

# ESTUDO DOS MODELOS MENTAIS ELABORADOS POR ALUNOS DO PROEJA SOBRE TEMAS DE FÍSICA MODERNA: CONTRIBUIÇÕES PARA O PLANEJAMENTO DO ENSINO

Renata Lacerda Caldas Martins

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF) campus Centro*  
rlcmartins@ifff.edu.br

**RESUMO:** Este trabalho consiste da elaboração de atividades didáticas diferenciadas para análise dos modelos mentais dos alunos acerca do estudo da física moderna e contemporânea (FMC), desenvolvidas em turmas da Educação de Jovens e Adultos. A metodologia utilizada foi baseada nos ciclos reflexivos da pesquisa-ação. A análise, realizada à luz das teorias dos Modelos Mentais e dos Campos Conceituais, dois instrumentos eficientes para analisar o processo de modelagem mental, no qual o modelo conceitual se transforma naquele que está contido na mente dos alunos, levou resumidamente à conclusão de que: os modelos mentais inferidos podem ser úteis para se verificar a aprendizagem da FMC, bem como evidenciar a progressão conceitual. Podem atuar como excelentes ferramentas diretas para se planejar e implementar atividades facilitadoras da aprendizagem significativa.

**PALAVRAS-CHAVES:** Modelos Mentais; Campos Conceituais; PROEJA.

## INTRODUÇÃO

Diversos modelos científicos, desde a descoberta da Física Moderna e Contemporânea (FMC), têm sido gerados e compartilhados por cientistas a fim de justificar a exposição da sociedade às inovações tecnológicas. Por isso, acredita-se na importância do ensino de tais modelos em todos os níveis de escolaridade.

Sabe-se que a Educação de Jovens e Adultos (EJA) é normalmente constituída por estudantes que não tiveram acesso aos estudos no Fundamental e Médio e agora cursam a EJA. A legislação brasileira aponta a *Matéria* e a *Radiação* como dois importantes temas estruturadores para o estudo da FMC e estabelece as diretrizes para o Ensino Médio, incluindo a EJA. (BRASIL, 2002)

Adotando-se como premissa a necessidade da inserção de tópicos de FMC na EJA, modalidade profissionalizante (PROEJA) se estabelece as questões da presente investigação. Os modelos mentais explicitados por alunos do PROEJA poderão fornecer subsídios para se incluir e enfatizar o estudo de temas de FMC nesse nível de escolarização, bem como para auxiliar o planejamento didático do docente?

---

Sabe-se que há um consenso entre pesquisadores da cognição de que “*as pessoas usam representações internas para ‘desenhar mentalmente’ o que captam do mundo exterior*” (Moreira, 1999).

Para entender os modelos, o ser humano usa seus próprios modelos mentais. Isto significa que “*os conteúdos dos modelos mentais que o indivíduo desenvolve pode ser distinto uns dos outros e depende diretamente da instrução que recebem*” (Kurtz dos Santos, 2011).

Então, definiu-se como objetivo geral verificar as contribuições advindas do conhecimento dos modelos mentais de alunos, para fins de se enfatizar a relevância do estudo da FMC em turmas de EJA. Mais especificamente, introduzir conceitos da FMC a partir de uma seqüência de atividades de ensino e de avaliação a fim de motivar a explicitação dos modelos mentais dos estudantes sobre a *natureza da luz*.

## MARCO TEÓRICO

Contextualizada no campo de estudo dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem conceitual a pesquisa ancora-se em Ausubel (1980) e na estratégia proposta por Novak (1980).

Para a análise dos dados baseou-se nas teorias de Johnson-Laird (1983) e de Vergnaud (1993).

É enfatizado a partir destas últimas que a construção de modelos mentais é o primeiro passo da interação cognitiva que pode levar à aprendizagem significativa, a qual se organiza em campos conceituais, “*cujo domínio está vinculado, em parte, ao repertório de esquemas operatórios que o sujeito pode construir para resolver distintas situações*” (Vergnaud, 1993).

Os esquemas são constituídos de invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação) e refletem uma representação mental. O estudo das representações mentais do sujeito se refere, então, à forma de como ele organiza seus esquemas e como ele elabora os conceitos diante uma situação-problema. Moreira (2002 *apud* Vergnaud, 1993) define conceito como um triplete de três conjuntos: de situações (referente), de invariantes operatórios (significado do conceito) e de representações simbólicas (significante).

Adotou-se para o presente estudo o referencial metodológico proposto por Tripp (2005), entendendo a pesquisa-ação como uma forma de investigação-ação, ou seja, um processo corrente, repetitivo, no qual o que se alcança em cada ciclo fornece o ponto de partida para mais melhora no seguinte.

## A PESQUISA

Este trabalho faz parte de uma pesquisa de doutorado em Ciências Naturais, com enfoque no Ensino de Física, desenvolvida em 2011 e 2012, seguindo bases da pesquisa qualitativa e desenvolvida em dois ciclos reflexivos de pesquisa-ação. Foram pesquisadas duas turmas de PROEJA.

Foi aplicado um questionário constituído de itens de múltipla escolha para se conhecer a disponibilidade para estudo, contexto social, sua visão sobre a disciplina de física.

Um segundo questionário com quinze afirmações foi aplicado no início e no final para verificar quais concepções sobre o processo de ensino-aprendizagem tinham os alunos e se estas concepções refletiriam num interesse pela aprendizagem significativa.

As atividades planejadas para a coletas de dados focalizaram somente o contexto da sala de aula. As estratégias de ensino e avaliação para promover a explicitação dos modelos mentais inferidos dos invariantes operatórios envolveram desde o estudo da óptica geométrica até a física moderna (efeito fotoelétrico), conforme Quadro 1 a seguir:

Quadro 1.

Tema	Introdução/Foco	Reconhecimento	Plano/Objetivo	Implementação/Atividades
Natureza da Luz	Planejar estratégias para se promover a explicitação de modelos mentais sobre FMC, na verificação da aprendizagem do tema dualidade da luz	Aplicação de dois questionários: 1. sócio-econômico 2. ensino-aprendizagem  Turma: 11 alunos, faixa etária de 21 a 47 anos, a maioria trabalha fora.	Implementar atividades de ensino para se verificar as contribuições dos modelos mentais de alunos como subsídios para planejamento didático de temas da FMC.	Atividade 1- Questões sobre a natureza da luz. Atividade 2 - Questões sobre fenômenos óticos. Atividade 3 - Atividade de elaboração de mapa conceitual sobre a luz. Atividade 4 - Atividade de apresentação do mapa conceitual elaborado. Atividade 5 - Questões com enfoque na dualidade da luz após pesquisa virtual sobre natureza da luz e sua tecnologia. Atividade 6 – Experimento sobre difração da luz e o efeito fotoelétrico. Atividade 7 - Avaliação final e elaboração de mapa conceitual individual final sobre a dualidade.

Por meio das sete atividades desenvolvidas no ciclo pode-se destacar e categorizar as *invariâncias conceituais* explicitadas pelas respostas dos alunos.

Acredita-se com base nos referenciais teóricos adotados que essas invariâncias (ou, invariantes operatórios) refletiam os *modelos mentais de trabalho* elaborados em situações específicas (em cada atividade).

Para direcionar a análise dos dados obtidos na aplicação das atividades em sala de aula, buscou-se responder as seguintes perguntas:

- Quais invariantes operatórios foram inferidos em cada atividade?
- Quais modelos mentais decorrem desses invariantes?
- Os modelos mentais apontam para aprendizagem significativa sobre dualidade da luz?
- As estratégias adotadas facilitaram a explicitação dos modelos mentais?

A análise dos dados coletados permitiu encontrar nas invariâncias conceituais explicitadas pelas respostas dos alunos, em situações específicas de ensino, possíveis modelos mentais (ou, modelos de trabalho) sobre dualidade da luz.

No contexto da pesquisa, as situações didáticas foram caracterizadas como o momento onde o aluno tenta solucionar ou responder uma questão problemática. Portanto, neste aspecto, constitui o referente. As respostas dadas pelos alunos para explicar o conceito demonstram os invariantes. E o conjunto de esquemas ou representações postos em ação pelos sujeitos nessas situações, o significativo.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para fins de organização da presente análise, considerou-se a seguinte diferenciação: *modelos de trabalho*, como os modelos utilizados pelos alunos em cada situação de aprendizagem, resultado dos esquemas explicitados, isto é, dos invariantes operatórios e, *modelos mentais*, os modelos mais evoluídos conceitualmente, ou que apareceram com maior regularidade nos esquemas.

Por motivos de delimitação textual será demonstrada a análise completa de um aluno na última atividade.

## ATIVIDADE 7 – AVALIAÇÃO FINAL

Esta atividade constou de seis questões abordando os assuntos estudados na disciplina no decorrer do semestre.

No caso do mapa conceitual, foram corrigidos segundo os critérios de Novak (1996) usados em Martins (2006), dando menção aos itens da diferenciação, da hierarquia conceitual e da relevância nas ligações conceituais.

Em quatro mapas foram destacadas ligações conceituais corretas e relevantes para a inferência de um modelo mental coerente sobre a dualidade onda-partícula, conforme exemplificado no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2.

Invariantes operatórios inferidos da resposta do aluno às cinco primeiras questões da atividade final.

	CONCEITOS-EM-AÇÃO	TEOREMA-EM-AÇÃO
Aluno	<i>Luz; fótons; comportamento ondulatório; comportamento corpuscular; energia do fóton; energia do elétron; energia cinética</i>	A luz é radiação eletromagnética, constituída de partículas sem massa que são os fótons e a matéria é constituída de partículas com massa que são os elétrons. A luz é constituída de fótons e tem comportamento ondulatório e corpuscular. Para conseguir remover um elétron, a luz precisa de ter energia maior que a dele.

Ao que parece o aluno consegue explicitar um modelo de trabalho que dá conta de explicar o efeito fotoelétrico em relação à natureza corpuscular da luz, a constituição e a natureza da luz.

Para a análise do mapa conceitual (questão 6) foi elaborado o “mapa de referência” a seguir.

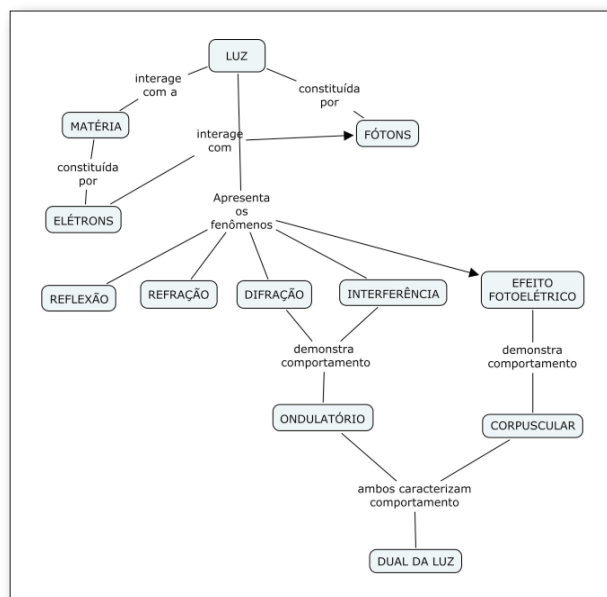


Fig. 1. Mapa conceitual elaborado para referenciar as relações explicitadas pelos alunos na correção da atividade final.

Quadro 3

CONCEITOS-EM-AÇÃO	TEOREMA-EM-AÇÃO
A luz-fenômenos-reflexão-refração-difração-interferência Efeito fotoelétrico-fóton-partícula-ejeção de elétron Difração-dual Interferência-fenda-onda	A luz apresenta os fenômenos da reflexão, refração, difração e interferência. No efeito fotoelétrico o fóton lança partícula e ejeta elétron. Na interferência a luz passa na fenda e mostra a onda. A difração tem a ver com o caráter dual da luz.

Modelo mental inferido: *A luz se mostra como partícula no efeito fotoelétrico e como onda, na interferência e na difração.*

Analisando a compreensão dos alunos por meio dos modelos mentais explicitados sobre a dualidade da luz, percebe-se de forma geral, a ocorrência de uma evolução conceitual. Modelos explicitados em atividades distintas foram se tornando mais robustos e coerentes.

É certo, que boa parte dos alunos não se deu conta dessa evolução, mas as invariâncias nelas apresentadas refletem uma progressividade.

Sabe-se que o comportamento dual da luz confronta, de certa forma, concepções dos alunos no sentido de que: “*uma coisa não pode ter dois comportamentos*”, ou “*uma partícula sem massa não pode existir, nem tampouco ejetar uma partícula com massa*”. Essas concepções de certa forma dificultam a elaboração de modelos mais completos, ou seja, dificultam a evolução dos modelos de trabalho, a fim de que se tornem modelos mentais. Isso foi percebido ao analisar a atividade final dos alunos.

## ANÁLISE DOS MODELOS MENTAIS DE APRENDIZAGEM

Os modelos dos alunos demonstraram, de forma geral, uma evolução conceitual, contudo, não se pode afirmar que esta evolução evidencia uma aprendizagem significativa.

Ficou claro que os alunos do PROEJA conseguiram explicitar modelos de trabalho que deram conta do conhecimento estudado e abordado em sala de aula. De forma resumida, a evolução conceitual percebida na análise dos modelos mentais de um aluno, no que se refere à compreensão do tema dualidade onda-partícula da luz é demonstrada a seguir:

- Radiação em pequenas proporções
- Algo que se movimenta com velocidade dependente do meio
- Aluno – Apresenta os fenômenos da reflexão, refração, difração e interferência
- Constituída de fóton
- A luz (fóton), pode ser onda ou partícula

## AVALIAÇÃO SOBRE A AÇÃO

Ao refletir sobre a prática realizada, percebeu-se que a postura de mediação assumida na pesquisa, bem como o planejamento de atividades diferenciadas tanto de ensino como de avaliação da aprendizagem, contribuiu para a explicitação dos modelos de trabalho e também para os modelos mentais sobre a *dualidade da luz*.

As contribuições verificadas nessa etapa quanto ao conhecimento dos modelos mentais dos alunos podem ser assim enumeradas:

- Os invariantes operatórios inferidos das respostas dos alunos demonstraram a cada atividade de ensino os conceitos que eles reconheciam no campo conceitual estudado;
- As relações que os alunos conseguiam fazer entre esses conceitos e os novos conceitos ensinados em sala de aula, apontavam ou para esquemas mentais progressivos ou estáticos. Esses esquemas, chamados de teoremas-em-ação, demonstravam o nível de relação conceitual estabelecida, ou de assimilação conceitual;
- A explicitação, repetidas vezes, desses invariantes, apontava para modelos mentais cada vez mais elaborados e que davam conta do conteúdo estudado;
- O reconhecimento dos modelos de trabalho dos alunos nas atividades diferenciadas de ensino, deu direção à implementação de novas ações a fim de motivar a acomodação dos novos esquemas mentais, mais elaborados, coerentes e análogos aos modelos conceituais ensinados;
- Ao repetirem as mesmas relações em atividades seguidas ou intercaladas, os alunos demonstravam que seus modelos poderiam estar acomodados em sua estrutura cognitiva, não precisando mais ser modificados para dar conta do conhecimento;
- A essa acomodação pondera-se que: os modelos mentais explicitados poderiam refletir uma aprendizagem mecânica, resultado de desmotivação para aprender significativamente; ou, poderiam demonstrar uma aprendizagem significativa de alguns conceitos, mas desmotivação para se construir modelos mentais que dessem conta dos novos conhecimentos estudados.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, Ltda.
- Brasil, MEC/SEMTEC. (2002) Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge, M. A.: Harvard University Press.
- Kurtz dos Santos, A. de C. (2011). *Do Universo ao Ambiente: Construindo nossa concepção de Natureza*. Rio Grande do Sul. Editor: Arion de Castro Kurtz dos Santos.
- Martins, R. L. C. (2006). *A utilização de mapas conceituais no estudo de física no ensino médio: uma proposta de implementação*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília – UNB, Brasília, DF.
- Moreira, M. A. (2002). A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), pp. 7-29.
- Novak, J. D. (1980). Retorno a Clarificar con Mapas Conceptuales. In: *Anais do Encontro Internacional sobre El Aprendizaje Significativo*. Burgos: Universidad de Burgos.
- Novak, J. D e Gowin, B.D. (1996). *Aprender a Aprender*. Edições Técnicas, Lisboa.
- Tripp, D. (2005). Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, 31(3), pp. 443-466.
- Vergnaud, G. (1993). *Teoria dos campos conceituais*. In: *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*, pp. 1-26.