à noite.

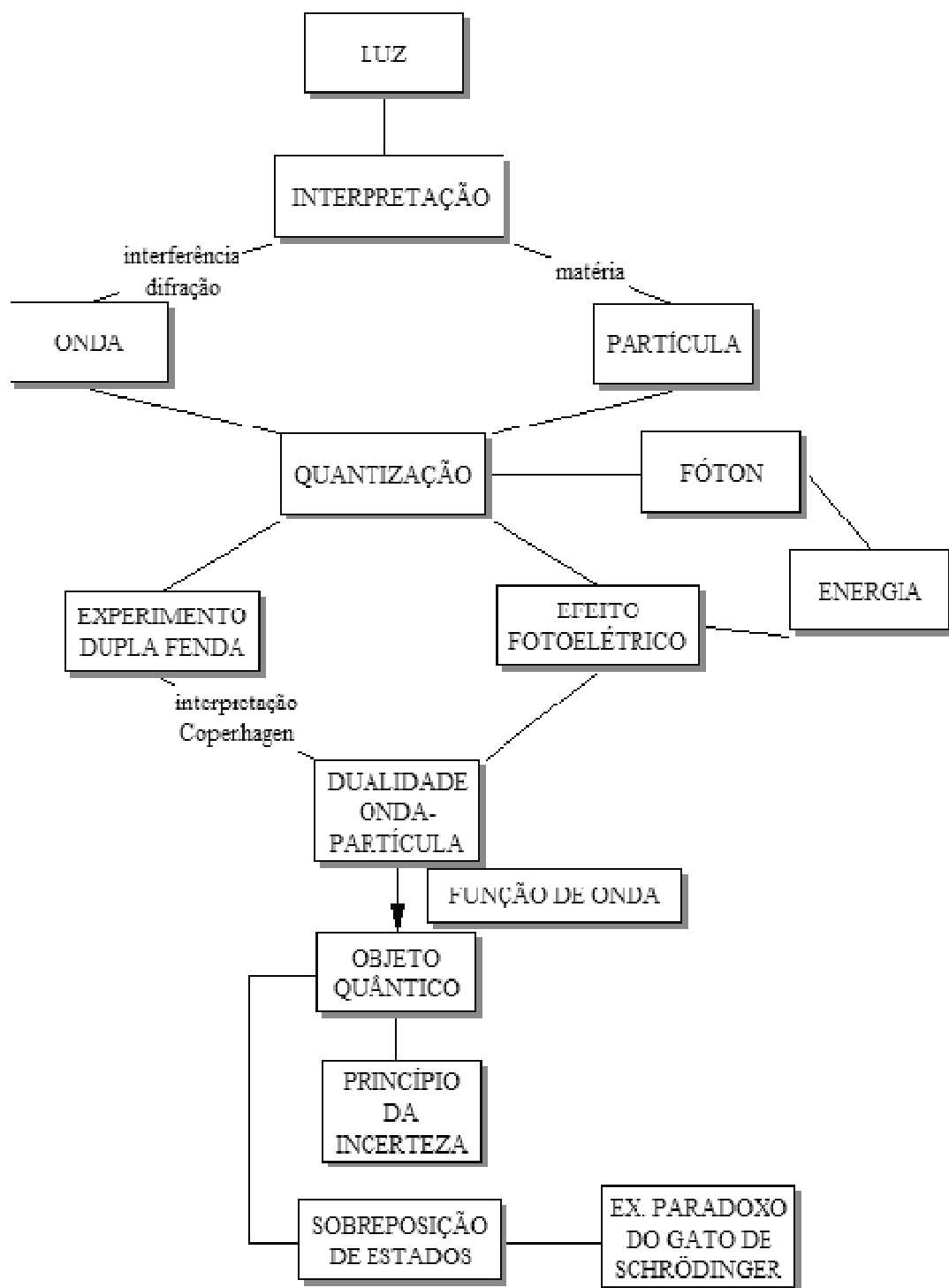


Figura 4. Mapa conceitual do grupo 4 da turma de quinta-feira à noite.

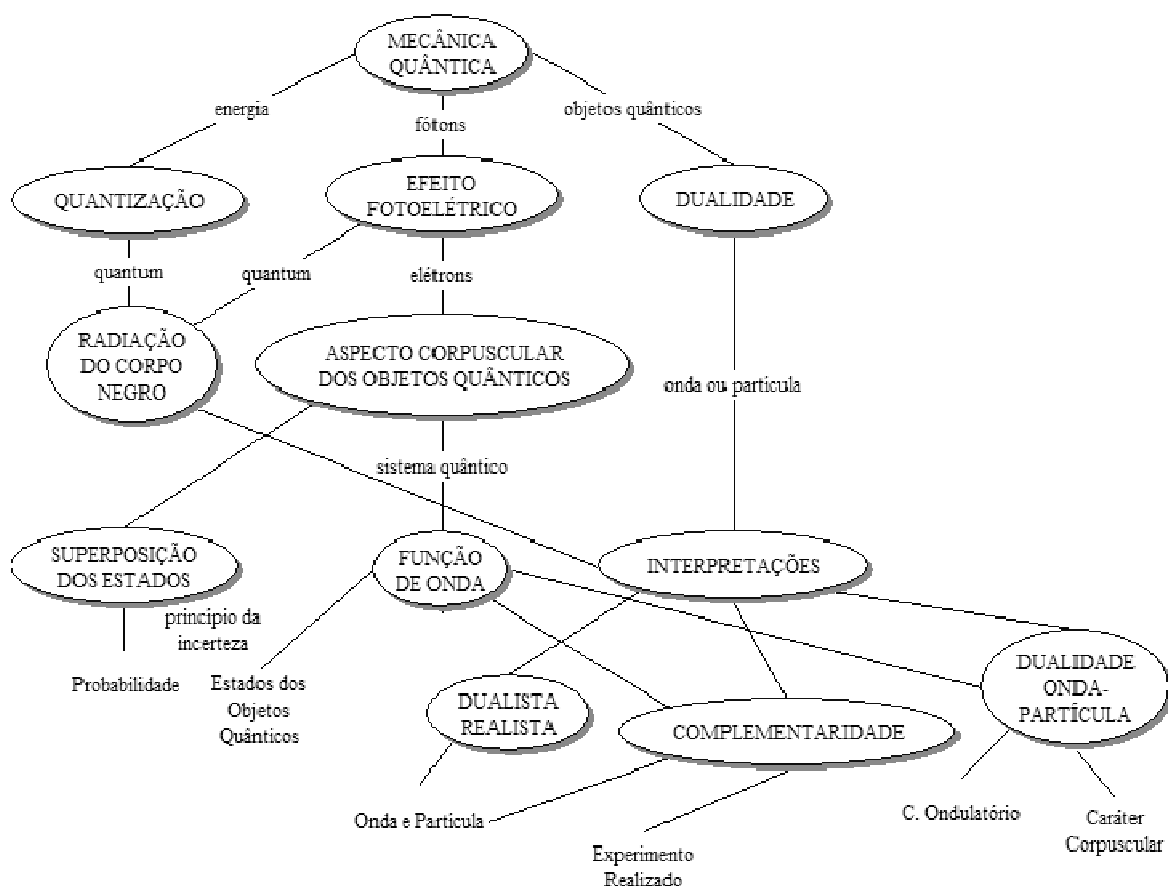


Figura 5. Mapa conceitual do grupo 1 da turma de sábado.

No mapa apresentado na Figura 5, o conceito principal é Mecânica Quântica, ligado a conceitos hierarquicamente superiores como quantização, efeito fotoelétrico e dualidade. O grupo destaca que a energia é quantizada, os objetos quânticos têm a característica dualidade onda-partícula e que os fótons estão relacionados com o efeito fotoelétrico. São encontradas neste mapa várias relações cruzadas.

O mapa mostrado na Figura 6 apresenta como conceito-chave a quantização ligada a conceitos considerados também hierarquicamente superiores pelo grupo como, por exemplo, o conceito de Mecânica Quântica. Não foram utilizadas figuras geométricas, mas os conceitos foram destacados com maiúsculas e os conectivos com minúsculas.

O mapa da Figura 7 apresenta uma estrutura hierárquica bem organizada. O conceito de Mecânica Quântica, ainda que em minúsculas, está no topo ligado à radiação de corpo negro que é um conceito relevante para o início da Mecânica Quântica. O grupo conseguiu observar que no

efeito fotoelétrico é evidenciado o comportamento de partícula da matéria e na dupla-fenda o comportamento de onda. Na parte inferior encontram-se os exemplos das interpretações.

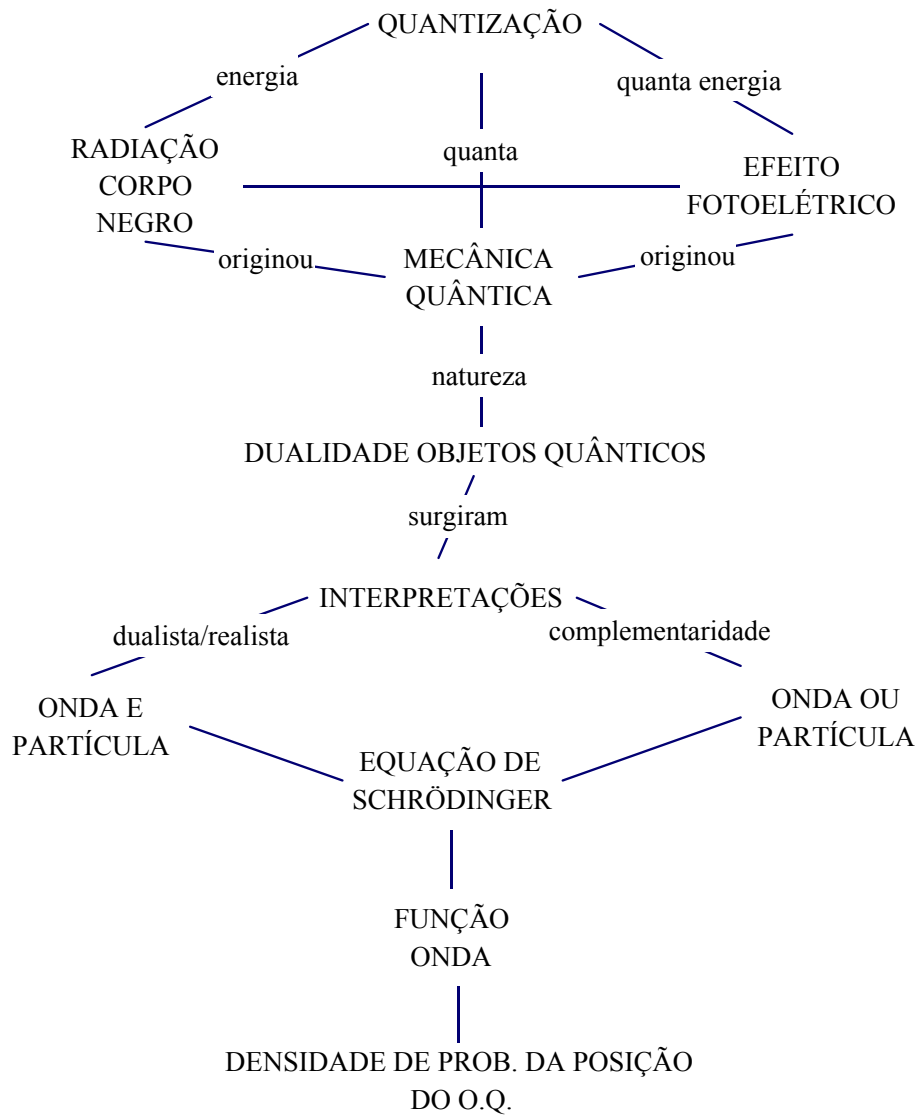


Figura 6. Mapa conceitual do grupo 2 da turma de sábado.

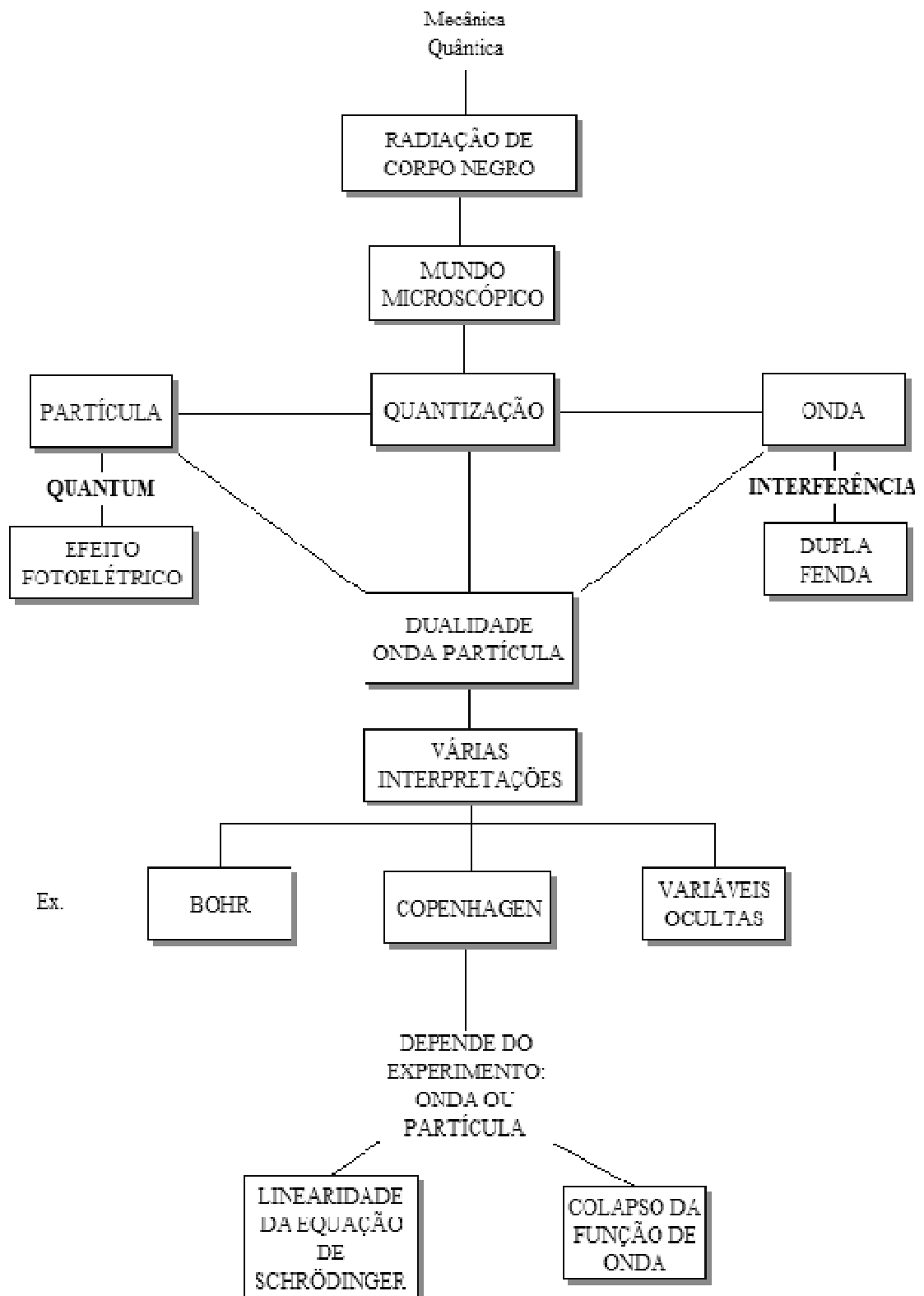


Figura 7. Mapa conceitual do grupo 3 da turma de sábado.

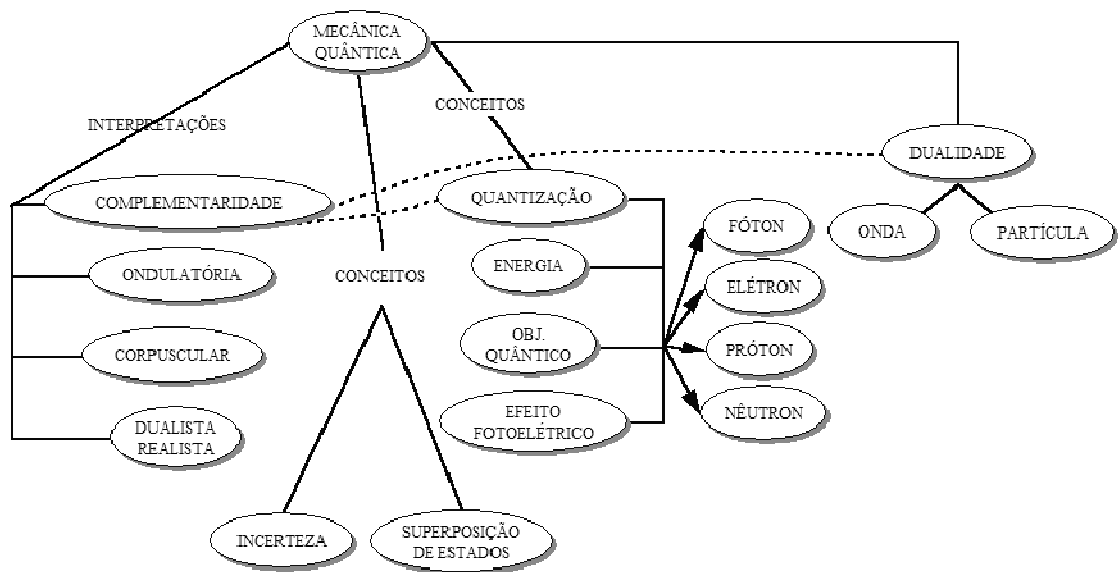


Figura 8. Mapa conceitual do grupo 4 da turma de sábado.

O mapa apresentado na Figura 8, por sua vez, é bem simples lembrando um diagrama classificatório. O conceito de Mecânica Quântica foi considerado o principal, ligado à conceitos intermediários, como interpretações e seus exemplos. A quantização de energia está ligada aos objetos quânticos e ao efeito fotoelétrico.

Síntese

Tentando sintetizar o observado nos oito mapas conceituais construídos pelos alunos podemos dizer que fornecem evidências de que os mesmos parecem ter captado significados aceitos cientificamente na Interpretação de Copenhague da Mecânica Quântica.

Naturalmente, se houvesse mais tempo, esses mapas deveriam ser modificados pelos alunos em função das sugestões e críticas recebidas dos colegas e da professora na apresentação e explicação ao grande grupo. O maior potencial dos mapas conceituais como recurso de ensino e aprendizagem está no processo de construí-los, apresentá-los, discuti-los e refazê-los.

Por exemplo, se houvessem oportunidades de recursividade, de reelaboração dos, mapas conceituais algumas pequenas proposições explicativas que aparecem em determinadas “caixas” e conectores poderiam ser negociadas dando lugar e conceitos, tornando os mapas mais elaborados e compatíveis com o esperado pela professora.

Neste trabalho, mapas conceituais foram analisados qualitativamente, ou seja, foram usados como instrumento de avaliação qualitativa ao final de um curso. Poderiam, no entanto, ter sido usados também como recurso de avaliação formativa e até mesmo diagnóstica. Poderiam também ter sido utilizados desde uma perspectiva quantitativa. Nesse caso seriam necessários critérios tipo “estão os principais conceitos?”, “está clara a hierarquia?”, “as conexões e conectivos são adequados?”, “há relações cruzadas; estão bem?” e atribuir índices numéricos a cada critério. Chegar-se-ia facilmente a um escore para cada mapa.

Contudo, parece-nos que o maior potencial dos mapas conceituais está em uma avaliação qualitativa recursiva que certamente funcionará também como recurso de aprendizagem. Quer dizer, ao fazer e refazer mapas conceituais o aluno estará aprendendo.

Referências

Ausubel, D.P. (2000). **The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Moreira, M.A. (2004). **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a investigação nesta área**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

Moreira, M.A. (2006a). **Mapas conceituais & diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor.

Moreira, M.A. (2006b). **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB.

Toulmin, S. (1977). **La comprensión humana**. Madrid, Alianza Editorial.

Vergnaud, G. (1990). **La théorie des champs conceptuels. Recherches en Didactique des Mathématiques**, 10(23): 133-170.

Marco Antonio Moreira: docente do Mestrado Profissional em Ensino de Física. Instituto de Física da UFRGS. Caixa Postal 15051 – Campus. 91501-970 Porto Alegre, RS

Sabrina Soares – Mestrado Profissional em Ensino de Física. Instituto de Física da UFRGS.

Iramaia Cabral de Paulo – Departamento de Física – UFMT, Cuiabá, MT