

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Área de Concentração: Ensino de Biologia

**O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga
cognitiva: elaboração de material de apoio para o professor**

Fernanda de Jesus Costa

Belo Horizonte
2010

Fernanda de Jesus Costa

O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva: elaboração de material de apoio para o professor

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora:

Prof^a. Dra. Andréa Carla Leite Chaves

Co-Orientador:

Prof. Dr. Francisco Ângelo Coutinho

**Belo Horizonte
2010**

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

C837u Costa, Fernanda de Jesus
O uso de imagens e palavras em com base na teoria da carga cognitiva: elaboração de material de apoio para o professor / Fernanda de Jesus Costa, 2010.
83f.: il.

Orientadora: Andréa Carla Leite Chaves
Co-Orientador: Francisco Ângelo Coutinho
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

1. Aprendizagem Cognitiva. 2. Formação Professores. 3. Multimídia Interativa. I. Chaves, Andréa Carla Leite. II. Coutinho, Francisco Ângelo. III. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. IV. Título.

CDU: 371.13

Fernanda de Jesus Costa

**O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva:
elaboração de material de apoio para o professor**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Andréa Carla Leite Chaves

Prof^a. Dra. Andréa Carla Leite Chaves (Orientadora) - PUCMINAS

Francisco Ângelo Coutinho

Prof. Dr. Francisco Ângelo Coutinho (Co-Orientador) - PUCMINAS

Lídia Maria Luz Paixão Ribeiro de Oliveira

Prof^a. Dra. Lídia Maria Luz Paixão Ribeiro de Oliveira (Avaliadora interna)
PUCMINAS

Danusa Munford

Prof^a. Dra. Danusa Munford (Avaliadora externa) UFMG

Belo Horizonte, 18 de Junho de 2010.

Dedicatória

À Vânia, Arlete e Thiago pelo incentivo, amor,
carinho, dedicação, exemplo e confiança.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer à Professora Dra. Andréa Carla Leite Chaves, por ter me orientado e guiado meus primeiros passos no caminho da pesquisa acadêmica, bem como pela confiança, dedicação e amizade depositada durante todos estes anos e, ainda, por ter me orientado durante esta dissertação e em todas as minhas atividades acadêmicas, incluindo as que ainda estão por vir. Sem a sua grande contribuição, nada disto teria acontecido. Ao Professor Dr. Francisco Ângelo Coutinho, pelas contribuições neste trabalho e em outros que já estão a caminho, pela confiança depositada desde o início, pelo carinho, amizade e dedicação. Por me orientar em diversos trabalhos, por demonstrar diversas áreas da pesquisa em ensino e acreditar que juntos podemos ir um pouco mais longe. **Andréa e Chico**, sem as suas significativas contribuições este trabalho não seria concretizado, vocês são fundamentais para a realização deste e de outros sonhos.

À minha mãe por tudo que sofreu comigo durante este período, pelo carinho, sacrifício, dedicação, amor. Sem você não seria nada do que sou, te amo muito. Aos meus avós, Arlete e Joviano, pela confiança, dedicação e amor. Às minhas tias Sandra, Tete, Valéria e Virgínia pelo carinho, confiança e apoio. Ao meu amado tio **Luis Cláudio**, que sempre confiou e acreditou em mim. À minha irmã Juane, por suas contribuições significativas nos momentos de lazer e por nossa eterna amizade. Ao meu pai pelo carinho e atenção. Ao Thiago, pela confiança, paciência, carinho, amor e dedicação durante todos esses anos, por compreender a minha ausência em alguns momentos e por ser um exemplo a ser seguido.

Aos meus amigos que sempre confiaram em mim e souberam compreender a minha ausência, em especial: Carol, Binha, Gi, Vanderlan. Aos meus alunos da aula particular, em especial à Ana, grande contribuidora do 4º capítulo. E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste sonho. Amo vocês!

***“Se queres colher em um ano, plante cereais,
Se queres colher em dez anos, plante árvores.
Mas se queres colher para a vida inteira,
eduque homens.”***

Autor desconhecido

RESUMO

O presente trabalho trata do uso e da influência da teoria da carga cognitiva na aprendizagem utilizando materiais multimodais (aprendizagem multimídia), temática de grande importância no contexto educacional atual. Hoje, a utilização de recursos multimídia no ensino é um fato, sendo que a maioria dos professores emprega estes recursos em seu dia-a-dia na sala de aula. Entretanto, muitos professores desconhecem a teoria da carga cognitiva e seus princípios, assim, muitas vezes a aprendizagem fica prejudicada. Este prejuízo ocorre porque existe uma quantidade limitada de informações que pode ser processada na memória do aprendiz a cada momento (SANTOS e TAROUÇO, 2007) e, ao ultrapassar este limite, ocorre uma sobrecarga da memória e a aprendizagem fica comprometida (SWELLER, 2005). Numa etapa inicial, nossa pesquisa investigou a utilização de recursos multimodais por professores de escolas públicas e particulares do ensino fundamental e médio e qual o grau de conhecimento que estes tinham sobre a teoria da carga cognitiva. Constatou-se o uso constante de materiais multimodais e um desconhecimento dos professores sobre a teoria, o que tornou evidente a necessidade de investimento na formação continuada desses profissionais. Diante desse quadro, foram elaboradas duas cartilhas, sendo uma impressa e outra eletrônica, com informações sobre a teoria da carga cognitiva explorando principalmente referencial teórico atualizado e o uso de esquemas para ilustrar os princípios da teoria. A experimentação das cartilhas, junto a um grupo de professores, mostrou que as mesmas podem ser utilizadas como material de apoio para o professor e também como ferramentas para preparar/atualizar os professores para lidar e trabalhar com os princípios da teoria da carga cognitiva visando o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Teoria da carga cognitiva, Aprendizagem multimídia, Formação de professores, Material de apoio.

ABSTRACT

This paper addresses the use and influence of cognitive load theory on learning materials using multimedia (multimedia learning), theme of great importance in the current educational context. Today, the use of multimedia in teaching is a fact, and most teachers employ these resources in their classes. However, many teachers are unaware of the cognitive load theory and its principles, so often the learning process is impaired. This loss occurs because there is a limited amount of information that can be processed in the memory of the learner at a certain moment (TAROUCO SANTOS, 2007), and when the limit is not respected there is an overload of memory and learning can be affected in a bad way (SWELLER, 2005). In an initial step, our research investigated the use of multimedia resources by teachers of public and private schools of elementary and high school and what degree of knowledge they had about the theory of cognitive load. It found the constant use of multimodal materials and a lack of knowledge of teachers of the theory. It made us aware of the need for continued investment in training these professionals. Given this framework, two booklets were prepared, one is printed and the other one is electronic, with information on the theory of cognitive load mainly exploring updated theoretical reference and the use of diagrams to illustrate the principles of the theory. The trial of the booklets with a group of teachers showed that they can be used as supporting material for the teacher and also as tools to prepare / update the teachers to deal with and work with the principles of cognitive load theory aimed at the improvement of the teaching-learning process.

Key words: Theory of cognitive load, Multimedia learning, Teachers education, Supporting material.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 Teoria cognitiva da aprendizagem a partir de texto e imagem 25

FIGURA 2 Ciclo do nitrogênio com carga cognitiva elevada 43

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Porcentagem de recursos multimídias citados pelos professores	38
GRÁFICO 2 Recursos multimídias citados pelos professores na opção outros	39
GRÁFICO 3 Análise qualitativa dos aspectos da cognição humana relevantes na visão dos Professores	43
GRÁFICO 4 Principais aspectos da imagem do Ciclo do Nitrogênio que podem dificultar a aprendizagem	44
GRÁFICO 5 Aspectos sobre a teoria da carga cognitiva que interessam os professores	48
GRÁFICO 6 Porcentagem dos aspectos positivos da cartilha impressa citados pelos professores	61
GRÁFICO 7 Porcentagem dos aspectos negativos da cartilha impressa citados pelos professores	62
GRÁFICO 8 Modificações sugeridas na cartilha impressa pelos professores	63
GRÁFICO 9 Aspectos positivos da cartilha eletrônica abordado pelos professores	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Suposições da teoria cognitiva associada com a aprendizagem multimídia	21
TABELA 2 Perfil dos professores	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

PCN's – Parâmetros Curriculares Nacionais

PUCMG – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

TCAM – Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	
2.1 A aprendizagem multimídia	18
2.2 O processo cognitivo humano	21
2.3 A teoria da carga cognitiva.....	26
2.4 Princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM)	31
3 A INVESTIGAÇÃO	
3.1 Contexto e participantes da pesquisa	34
3.2 Instrumentos e procedimentos de coleta de dados.....	35
3.3 Análise e discussão dos dados	36
4 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DO MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR – CARTILHAS IMPRESSA E ELETRÔNICA	
4.1 Formação docente e o Mestrado Profissional em Ensino	51
4.2 Tema gerador dos materiais de apoio.....	55
4.3 Elaboração e apresentação dos produtos	56
4.4 Avaliação e análise dos produtos	59
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICE.....	79

1 INTRODUÇÃO

Considerando a sociedade tecnológica na qual estamos inseridos é necessário que os diversos profissionais procurem se adequar a esta realidade. A tecnologia é considerada um agente de mudança, pois, as inovações tecnológicas vêm transformando algumas realidades educacionais e provocando mudanças no modo como as pessoas aprendem e como são ensinadas (TAROUÇO, *et al.*, 2006).

Não é apenas a área da educação que se defronta com as novas tecnologias, elas estão em toda parte gerando impactos no universo social, produzindo novas dinâmicas, nas quais o conhecimento torna-se gradativamente central. Esta transformação envolve todas as áreas de atividade e todas as pessoas (SANTOS e TAROUÇO, 2007).

Segundo Stahl (1997), as novas tecnologias da informação estão afetando diversas áreas da sociedade, e isto significa um novo contexto para a educação. Em especial para o ensino de ciências que é considerado multimodal e possui terminologia bastante específica. Assim, os desafios para a escola são ainda maiores, já que demandam professores capacitados em suas disciplinas em procedimentos didáticos adequados às novas concepções de ensino-aprendizagem e aos novos recursos disponíveis (BASTOS e MAZZARDO, 2004).

Voltando para o nosso objetivo, o ensino, é importante ressaltar que existem inovações tecnológicas capazes de afetar significativamente os sistemas educacionais, e o próprio processo ensino-aprendizagem, em termos de conteúdo e organização social da aprendizagem, habilidades de pensamento e papéis de professores e alunos (STAHL, 1997).

Levando em conta o relevante papel que os computadores desempenham na sociedade atual, a escola não pode ficar alheia a este fato e cabe aos professores a responsabilidade sobre a seleção de produtos adequados (COSTA, 1999). Stahl (1997) afirma que a capacidade do professor em selecionar e explorar as tecnologias adequadas ao seu contexto particular será capaz de dar a devida dimensão ao seu uso na educação, não somente porque facilitará as tarefas de ensino, mas porque poderá facilitar e ampliar a aprendizagem dos alunos.

A incorporação de tecnologia às práticas educacionais pode provocar transformações na prática de professores, porém, a inserção de recursos tecnológicos em sala de aula é apenas um passo, sendo necessário ir além e transformar a prática educativa em espaços efetivos, prazerosos e qualificados (TAROUCO, et al, 2006).

Assim, os educadores podem e devem fazer uso efetivo de diversas tecnologias, na tentativa de oferecer aos alunos as experiências educacionais.

“As modernas tecnologias de informação e comunicação tornaram crescentes as tendências de surgimento de uma sociedade globalizada. Isto exige seres sociais capazes de se comunicarem, conviverem e dialogarem num mundo interativo e interdependente. Seres que entendam a importância de subordinar o uso da tecnologia às necessidades do ser humano.” (SOUZA, 2007)

Desta forma, a capacitação de professores para o uso de novas tecnologias de informação implica em redimensionar o papel que este docente deverá desempenhar na formação do cidadão do século XXI (SOUZA, 2007).

Stahl (1997) coloca que as exigências feitas à educação pela era da computação constituem-se em grandes e específicos desafios para os professores, os quais se encontram na maioria dos casos, despreparados para utilizar as novas tecnologias. Sendo necessárias interferências dentro deste processo, na tentativa de fornecer informações relevantes e, desta forma, melhorar alguns aspectos educacionais. Uma boa maneira é a produção de materiais de apoio para os professores, com informações diversas.

É importante lembrar que a utilização dos recursos multimídias é de extrema importância, mas deve estar de acordo com a arquitetura cognitiva humana, para não sobrecarregar a memória dos alunos (STAHL, 1997). Dentro deste contexto, pesquisas (Mayer, 1997, 1999, 2001) citadas por Mayer (2003), afirmam que a utilização de palavras e imagens favorece a aprendizagem. Vale ressaltar, no entanto, que a aprendizagem ocorre de maneira mais eficiente quando o processo de informação estiver alinhado com o processo cognitivo humano, ou seja, quando o volume de informações ofertadas ao aluno for compatível com a capacidade de manipulação do sistema cognitivo (SWELLER, 2005). Este pressuposto assenta-se sobre a idéia de que uma carga cognitiva supérflua ocorrerá quando o material instrucional desconsiderar alguns princípios básicos de construção.

Tendo como foco a aprendizagem dos alunos, os professores que utilizam a aprendizagem multimídia, devem-se valer da teoria da carga cognitiva como um subsídio na escolha dos recursos mais apropriados para sua prática pedagógica (SANTOS e TAROUÇO, 2007). Além disso, as referidas autoras afirmam que a interação com a tecnologia deve ser mais que moderna e motivadora, mas, sim, um elemento que realmente potencialize os processos cognitivos dos alunos.

Costa (1999) pontua que é importante formar e apoiar os professores não apenas para utilizarem recursos multimídia, mas com o objetivo de que estes se tornem utilizadores críticos, informados e com maior exigência de qualidade. É necessário que as informações sobre temas atuais cheguem até o ambiente escolar.

Atualmente os objetos de aprendizagem, ferramentas da aprendizagem multimídia, vêm sendo utilizados como materiais didáticos que motivam os alunos e, portanto, aumentam o interesse e conseqüentemente a aprendizagem. Neste sentido, uma efetiva preparação dos professores para a análise crítica, avaliação e utilização destes objetos educativos constitui uma necessidade cada vez mais pertinente na atualidade (COSTA, 1999). Além disso, Santos e Tarouco (2007) afirmam que além do acesso a estes objetos, o professor precisa conhecer a teoria da carga cognitiva para avaliar a carga presente no objeto em questão, analisando se este recurso realmente irá favorecer a aprendizagem, ou apenas, irá sobrecarregar a memória dos alunos. Sendo, portanto, relevante o conhecimento da teoria da carga cognitiva pelos educadores, em especial os de ciências e tecnologia.

Como professora de Ciências e Biologia do Ensino Fundamental e Médio, percebo a grande utilização dos recursos multimídia na sala de aula, porém com enormes dificuldades pelos professores. Muitas vezes, utilizamos recursos diversificados, mas, não alcançamos a aprendizagem desejada. Isto ocorre devido a diversos aspectos, neste trabalho abordaremos a questão da sobrecarga da memória dos alunos. Ao prepararmos nossas aulas ou nossos materiais didáticos pensamos em gerar aprendizagem, mas nem sempre isto acontece de forma efetiva.

Considerando a influência dos recursos multimídia no ensino, preocupa-nos como estes estão sendo utilizados pelos professores. Ponderamos que é necessário que os professores conheçam o processo cognitivo humano, a teoria da carga cognitiva e sua influência sobre a aprendizagem multimídia para melhorar sua prática docente.

Portanto, diante da crescente utilização de recursos multimídia em sala de aula, do despreparo dos professores para elaborar e utilizar estes recursos e dos conhecimentos disponíveis sobre a arquitetura cognitiva humana e sobre a carga cognitiva surge a necessidade de que estas informações cheguem até os professores, na tentativa de melhorar o seu trabalho e favorecer uma aprendizagem mais eficiente por parte dos seus alunos. Assim, considerando estes aspectos e os objetivos do Mestrado Profissional em Ensino, optamos por trabalhar nesta dissertação com a elaboração de um material de apoio para professores a respeito da teoria da carga cognitiva, relacionado-a com a arquitetura cognitiva humana e a aprendizagem multimídia, estando relacionados com o ensino de ciências e tecnologia.

No sentido de imprimir uma direção ao trabalho ora exposto, levantamos alguns questionamentos:

- Os professores utilizam recursos multimídia em suas aulas? Quais?
- Os professores se preocupam com a cognição de seus alunos?
- Os professores já ouviram falar ou conhecem a teoria da carga cognitiva?
- Os professores são capazes de identificar problemas em uma imagem que apresenta uma alta carga cognitiva?

A partir destes questionamentos decidimos inicialmente investigar estes aspectos a partir da aplicação de um questionário que foi realizado em escolas públicas e particulares de Belo Horizonte, com professores de diversas disciplinas que lecionam para o ensino fundamental e médio. A finalidade de tal investigação foi avaliar quais recursos os professores utilizam, o que eles conhecem sobre a temática, o que eles gostariam de saber e ainda se apresentam facilidade para ler em inglês, já que a maioria dos materiais disponíveis sobre o assunto encontra-se nesta língua.

Diante do exposto, temos como objetivos específicos neste trabalho:

- Levantar referencial teórico sobre a cognição humana e aprendizagem multimídia;
- Avaliar o conhecimento de um grupo de professores sobre o tema, através de um questionário;
- Analisar os dados obtidos através deste questionário;
- Identificar as principais dificuldades encontradas pelos professores;

- Elaborar material de apoio sobre a teoria da carga cognitiva – Cartilhas;
- Testar os materiais de apoio produzidos com um grupo de professores e avaliar sua aplicação;

O trabalho encontra-se organizado em cinco capítulos. Ele inicia-se com esta introdução a respeito do tema, abordando sua importância, seus objetivos e sua organização.

O segundo capítulo é dedicado ao estudo da temática, ou seja, apresentamos uma revisão da literatura sobre: a aprendizagem multimídia, o processo cognitivo humano, a teoria da carga cognitiva e a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM). As informações deste capítulo foram essenciais para a fundamentação teórica deste trabalho.

O capítulo três constitui uma investigação realizada com os professores do ensino fundamental e médio a respeito do tema e sua importância para o processo de ensino-aprendizagem.

O capítulo quatro descreve a elaboração e a experimentação dos produtos.

Finalmente, apresentamos as considerações finais, onde discutimos as possíveis contribuições deste trabalho.

Destacamos que os produtos finais desta dissertação encontram-se disponibilizados juntamente com esta dissertação em CD, sendo eles, uma cartilha impressa denominada “Teoria da carga cognitiva: Informação para os professores” e uma cartilha eletrônica denominada “Teoria da carga cognitiva: Aspectos relevantes para a prática docente”. A cartilha impressa contém de forma breve e ilustrada a teoria da carga cognitiva e seus princípios. A cartilha eletrônica é mais extensa e apresenta uma revisão mais completa sobre o tema, possibilitando ao professor obter informações complementares. Na cartilha eletrônica, além das ilustrações, disponibilizamos também vídeos para facilitar o entendimento dos princípios da teoria que envolvem o uso de sons e palavras faladas. Assim, buscamos mostrar uma ferramenta relacionada ao ensino de ciências e tecnologia que relaciona-se com os problemas do processo de ensino-aprendizagem, porém, destacamos que não é o único aspecto que pode prejudicar a aprendizagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A aprendizagem multimídia

Durante muito tempo as palavras foram o principal modo de instrução na educação. Elas eram o principal veículo de informação nas escolas e os alunos eram apenas passivos em relação à informação (MAYER, 2003). Existem evidências de que somente o verbal não garante um bom trabalho. Pesquisas (Mayer, 1997, 1999 e 2001, 2003) demonstraram que quando os estudantes apenas ouvem (ou lêem) apresentam dificuldades em relembrar as principais idéias e ainda podem ter dificuldade em resolver problemas e que a utilização de palavras e imagens favorece a aprendizagem.

Considerando estas pesquisas e as inovações tecnológicas ocorridas nos últimos anos e conseqüentemente a necessidade dos alunos, é preciso que os professores adaptem suas aulas a estes aspectos, na tentativa de favorecer a aprendizagem. Sendo assim, Almeida (2001) citado por Lima *et al.* (2007), afirma que nós educadores necessitamos de alternativas pedagógicas que auxiliem o processo de ensino/aprendizagem de forma mais eficiente.

Neste contexto, surge o conceito de aprendizagem multimídia (*Multimedia Learning*), que, de acordo com Mayer (2001) é a aprendizagem através de palavras e imagens. Segundo o referido autor, as palavras incluem o discurso falado e a parte escrita, enquanto que as imagens podem ser estáticas (ilustrações e fotos) ou dinâmicas (animações e vídeos). Porém, a simples adição de figuras a palavras no material instrucional não garante a aprendizagem. Existem condições de adição de palavras e imagens que devem ser utilizadas para garantir a aprendizagem (MAYER, 2003).

A multimídia pode então ser compreendida como uma combinação de múltiplos recursos técnicos com o propósito de apresentar a informação desejada em múltiplos formatos através de múltiplas modalidades sensoriais (SCHTZ e LOWE, 2003).

Para Yanger (1991) *apud* Coscarelli (1998) as apresentações multissensoriais aceleram e aumentam a compreensão, e ainda prendem por mais tempo a atenção dos ouvintes. Assim, segundo o referido autor isso acontece porque os recursos utilizados pela multimídia (imagens, som e movimento) apresentam como objetivo chamar a atenção da platéia ou do usuário com certa frequência.

Acredita-se que exista um consenso, mesmo que intuitivo, no que diz respeito à afirmativa de que a multimídia produz bons resultados na aquisição de nova informação (COSCARELLI, 1998), isso demonstra a importância da utilização dos recursos multimídia no ensino, de uma forma geral. Em especial nas disciplinas relacionadas com ciências e tecnologias que utilizam em diversas situações, na tentativa de favorecer a aprendizagem.

A promessa da aprendizagem através da multimídia, conforme afirma Mayer (2003) é a combinação de palavras e imagens. Segundo Tarouco e colaboradores (2009) ambientes de aprendizagem multimodais são aqueles que utilizam dois modos diferentes para representar o conteúdo do conhecimento. O uso deste tipo de aprendizagem vem sendo investigado e acredita-se que a compreensão dos estudantes é ampliada pela utilização de representações não verbais e verbais. Recursos multimídia e com interatividade são considerados por professores como uma forma de motivar os alunos, gerando uma aprendizagem mais eficaz (SANTOS e TAROUCO, 2007).

Para Moreno e Mayer (2007) a aprendizagem efetiva ocorre quando se combina representações verbais com não verbais, ocasionando um conhecimento a partir da mistura de modalidades de apresentações. É importante compreender a diferença entre modo e modalidade, proposta por Moreno e Mayer (2007), *modo* é o código usado para representar a informação, pode ser verbal (palavras impressas ou faladas) ou não-verbal (ilustrações, fotos, vídeos e animações). Enquanto que *modalidade* são os sentidos utilizados na recepção dos dados, ou seja, a audição (através dos ouvidos) e o visual (através dos olhos).

Ainda dentro deste contexto, é importante compreender o conceito de aprendizagem multimodal interativa e não interativa. A interativa depende da ação do aluno, ou seja, o aluno interage com o conteúdo e pode ser definida como uma aprendizagem ativa (MORENO e MAYER, 2007). Os referidos autores explicam os cinco tipos mais comuns de aprendizagem multimodal interativa: (1) O *diálogo*, no

qual ocorrem perguntas e respostas, que fazem os alunos interagirem com o conteúdo, ou seja, existe um 'feedback' entre o conteúdo e o aluno; (2) O *controle* que consiste na determinação pelo aluno na passagem ou na ordem de uma determinada apresentação - ele pode clicar para acelerar, pausar ou continuar, dependendo de sua característica pessoal e interatividade; (3) A *manipulação*, que pode ser definida como a movimentação feita pelos alunos na tela de uma simulação, por exemplo, a definição do foco ou aproximação. Em relação à manipulação, Moreira e Borges (2007) demonstraram que a possibilidade de manipular a representação sobre um determinado conteúdo de física, contribuiu para elaborar uma melhor compreensão do modelo ensinado, demonstrando que a participação ativa do aluno gera resultados positivos na aprendizagem; (4) A *pesquisa*, que como o próprio nome revela, consiste na busca por determinadas informações, ou seja, o aluno busca o conhecimento na internet, em livro, participando ativamente e por último, (5) A *navegação*, que consiste em clicar para selecionar as informações necessárias. Considerando estes cinco tipos, verifica-se que o aluno interage a todo o momento com a informação, favorecendo a sua aprendizagem.

Na aprendizagem multimodal não interativa a mensagem multimídia é apresentada de maneira pré-determinada, o aluno não pode modificar o caminho durante a aprendizagem, pode-se citar as animações narrativas ou livro didático contendo texto e ilustrações, ou seja, as apresentações lineares que incluem o verbal e o visual através da aprendizagem pronta. Neste caso, os alunos escutam o que professor diz sobre o processo e apenas observam uma ilustração ou animação, sem interagir com a informação (MORENO e MAYER, 2007).

Embora o uso de recursos multimídias possa contribuir para a aprendizagem, Schnotz e Lowe (2003) afirmam que é um erro pressupor que ambientes de aprendizagem ricos nestes recursos resultem em um processamento cognitivo extensivo e na criação de estruturas e conhecimento elaborados. Ou seja, a utilização da multimídia deve estar alinhada com a capacidade cognitiva dos alunos e com o conteúdo a ser ensinado. Moreira e Borges (2007) afirmam que representações com muitas formas de apresentação nem sempre são benéficas para a aprendizagem. Este recurso deve estar alinhado com os processos cognitivos, conforme será descrito adiante. Dentro deste mesmo contexto, Low e

Sweller (2005), afirmam que o ambiente de aprendizagem deve combinar representações verbais e não verbais usando apresentações com modalidades auditivas e visuais mescladas porque a arquitetura mental humana apresenta canais limitados e independentes para o processamento dos sinais de entrada. Portanto, o uso inadequado de recursos multimídias pode distrair o aluno e causar um impacto negativo no processo de aprendizagem, resultando em um aumento da carga cognitiva, sendo uma das causas do insucesso do processo de ensino-aprendizagem.

2.2 O processo cognitivo humano

A aprendizagem multimídia será relacionada com o processo cognitivo humano. Assim, Mayer (2001) afirma que a teoria cognitiva e a aprendizagem multimídia podem ser baseadas em três suposições: (1) existência de dois canais de processamento; (2) capacidade limitada de processamento da informação; (3) aprendizagem como processo ativo. Estas são demonstradas na tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Suposições da teoria cognitiva associada com a aprendizagem multimídia.

Suposição	Descrição	Referência
Código duplo “Dual channels”	Os seres humanos possuem dois canais separados para processarem a informação, um para o visual e outro para o verbal.	Paivio, 1986; Braddeley, 1992.
Capacidade limitada “Limited capacity”	Os seres humanos possuem capacidade limitada para processar uma quantidade de informações. A informação é processada separadamente em cada canal.	Baddeley, 1992; Chandler & Sweller, 1991.
Processamento ativo “Active processing”	Os seres humanos através da aprendizagem ativa ficam atentos para as informações relevantes. Organizam e selecionam as informações de acordo com a coerência mental e em seguida, integram as informações nas representações mentais.	Mayer, 1999; Wittrock, 1989.

Modificada de Mayer 2001 – *Multimedia Learning*

A teoria do código duplo (PAIVIO, 1986; CLARK e PAIVIO, 1991) descreve que a cognição humana utiliza um sistema de códigos para representar a informação visual e outro para representar a informação verbal. Por exemplo, as animações são processadas no canal visual/pictórico enquanto que as palavras faladas (narração) são processadas no canal verbal/auditivo (MAYER, 2003). Assim, a percepção tanto de textos quanto de imagens ocorre através dos olhos, porém, após a entrada pelo sistema perceptivo, os textos são transferidos para o canal verbal e as imagens para o canal visual (MAYER, 2005a).

Segundo Mayer (2005b), baseado em Paivio (1986), Baddeley (1992) e Chandler e Sweller (1991), os seres humanos apresentam uma limitação quanto ao total de informação que podem processar, em cada momento. Esta limitação está relacionada, em grande parte, com o funcionamento do sistema mnemônico humano. Nosso sistema mnemônico inclui três tipos de memória: memória sensorial, memória operacional e memória de longo prazo, que trabalham em conjunto (SANTOS e TAROUÇO, 2007).

Dando continuidade, é importante compreender o modelo cognitivo. As palavras e imagens entram na memória sensorial através dos olhos e ouvidos. A central de trabalho da aprendizagem é a memória operacional, local que ocorre a manipulação temporária do conhecimento. Por exemplo, ao ler frases, o aluno concentra-se em determinadas palavras, as quais são selecionadas pela memória visual e manipuladas na memória operacional. Outro exemplo, ao ouvirmos a palavra gato, criamos a convenção mental da imagem desta palavra, então formamos uma visualização mental de um gato. A memória de longo prazo corresponde ao local onde a informação é armazenada, existe uma troca de informações entre esta memória e a operacional. (MAYER, 2001).

A memória sensorial apresenta a característica de ser pré-consciente e ter um limite de retenção ultra-rápido. Após a entrada da informação e sua passagem por esta memória, o passo seguinte é a seleção do que poderá ser armazenado durante um tempo suficiente para orientar o raciocínio imediato, a resolução de problemas ou para a ação comportamental (LENT, 2001). Esta seleção e organização são feitas na memória operacional, a qual é considerada um sítio ativo de memória, sendo responsável pela manutenção e processamento da informação. Esta memória é um sistema de capacidade limitada que é capaz de armazenar e manipular a

informação temporariamente para a execução de tarefas complexas, tais como a compreensão, a aprendizagem e o raciocínio (BADDELEY, 2000). É importante ressaltar que a memória operacional não se relaciona exclusivamente com informações armazenadas na memória sensorial, ela utiliza também informações armazenadas na memória de longa duração.

A memória operacional é, portanto, uma unidade simples de memória que envolve múltiplos subsistemas cognitivos que são responsáveis por estocar e executar diversas funções (YUAN, et al., 2006). Em um trabalho clássico, Miller (1956) relatou que somente sete (mais ou menos) dois elementos podem ser utilizados por esta memória, a cada momento, ou seja, no máximo 9 elementos podem ser processados nesta memória. A memória operacional é, então, considerada uma memória de curta duração, e segundo Peterson e Peterson (1959), o conteúdo da memória operacional dura em média 20 segundos.

Em 1974, Baddeley e Hitch's descreveram um modelo de memória operacional como sendo um componente múltiplo, contendo a alça fonológica, o esboço viso-espacial e a central executiva, iniciando assim, a fase da decomposição da memória operacional em vários subsistemas (YUAN, et al., 2006).

De acordo com o modelo atual de Baddeley (BADDELEY, 2000 e 2003), construído com base em evidências de experimentos fisiológicos, psicologia cognitiva e neurologia clínica, a memória operacional é constituída por um componente conhecido como executivo central e três componentes de apoio: a alça fonológica, o esboço viso-espacial e o *buffer* episódico. O componente executivo extrai informações da memória de longa duração e coordena as atividades dos demais componentes. É ele que decide qual informação processar mais e como deve ser feito. A alça fonológica mantém por pouco tempo a informação para a compreensão verbal e para a repetição acústica. O esboço viso-espacial armazena por um curto período determinadas imagens visuais. Finalmente, o *buffer* episódico apresenta capacidade limitada e é capaz de conectar as informações dos sistemas subsidiários e da memória de longo prazo em uma única representação (BADDELEY, 2000 e 2003).

Considerando a capacidade limitada da memória operacional, ao visualizar determinada imagem, o aluno constrói uma imagem mental a partir de determinados detalhes da imagem original. Esta especificidade da memória vale para ler um texto,

assistir um documentário ou analisar uma simulação composta por imagens, textos e sons (MAYER, 2005c).

Após passar pela memória operacional, o conhecimento é integrado com o conteúdo da memória de longo prazo. Nesta etapa, os aspectos selecionados ficam disponíveis para serem lembrados. Ao contrário da memória operacional, a memória de longo prazo pode armazenar as informações por longos períodos de tempo (MAYER, 2005a).

A formação da memória de longo prazo é um processo graduado em que as etapas de transcrição e tradução são necessárias nas primeiras horas após a aquisição da informação (KATCHE *et al.*, 2009). Assim, verifica-se que a formação da memória é um processo lento, que necessita de aspectos bioquímicos complexos e, portanto, a compreensão do funcionamento do sistema cognitivo humano deve ser mais estudada, na tentativa de melhorar a relação entre a cognição e o ensino.

O armazenamento das informações recebidas pelo cérebro é um processo gradual, que envolve diversas fases. A memória de longo prazo relaciona-se com este processo, mas não a memória de curto prazo, já que necessita da síntese de RNA para que isto ocorra (KATCHE *et al.*, 2009).

De acordo com Mayer (2005c), para que ocorra uma aprendizagem eficiente, seja de informações obtidas a partir de texto ou imagem, o aluno deve empregar cinco processos cognitivos:

- 1) selecionar as palavras relevantes para o processamento na memória operacional verbal;
- 2) selecionar imagens significativas para o processamento na memória operacional visual;
- 3) organizar as palavras selecionadas em um modelo verbal;
- 4) organizar as imagens selecionadas em um modelo visual, e por último,
- 5) integrar as representações verbais e visuais com um conhecimento prévio.

A figura 1 esquematiza estes eventos.

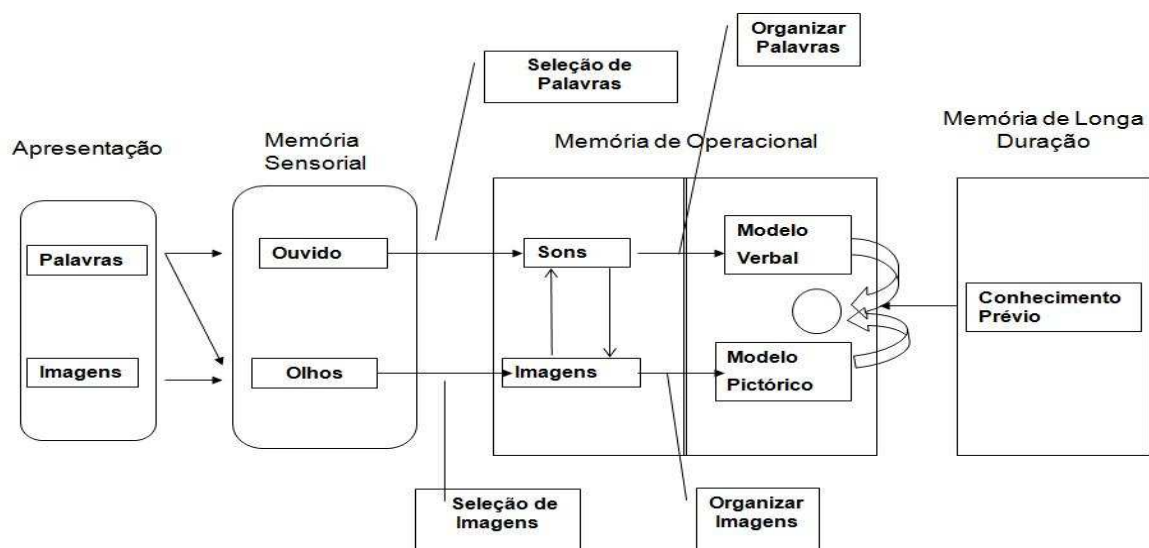


Figura 1. Teoria cognitiva da aprendizagem a partir de texto e imagem. Modificado a partir de Mayer (2005c, p. 37)

Mayer (2001) revela que a distinção entre aquisição de informação e construção de conhecimento é bastante relevante. A aquisição de informação envolve a adição de informações na memória do aluno, neste caso a função do professor é apresentar a informação e a do aluno é receber esta informação, é um típico exemplo de aprendizagem multimodal não interativa (MORENO e MAYER, 2007).

Por outro lado, a construção do conhecimento envolve a representação mental, neste caso o aluno tem que selecionar, organizar e integrar novas informações com aquelas já existentes na memória de longo prazo. Segundo Moreno e Mayer (2007), quando ocorre a construção do conhecimento, ocorre também a interação do aluno, desta forma, verifica-se a promoção do processo cognitivo neste. A seleção da informação relevante, a organização mental com a estrutura coerente e a integração do novo conhecimento com aquele já existente, provoca a interação. E quando esta interação ocorre, verifica-se também a atividade comportamental e o processamento cognitivo. A forma de aprendizagem multimodal não interativa não promove esta atividade comportamental.

Pode-se inferir então, segundo Tarouco *et al.*, (2009), que a aprendizagem significativa ocorre quando o estudante dedica esforço consciente no processo de cognição de atividades como selecionar, organizar, integrar a nova informação no conhecimento já existente. Assim, a utilização da interatividade constitui uma estratégia para promover uma aprendizagem significativa, envolvendo o estudante no processamento ativo do material educacional.

2.3 A teoria da carga cognitiva

Considerando a arquitetura cognitiva humana, é importante compreender a definição de carga cognitiva. Segundo Van Merriënboer e Sweller (2005) a carga cognitiva pode ser entendida como um conjunto de princípios que geram um ambiente de aprendizagem eficiente e que como consequência promove um aumento na capacidade de cognição humana. Esta carga cognitiva pode ser avaliada através de três dimensões mensuráveis: carga mental, esforço mental e performance (DeSTEFANO e LeFEVRE, 2007). Sendo a carga mental enfatizada neste trabalho, pois, relaciona-se com as tarefas impostas que não estão de acordo com a arquitetura cognitiva humana.

Considerando ainda a definição de carga cognitiva, Pass *et al.*, (2003), afirmam que a referida é baseada na arquitetura cognitiva humana assim, relaciona-se com a capacidade limitada da memória operacional, com o processamento

independente de informações (visual/espacial e auditivo/verbal) e, ainda, com a interação do novo conhecimento com aquele já existente na memória de longo prazo.

A teoria da carga cognitiva enfatiza que a capacidade da memória operacional é curta, e apresenta limitações, além disso, afirma que para gerar aprendizagem as informações devem atingir a memória de longo prazo, pois, esta subdivisão é capaz de alterar as características da memória operacional (VAN MERRIENBOER e SWELLER, 2005). Os referidos autores afirmam ainda que a memória de longo prazo utiliza esquemas, e que estes são importantes para o processo de aprendizagem.

Assim, é importante afirmar que as aprendizagens mais efetivas são aquelas que permitem a realização da transferência do que foi aprendido, e estas são alcançadas a partir da construção e automação de esquemas. E estes esquemas, por sua vez, são construídos apenas quando estão em conformidade com a teoria da carga cognitiva. As informações são estocadas na memória de longo prazo, na forma de esquemas, os quais podem ser extraídos e manipulados, conforme a necessidade (PASS, *et al.*, 2003). Os autores afirmam ainda que as atividades de ensino baseadas na teoria da carga cognitiva são consideradas mais eficientes porque exigem um menor tempo para o treinamento e um menor esforço mental, o que provoca uma melhor aprendizagem e conseqüentemente um melhor resultado nos teste de transferência de conhecimento.

Assim, esta teoria aplica-se, principalmente, aos conteúdos de ciências e tecnologia, todos os tipos de mídia, e a todos os alunos, visto que, apresenta como finalidade a elaboração de ferramentas de ensino, tais como: textos, imagens e áudio e a sua aplicação ao conteúdo de ensino, e ainda, as plataformas de aprendizagem à distância, na tentativa de potencializar a aprendizagem e desenvolver habilidades flexíveis a partir da criação e utilização de recursos e ambientes de aprendizagem que estejam de acordo com o processo cognitivo humano (SANTOS e TAROUCO, 2007).

Considerando, então, a arquitetura cognitiva humana e a teoria da carga cognitiva, pode-se inferir que a aprendizagem ocorre quando as duas estão trabalhando conjuntamente, ou seja, quando as informações multimídia não sobrecarregam a memória do aluno. Sweller (2003) afirma que o volume de

informações oferecidas ao aluno deve ser compatível com a capacidade de compreensão humana. Desta forma, a teoria da carga cognitiva apóia-se na dificuldade natural do ser humano em processar várias informações na memória a cada momento (SANTOS e TAROUÇO, 2007).

Assim, é importante compreender que durante a elaboração de materiais de ensino, devem-se considerar alguns tipos de carga cognitiva. A primeira é a carga cognitiva *intrínseca*, a qual é imposta pela complexidade do material de ensino (SANTOS e TAROUÇO, 2007). Ela provoca uma alta demanda na memória operacional, devido a características próprias do conteúdo, e não pode ser retirada, pois prejudica a informação a ser transmitida para o aluno (PASS, RENKL e SWELLER, 2003).

A carga intrínseca é determinada pela interação entre a natureza do material a ser aprendido e os conhecimentos dos alunos. Relaciona-se também com o número de elementos que devem ser tratados simultaneamente e com o grau de interatividade dos materiais ou tarefas que devem ser aprendidas, ou seja, depende da interação do aluno com o conhecimento (VAN MERRIENBOER e SWELLER, 2005).

Ainda considerado a carga cognitiva intrínseca, segundo Pass *et al.* (2003), este tipo de carga cognitiva não pode ser diretamente influenciado pelo projetista instrucional, já que está intimamente relacionado com a própria natureza do material e os conhecimentos já existentes nos alunos.

Assim, pode-se afirmar que a carga cognitiva intrínseca ocorre devido à complexidade natural da informação que deve ser processada. Por exemplo, durante a aprendizagem de uma fórmula de reação, a simplificação ou exclusão de qualquer informação inerente pode prejudicar a compreensão do processo. Ou seja, modificar o conteúdo da informação implica em prejuízo na aprendizagem. O segundo tipo de carga cognitiva é denominado de *extrínseca* ou *supérflua*. Esta carga cognitiva que não é necessária para a aprendizagem e pode ser alterada pelo projetista instrucional. Trata-se da carga imposta pelo material que sobrecarrega a memória operacional e não é necessária para a aprendizagem (VAN MERRIENBOER e SWELLER, 2005). É a categoria que se relaciona com materiais mal projetados, sem levar em conta a cognição humana (PASS, *et al.*, 2003).

Um grande número de materiais didáticos impõe uma carga cognitiva supérflua, porque estes materiais foram desenvolvidos sem qualquer consideração ou conhecimento a respeito da estrutura ou arquitetura cognitiva humana (PASS, RENKL e SWELLER, 2003). Neste caso, o aluno tem que aprender o conteúdo e ainda compreender o aspecto visual/verbal, que não está claro, desta forma, ocorre uma sobrecarga na memória operacional, o que diminui a aprendizagem.

Situações onde um texto verbal possui passagens interessantes, mas desnecessárias para a compreensão do tópico em ensino ou quando a imagem possui elementos estranhos ou desnecessários exigem do aluno um processamento supérfluo, que é definido como aquele requerido quando uma informação contém muitos detalhes, adornos, informação gratuita ou quando o *layout* do material é confuso (MAYER, 2005, p. 198).

O terceiro tipo de carga cognitiva é denominado de *efetiva* ou *pertinente* e é a carga resultante em se adquirir conhecimentos. É a carga relacionada com os processos que contribuem para a construção e automatização de esquemas (PASS, *et al.*, 2003). Por exemplo, fornecer ao aluno uma série de exercícios para serem resolvidos pode aumentar a carga cognitiva efetiva, mas é possível que facilite a memorização e aprendizagem do conteúdo.

A distinção entre carga cognitiva intrínseca, supérflua e efetiva é apenas teórica, pois, pesquisadores mediram a carga cognitiva total e não foram capazes de encontrar uma técnica para diferenciar estes três tipos de carga cognitiva (PASS, *et al.*, 2003).

As cargas cognitivas intrínseca, supérflua e efetiva são aditivas. Por exemplo, quando a intrínseca é baixa, os níveis de supérflua podem ser maiores (PASS, *et al.*, 2003; VAN MERRIENBOER e SWELLER, 2005). Já quando a carga cognitiva intrínseca é alta, a carga supérflua deve ser diminuída, caso contrário, a memória operacional, que apresenta limitações, ficará sobrecarregada sem gerar aprendizagem (VAN MERRIENBOER e SWELLER, 2005). Portanto, a carga cognitiva total não pode exceder a memória operacional, se isso ocorrer a aprendizagem não acontece (PASS, RENKL e SWELLER, 2003).

Tanto a carga cognitiva supérflua quanto a efetiva podem ser controladas pelo projetista instrucional (PASS, *et al.*, 2003). Porém, enquanto a carga cognitiva

supérflua interfere negativamente na aprendizagem, a carga efetiva atua positivamente, pois, aumenta o aprendizado (PASS, RENKL e SWELLER, 2003).

Neste sentido, uma boa maneira de diminuir a sobrecarga cognitiva seria a redução da carga cognitiva supérflua e a conseqüente liberação cognitiva, a qual poderá ser utilizada com a carga efetiva. Assim, a memória operacional fica liberada favorecendo a aprendizagem. A memória operacional com capacidade liberada permite ao aluno utilizar o material recém aprendido na aquisição de esquemas mais avançados, favorecendo a aprendizagem sem sobrecarga (PASS, RENKL e SWELLER, 2003). É importante considerar que estes tipos de carga cognitiva relacionam com o ensino de ciências e tecnologia.

Moreno e Mayer (2007), afirmam que a utilização da aprendizagem multimídia deve ser bem planejada para evitar a sobrecarga cognitiva, pois, quando esta encontra-se presente o aprendizado tende a ficar prejudicado. Desta forma, o projetista de materiais educacionais deve utilizar diferentes modos e modalidades para promover a aprendizagem (MORENO e MAYER, 2007), e os autores ainda devem considerar os aspectos da aprendizagem interativa.

Finalizando, então, verifica-se que as cargas cognitivas são adicionais e que a capacidade mental é limitada, assim, para uma aprendizagem de boa qualidade torna-se necessário um balanceamento dessas cargas, para que o processo de aprendizagem atinja um bom nível de eficiência (SANTOS e TAROUÇO, 2007).

Considerando o exposto, a teoria da carga cognitiva defende que a elaboração de materiais didáticos, principalmente aqueles que utilizam recursos multimodais, deve seguir alguns princípios para diminuir a sobrecarga cognitiva do aluno e ainda, potencializar sua aprendizagem (SANTOS e TAROUÇO, 2007). Estes princípios fazem parte da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia (TCAM).

2.4 Princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM)

Abordaremos aqui alguns princípios da TCAM que devem ser priorizados na elaboração de materiais didáticos visando aprendizagem efetiva.

Mayer (1999) afirma que existe uma série de condições necessárias para o alinhamento entre a aprendizagem multimídia e a cognição humana, estas resultam em alguns princípios.

O primeiro princípio é o da *sinalização*, de acordo com HARP e MAYER (1998), MAUTONE e MAYER, (2001), a aprendizagem é mais eficiente quando existem sinais ou pistas que indicam, no texto, o que deve ser analisado na imagem. O ato de direcionar a atenção do aluno leva-o a focar os elementos importantes para os objetivos da lição e facilita a seleção e organização na memória operacional (MAYER, 2005b). A ausência de tais sinalizações pode tornar a busca por informação demorada, excedendo os limites da memória operacional. Estes sinais podem ser diversos, tais como números no texto e na imagem, indicando as etapas do processo. Pode-se usar também a cor, de tal forma que a cor da palavra no texto corresponda a algum elemento da imagem com a mesma cor.

O segundo princípio refere-se à *proximidade espacial* ou *contigüidade espacial* e diz respeito a proximidade de palavras e imagens correspondentes. Segundo MAYER, (1989); MORENO e MAYER, (1999) uma forma de reduzir o processamento supérfluo é colocar o texto verbal próximo à imagem que ele descreve. Quando texto e imagem estão integrados, o leitor não precisa usar seus recursos cognitivos para uma busca visual na página ou em páginas distantes, facilitando o armazenamento de informações na memória operacional (MAYER, 2001, p 81). Assim, pode-se inferir que a presença de texto e imagem integrados facilita a aprendizagem na memória operacional, sendo assim, facilita a conexão mental e, portanto, favorece a aprendizagem (MAYER, 2005a).

O princípio da *coerência* refere-se à exclusão de palavras, imagens ou sons irrelevantes para o assunto. Quanto mais simples e objetiva for a apresentação do conteúdo, mais livre ficará a memória operacional para processar um número maior de conhecimentos (SANTOS e TAROUÇO, 2007). Para Mayer (2005a) a aprendizagem ocorre de maneira mais efetiva quando o material supérfluo é

excluído, ou seja, quando informações desnecessárias e/ou em excesso são retiradas da imagem, a aprendizagem tende a ocorrer de maneira mais simples. O mesmo vale para músicas e palavras (MAYER, 2001).

Neste caso, o material supérfluo compete com o material relevante na memória operacional, assim, o material importante pode não receber a atenção desejada, e, com isso, a aprendizagem fica prejudicada (MAYER, 2005a). Pesquisas (p. ex. GARNER *et al.*, 1992, GARNER *et al.*, 1989; HIDI & BAIRD, 1988; MOHER, GLOVER & RONNING, 1984; SHIREY, 1992; SHIREY & REYNOLDS, 1988; WADE, 1992; WADE & ADAMS, 1990) citadas por Mayer (2005a) afirmam que quando o material supérfluo está presente o aluno reduz ou não recorda da informação principal, ocorrendo desvio de atenção.

A *segmentação* relaciona-se com a divisão do conteúdo em etapas para facilitar o trabalho da memória operacional, segundo Mayer (2005c) a carga cognitiva de uma mensagem instrucional especialmente aquelas de carga cognitiva intrínseca elevada, pode ser manejada dividindo-se a mensagem em passos ou segmentos de aprendizagem, ao invés de uma unidade contínua.

A *antecipação* relaciona-se com a apresentação das partes, assim, chamamos de antecipação a indicação de Mayer *et al.* (2002), segundo a qual, o ideal é apresentar as partes principais do sistema e somente depois introduzir os detalhes. Com base nisto, uma imagem que descreve um processo, deve vir anteceder de uma imagem que resumissem as principais etapas. Tal estratégia favoreceria a formação de um esquema geral do processo em questão na memória de longa duração, permitindo ao aluno, posteriormente, dar significado e entender os detalhes deste processo.

A *contigüidade temporal* refere-se à apresentação de palavras e imagens simultaneamente ao invés de sucessivamente (SANTOS e TAROUCO, 2007). Quando existe correspondência entre a narração e a animação estas devem ser apresentadas no mesmo tempo, para facilitar a representação mental e o funcionamento da memória operacional (MAYER, 2001).

Para compreender o princípio da *modalidade* é necessário lembrar que existem dois canais, um para a parte visual e outro auditivo, sendo assim, deve-se utilizar estes dois canais, na tentativa de não sobrecarregar a memória. Dentro deste contexto, o referido princípio afirma que é melhor utilizar animação e narração do

que usar animação e texto escrito, ou seja, quando as imagens e palavras são apresentadas visualmente, o canal visual fica sobrecarregado, enquanto que o canal auditivo-verbal não foi utilizado. Então as palavras devem entrar através do canal auditivo e as figuras através do canal visual para não carregar a memória operacional (MAYER, 2001). Neste caso, recomenda-se a utilização de animações que trabalham o auditivo e o visual, ao invés de imagens estáticas, que utilizam o visual para o verbal e para o pictórico. Assim, recomenda-se o uso da fala e a projeção de imagens para não sobrecarregar a memória operacional do aluno e favorecer a aprendizagem.

De acordo com o princípio da *redundância*, é preferível utilizar narração e animação a utilizar animação, narração e texto. Pois, quando imagens e palavras estão presentes visualmente (texto e animação) o canal visual fica sobrecarregado (MAYER, 2001). Quando a mesma informação aparece duas vezes, sobrecarrega a memória e a aprendizagem fica prejudica, este é um princípio considerado negativo.

A observação dos princípios aqui descritos na escolha e elaboração de materiais didáticos é de extrema importância para não sobrecarregar a memória dos alunos, e, assim, favorecer o processo de ensino-aprendizagem utilizando recursos multimodais.

3 A INVESTIGAÇÃO

Este capítulo destina-se a uma investigação realizada com professores a respeito do conhecimento e das expectativas destes com relação ao tema Teoria da carga cognitiva. Os resultados desta investigação reforçam a importância da elaboração de material informativo sobre o tema (produtos desta dissertação), pois, conforme será descrito no decorrer deste capítulo, a maioria dos professores investigados fazem uso de recursos multimídia, entretanto, desconhecem a teoria da carga cognitiva. Ressaltamos que os resultados aqui apresentados foram apresentados e divulgados em evento científico da área de ensino, com o título: “Carga cognitiva: Concepções e Expectativas dos professores do Ensino Médio e fundamental (Costa, Coutinho e Chaves, 2010).

3.1 Contexto e Participantes da pesquisa:

Para a realização desta investigação, foram entrevistados professores do Ensino Médio e Ensino Fundamental II de quatro escolas de Belo Horizonte, Minas Gerais. Destas, duas eram públicas e duas particulares. Todos os professores foram convidados a participar, porém, somente 30 professores participaram efetivamente da pesquisa, sendo que destes 57% pertenciam à rede particular.

Na tabela 2 apresentamos o perfil dos professores participantes, com o intuito de ajudar a caracterizar quem são os professores desta investigação. O grupo analisado foi bastante diverso em relação à formação universitária, disciplina lecionada e tempo de docência. Em relação à formação, existiam professores que apresentavam mais de um curso, como Medicina Veterinária e Ciências Biológicas. As disciplinas mais lecionadas eram Biologia, seguida de Língua Portuguesa e Matemática. O tempo de docência variou bastante, sendo que a maioria apresentava tempo médio de 10 a 15 anos.

Tabela 2 – Perfil dos professores

Tempo de docência	n	%
0 - 5	7	23,3
5 – 10	11	36,6
10 – 15	2	6,6
15 – 20	5	16,6
20 -25	3	10,0
Acima de 25	2	6,6
Formação	n	%
Letras	8	23,5
Biologia	5	14,7
Matemática	5	14,7
Estudos sociais	3	8,82
Licenciatura em desenho e Plástica / Arte	3	8,82
Química	2	5,88
Geografia	1	2,9
Administração	1	2,9
Filosofia	1	2,9
Pedagogia	1	2,9
Informática	1	2,9
História	1	2,9
Medicina Veterinária	1	2,9
Psicologia	1	2,9
Disciplina que leciona	n	%
Língua Portuguesa	6	15,8
Biologia	5	13,1
Inglês	5	13,1
Matemática	5	13,1
Ciências	3	7,9
Geografia	3	7,9
Arte	2	5,2
História	2	5,2
Química	1	2,6
Espanhol	1	2,6
Pedagogia	1	2,6
Filosofia	1	2,6
Ensino Religioso	1	2,6
Informática	1	2,6

3.2 Instrumentos e procedimentos de coleta de dados:

As pesquisas relacionadas ao cotidiano escolar oferecem subsídios para analisar, repensar e reconstruir o saber didático. A aplicação de questionários é a técnica mais utilizada para analisar as necessidades e dificuldades na área da educação, em especial relacionada com a formação de professores (ESTRELA,

MADUREIRA e LEITE, 1999). Sendo assim, utilizou-se a coleta de dados a partir de um questionário com 8 questões, sendo constituído de questões mistas (APÊNDICE A). As questões versaram sobre: (1) Dados para caracterização dos professores participantes; (2) Utilização de recursos multimídia; (3) Conhecimento sobre o processo cognitivo humano; (4) Análise de imagem e (5) Questões sobre carga cognitiva.

A escolha da figura do ciclo do nitrogênio utilizada no questionário para avaliar o uso de imagens baseou-se no estudo “Restrições Cognitivas no livro didático de biologia: Um estudo a partir do tema Ciclo do Nitrogênio” (COUTINHO E SOARES, 2009) que consideraram a figura em questão uma imagem com carga cognitiva elevada. Os referidos autores avaliaram a imagem de acordo com alguns princípios básicos da teoria da carga cognitiva que podem ser seguidos na tentativa de diminuir a sobrecarga cognitiva (Mayer, 2001). A avaliação mostrou que a imagem em questão não satisfaz os princípios da sinalização, da contigüidade e nem o da antecipação, sendo, portanto, considerada uma imagem com alta carga cognitiva.

É importante ressaltar que antes da aplicação do questionário, foi esclarecido aos diretores das escolas sobre a pesquisa, bem como a sua importância e seus objetivos, solicitando a participação do grupo docente. Em seguida, os professores foram também esclarecidos e convidados a participar da pesquisa, neste momento, foi lembrado do direito à privacidade e preservação do anonimato. Para tanto, foi obtida a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE B), conforme consta na Resolução 196/96 que aborda a questão da pesquisa envolvendo seres humanos.

3.3 Análise e discussão dos dados:

Para a organização dos dados coletados foi realizado o levantamento através do método quantitativo e qualitativo, e os resultados foram apresentados na forma de tabelas e gráficos. Os dados foram inter-relacionados, analisados e discutidos mediante revisão de literatura.

A primeira questão avaliou se os professores investigados utilizavam em sua prática docente recursos multimídia. Dos professores avaliados, 97% fazem uso destes recursos. Estes dados vão ao encontro ao discutido por diferentes autores. Tarouco *et al.* (2004), coloca que o computador constitui numa ferramenta poderosa, que pode e deve ter todas as suas potencialidades usadas como objetivos educacionais, proporcionando ao professor a possibilidade de enriquecer a sua prática pedagógica com recursos multimídia, tais como jogos educacionais, vídeos, animações, gráficos e outros materiais que possibilitem ao aluno aprender de forma prazerosa, cativante, divertida e motivadora.

Dentro deste contexto, Konrath, Falkembach e Tarouco (2005) pontuam que as mudanças tecnológicas têm provocado profundas mudanças na realidade social, o que impõe novas exigências para o processo educacional, confirmando a importância do uso de computadores e das novas tecnologias digitais também na educação. Porém, as autoras alertam que a inserção destes recursos na escola não é garantia de uma transformação efetiva e qualitativa nas práticas pedagógicas. Santos e Tarouco (2007) afirmam que o desenvolvimento de tecnologias gerou transformações na prática educativa. Atualmente, as novas tecnologias, especialmente as que estão ligadas às chamadas 'mídias interativas', estão promovendo mudanças na educação em um processo veloz e dinâmico. Comprovando o que já foi levantado no segundo capítulo. Porém é importante destacar que este é apenas um dos aspectos da aprendizagem, a qual relaciona-se com diversos outros.

Ainda dentro da primeira questão, os professores deveriam assinalar os recursos multimídias utilizados. As opções eram: imagens, tabelas, gráficos, animações, “power point”, vídeos e outros. Os resultados apresentados no gráfico 1 mostram que a imagem foi o recurso mais citado pelos professores (73%), destacando sua importância como recurso relevante para a comunicação de idéias científicas (MARTINS *et al.*, 2005), e para o ensino de ciências (POZZER-ARDENGHI e ROTH, 2005).

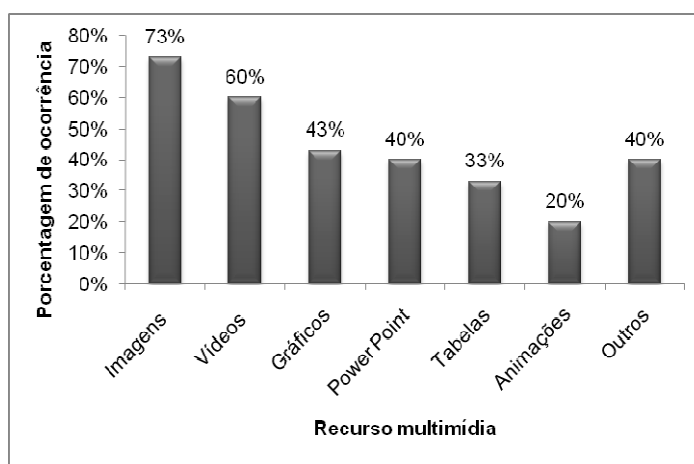


Gráfico 1: Porcentagem de recursos multimídias citados pelos professores

Portanto, pode-se afirmar que a apresentação do conhecimento da Ciência está relacionada com a utilização de imagens, tais como desenhos, fotografias, esquemas e diagramas. Considerando que existe uma relação entre imagens, conhecimento científico e ensino de ciências (MARTINS, *et al.*, 2005) verifica-se então a utilização deste recurso pela maioria dos professores. Ainda dentro deste contexto Bruzzo (2004) afirma que existe uma articulação entre imagem e conhecimento na educação em Biologia e, com isso, deve-se admitir que as imagens podem modificar a maneira de conhecer determinada área de conhecimento e reconhecer que esta pode apresentar uma influência importante na prática e na reflexão educativa.

Em relação ao uso do vídeo, citado por 60% dos professores, Morán (1995) afirma que este recurso aproxima a sala de aula do cotidiano, das linguagens de aprendizagem e comunicação da sociedade urbana, e ainda tem a capacidade de introduzir novas questões no processo educacional. O autor revela ainda que o vídeo é sensorial, visual, linguagem musical, falada e escrita e estas linguagens interagem de maneira superpostas, interligadas, somadas e conjuntamente. Além

disso, o vídeo nos seduz, informa, diverte e projeta em outras realidades, e ainda em outros tempos e espaços. Sendo, portanto, uma ferramenta de grande utilização na sala de aula, desde que ocorra de maneira planejada.

A respeito do uso de gráficos (43%), sabemos que eles desempenham um papel importante no ensino de Ciências. Segundo Friel, Curcio e Bright (2001) o uso destas representações visuais, tão arraigado em nossa sociedade, pode ser percebido pela confiança depositada neste recurso para fazer análises confiáveis de dados das mais diversas áreas do conhecimento. Assim, o uso de gráficos e a instrução de estudantes para uma adequada compreensão e interpretação de gráficos não devem ser negligenciados pelos professores e devem ser trabalhados com os alunos.

Entre os recursos citados pelos professores dentro da opção outros (gráfico 2) merecem destaque a música (13%), os textos de leitura complementar (10%), as dinâmicas/jogos (10%), e o livro didático (7%).

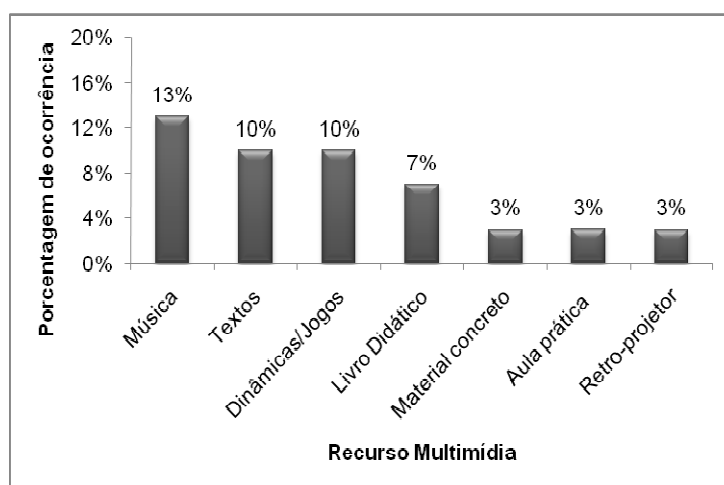


Gráfico 2: Recursos multimídias citados pelos professores na opção outros

A utilização de músicas no ensino é considerada um ótimo recurso didático no que se refere ao desenvolvimento das comunicações entre professor e aluno (ALVES, MARIANO e CABRAL, 2009). De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais -PCN (2000), as músicas podem ser utilizadas de diversas formas, como, a interpretação e composição, a comunicação e a expressão, e a apreciação envolvendo a compreensão da música como produto histórico e cultural.

Uma pesquisa, realizada por Alves, Mariano e Cabral (2009) com professores de escolas públicas e conveniadas de Goiás, demonstrou que 84% dos professores

de Geografia entrevistados afirmaram utilizar a música como recurso didático. Dentro deste contexto, os referidos autores afirmam a necessidade do professor em ser o mediador do conhecimento para o aluno, fazendo com que este procure formas alternativas de como realizar o processo de ensino-aprendizagem. Portanto, a música é um recurso didático que quando bem preparado e utilizado no momento correto serve de estímulo para o aluno, da mesma forma que, quando utilizado de maneira incorreta corre o risco de transformar-se em refúgio ao desinteresse do aluno (PAULA, 2004 *apud* ALVES, MARIANO e CABRAL, 2009).

Outro recurso citado pelos professores foi a utilização de textos complementares (10%). De acordo com Salém e Kawamura (1996) citados por Martins, Nascimento e Abreu (2004) a utilização de textos de divulgação científica contribuem para o enriquecimento do ensino, na medida em que trazem novas questões e abrem a visão da ciência e de mundo do professor e do aluno, proporcionando novas metodologias e recursos de ensino, permitindo que o assunto ensinado situe-se em um contexto mais abrangente, motivando e aprofundando o tema em questão.

Dentro deste contexto, uma pesquisa realizada por Martins, Nascimento e Abreu (2004) aponta que a maioria dos professores (95%) utiliza textos de divulgação em algum momento de suas explicações. Os professores entrevistados justificam este uso de diferentes formas: acreditam que tais textos apresentam conceitos científicos complexos de maneira mais efetiva; consideram que esses artigos contêm conhecimentos mais contemporâneos do que os livros didáticos; consideram este material mais atraente e motivador para os alunos.

Os referidos autores revelam as recomendações curriculares contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências Naturais que enfatizam a necessidade da familiarização dos estudantes com uma variedade de tipos de textos científicos, o que permite a expansão de suas possibilidades de entendimento e de expressão através das linguagens da Ciência.

Nesta perspectiva, os professores devem trabalhar um determinado assunto trazendo para a sala de aula discussões que relacionem o conteúdo ensinado com os aspectos políticos, econômicos, históricos, sociais, ambientais e tecnológicos, fazendo com que o aluno sinta-se seduzido e motivado pelo conhecimento que irá adquirir, experimentando a curiosidade e que apresente autonomia para a

construção do conhecimento, compreendendo os fatos, as tendências, os fenômenos, os processos que ocorrem ao seu entorno, permitindo a construção de competências e dando possibilidades aos alunos de conhecerem e posicionarem na sociedade atual (SILVEIRA, 2009 *apud* COSTA, COUTINHO e CHAVES, 2010). Os textos complementares apresentam a função e a importância descrita pela referida autora, o que favorece sua utilização pelos professores.

Considerando o outro recurso citado pelos professores – jogos e dinâmicas (10%) – é importante ressaltar que estes podem ser um elemento catalisador, capaz de contribuir para o processo de resgate do interesse do aluno, na tentativa de melhorar sua afetividade com as situações de aprendizagem (BARBOSA, 1998 *apud* TAROUCO *et al.*, 2004). O jogo possui caráter de material de ensino quando considerado promotor de aprendizagem, o aluno colocado diante de situações lúdicas, aprende a estrutura lógica da brincadeira e, desta forma, aprende o conteúdo escolar presente (MOURA, 1996 *apud* De MARCO, 2004). Para os PCN, conforme relata De Marco (2004), os jogos constituem uma forma interessante de propor problemas, pois permitem que estes sejam apresentados de maneira atrativa e favorecem a criatividade na elaboração de estratégias de resolução de problemas e busca de soluções. Propiciam ainda a simulação de situações-problema que exigem soluções vivas e imediatas. A importância dos jogos relatada por Fiorentini e Miorim (1996) é que estes proporcionam um saber significativo do qual o aluno participe raciocinando, compreendendo e reelaborando o saber historicamente produzido e superando, sua visão ingênua, fragmentada e parcial da realidade. Com isso, percebe-se a sua grande importância para o ensino.

Em relação ao livro didático, citado por 7% dos professores é importante destacar que este é considerado como um dos materiais educativos mais utilizados nas escolas (CASSAB e MARTINS, 2001). Sendo considerados objetos pedagógicos importantes no ensino (MACEDO, 2003 *apud* XAVIER, FREIRE e MORAES, 2006), e que estão presentes na maioria das escolas, dando suporte ao processo de formação dos cidadãos (VASCONCELOS e SOUTO, 2003 *apud* XAVIER, FREIRE e MORAES, 2006). A importância do livro didático no cenário do ensino pode ser compreendida em termos históricos, através da relação entre este material educativo e as práticas constitutivas da escola e do ensino escolar (MARTINS, 2006).

Portanto, através destes resultados é possível perceber a grande utilização que os professores fazem dos recursos multimídia. Entretanto, é importante ressaltar que a utilização destes recursos citados pelos professores serão mais efetivos no processo de aprendizagem se estiverem de acordo com a teoria da carga cognitiva.

Desta forma, é importante lembrar que o processo cognitivo humano refere-se ao estudo do processamento humano de informações, ou seja, estudar a maneira pela qual os seres humanos percebem, processam, codificam, estocam e utilizam as informações (NUNES e GIRAFFA, 2003 *apud* SANTOS e TAROUCO, 2007).

Dentro deste contexto é importante ressaltar a teoria de John Sweller (2003), que pode ser resumida segundo seu criador como um conjunto de princípios que resultam em um ambiente de aprendizagem eficiente e que são capazes de promover um aumento na capacidade do processo de cognição humana. Assim, Santos e Tarouco (2007) afirmam que estes princípios têm como objetivo tornar a interação humana com a tecnologia relacionada ao processo cognitivo humano.

Finalizando a discussão a respeito da primeira questão, é necessário enfatizar que a aprendizagem ocorre de maneira mais eficiente quando o processo de informação encontra-se ajustado com o processo cognitivo humano, ou seja, quando as informações oferecidas ao aluno são compatíveis com a capacidade de compreensão humana.

A segunda questão do questionário pretendia avaliar como e com quais aspectos da cognição humana os professores se preocupam. Percebe-se que a maioria dos professores preocupa-se com a linguagem utilizada e como relacionar o conteúdo com a vivência do aluno (contextualização). A análise qualitativa das respostas está apresentada no gráfico 3.

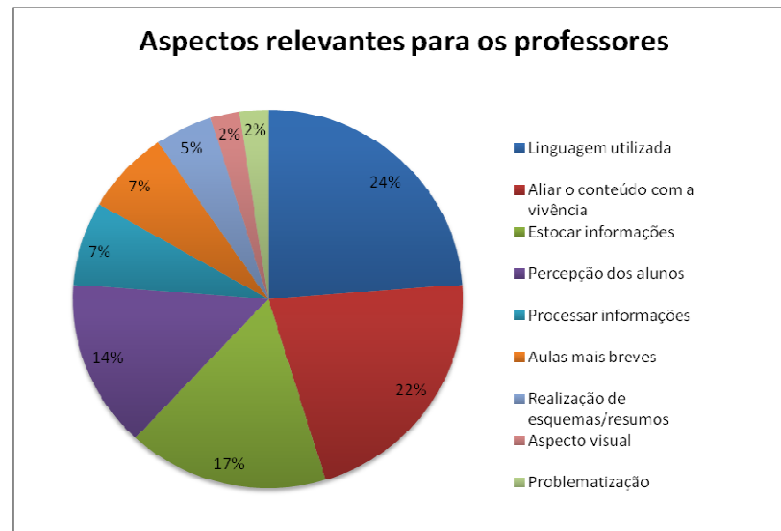


Gráfico 3: Análise qualitativa dos aspectos da cognição humana relevantes na visão dos Professores

Na questão três foi solicitado aos professores que analisassem uma imagem do ciclo do nitrogênio com carga cognitiva elevada (figura 2).

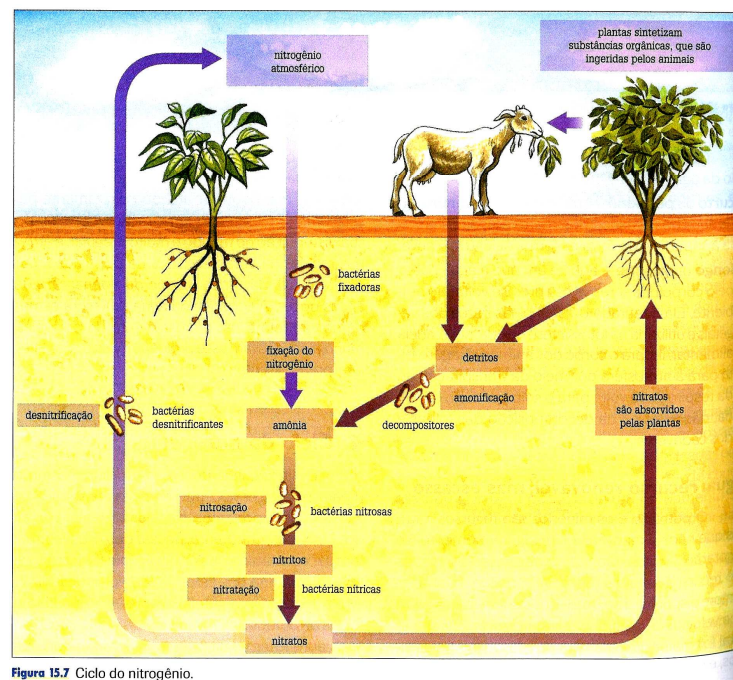


Figura 15.7 Ciclo do nitrogênio.

Figura 2: Ciclo do nitrogênio com carga cognitiva elevada
Fonte: Biologia Hoje: Linhares e Gewandsznajder (2003) – pág.270

No primeiro momento perguntamos se a imagem permitia uma boa compreensão do conteúdo por parte dos alunos, e, 53% dos professores afirmavam que sim. Porém, alguns fizeram uma ressalva de que seria necessária uma explicação prévia para o entendimento da imagem. No segundo momento, questionamos quais os aspectos da imagem poderiam dificultar a aprendizagem por parte dos alunos (gráfico 4). Considerando o excesso de informação, é necessário lembrar que existem três categorias de carga cognitiva: supérflua, intrínseca e efetiva. Sendo assim é importante para o professor saiba identificar estes tipos de cargas cognitivas para que possa retirar ou minimizar a supérflua e trabalhar a efetiva e a intrínseca visando aprendizagem.

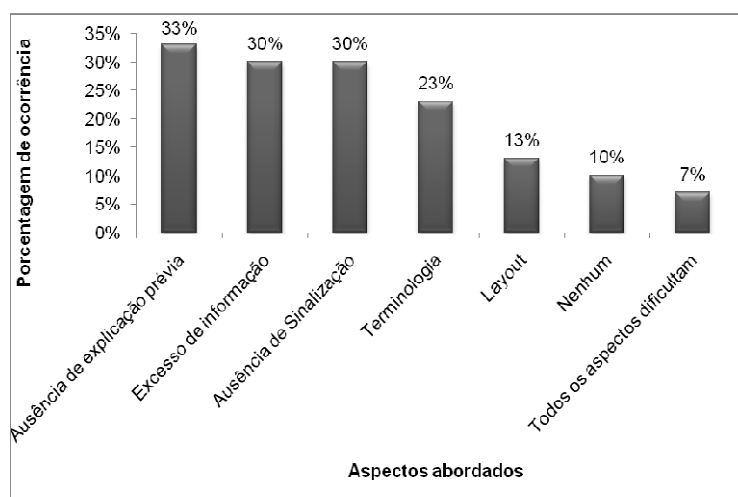


Gráfico 4: Principais aspectos da imagem do Ciclo do Nitrogênio que podem dificultar a aprendizagem

Uma percentagem significativa de professores (33%) considerou que seria necessária uma explicação prévia sobre o conteúdo para o entendimento da imagem, ou seja, os professores avaliaram que a imagem não é auto-explicativa. De acordo com Bruzzo (2004), o mundo natural pode estar nas imagens visuais melhor que no texto escrito poderia apresentar, ou seja, determinados aspectos podem ser encontrados nas imagens, mas o texto escrito habitualmente não o traz. É importante lembrar que as imagens para favorecerem o processo de ensino-aprendizagem devem ser auto-explicativas, de acordo com Bruzzo (2004) as imagens não podem ser meras ilustrações com função acessória. Elas apresentam valor cognitivo e, portanto, cumprem relevantes funções mediadoras na apropriação da linguagem da ciência escolar pelo aluno, e mesmo para o professor (PICCINI e MARTINS, 2004).

Em relação à ausência de sinalização, enfatizamos que os professores não utilizaram este termo especificamente, mas, através da análise das respostas pode-se inferir que se referiam a este aspecto. Como exemplo citamos algumas respostas *“Parece-me confusa, seria necessário atribuir números que indiquem o início do processo e suas etapas”* e *“A direção das setas não tem uma regularidade”*. Dentro deste aspecto é importante lembrar o que foi discutido no capítulo anterior. Considerando o princípio da sinalização da teoria da carga cognitiva, pode-se afirmar que neste caso, a ausência de sinalizações pode tornar a busca por informação demorada, excedendo os limites da memória operacional. Estes sinais poderiam ser diversos, tais como números no texto e na imagem, indicando a etapa do processo. Também poderia ter sido usado cores diferenciadas, de tal forma que a cor da palavra no texto corresponda a algum elemento da imagem com a mesma cor. Conforme relatado anteriormente, com relação a este aspecto, é importante ressaltar que, algumas pesquisas (p. ex., HARP e MAYER, 1998; MAUTONE e MAYER, 2001) mostram que a aprendizagem é mais eficiente quando existem sinais ou pistas que indicam, no texto, o que deve ser observado pelo aluno.

Outro aspecto dificultador citado pelos professores foi a terminologia complexa (23%), que neste caso pode ser caracterizada como carga cognitiva intrínseca. Alguns exemplos de respostas: *“O vocabulário utilizado”*, *“Termos científicos apresentados sem explicações”* e *“Terminologia”*, demonstrando que os professores afirmam que a presença de termos característicos da linguagem científica e inerentes ao conteúdo pode prejudicar a aprendizagem.

Estudos baseados na disciplina de Física demonstram a importância da linguagem adequada para o processo de ensino-aprendizagem. O desconhecimento da metalinguagem da Física contribui para um acentuado insucesso escolar (LEITE e ALMEIDA, 2001). Sendo assim, os referidos autores afirmam que não compreender o discurso científico oral ou escrito impede os alunos de entender os conceitos e até mesmo o conteúdo das questões apresentadas em testes de avaliação. Este estudo demonstra a importância da terminologia para o processo de aprendizagem.

O *“layout”* foi ressaltado por 13% dos professores. Sabemos que um *“layout”* confuso pode gerar carga cognitiva supérflua. A presença de elementos estranhos ou desnecessários exige do aluno um processamento supérfluo, sobrecarregando a

memória operacional, ou seja, ocorre quando uma informação contém muitos detalhes, adornos, informação gratuita ou como neste caso o layout do material é confuso (MAYER, 2005, p.198).

Um aspecto relevante abordado pelos professores foi o excesso de informações na imagem. Destacamos algumas respostas: *“A apresentação da figura com muitas informações de uma só vez, podendo se tornar cansativa aos olhos dos alunos”*, *“Sou um pouco leiga no assunto, mas acho que há excesso de informações”* e *“Muita informação em um único local”*. Sabe-se que este excesso de informações relatado pelos professores pode sobrecarregar a memória operacional do aluno e não gerar a aprendizagem (MAYER, 2005a).

É interessante ressaltar uma resposta relacionada com o excesso de informação, *“Muitas informações que poderiam ser segmentadas, subdividas”*. Com esta afirmação o professor aborda um dos princípios propostos por Mayer (2005c), o qual afirma que a carga cognitiva de uma mensagem instrucional, especialmente aquelas de carga cognitiva intrínseca elevada, como é o caso do ciclo do nitrogênio, pode ser manejada dividindo-se a mensagem em passos ou segmentos de aprendizagem

Uma porcentagem pequena de professores (10%) afirmou que nenhum aspecto da imagem pode dificultar a aprendizagem, sendo que um destes é graduado em Ciências Biológicas, para ele, não apresenta aspectos negativos, pois tem um bom conhecimento sobre o ciclo do nitrogênio, e consegue entender a mensagem da figura, por outro lado, desconhece os aspectos básicos da teoria da carga cognitiva, demonstrando a necessidade da introdução neste tema para os professores do ensino fundamental e médio. Quanto aos professores pertencentes a outras áreas (história e pedagogia), este dado parece indicar que estes professores também desconhecem a teoria da carga cognitiva, pois, nesta imagem existem alguns aspectos que geram sobrecarga e dificultam a aprendizagem. Por outro lado, alguns (7%) afirmaram que todos os aspectos da figura dificultam o seu entendimento. Com estes dados, verifica-se que este tema ainda não chegou até os professores, que continuam sobrecarregando a memória de seus alunos e não alcançando a aprendizagem desejada.

Uma análise geral das respostas dos professores mostra que existe alguma preocupação dos professores em relação à carga cognitiva. Em suas respostas eles

citaram alguns aspectos relevantes dentro deste contexto como excesso de informação, *layout* confuso e falta de sinalização. No entanto, verifica-se uma ausência de embasamento teórico para justificar os aspectos negativos da imagem e desconhecimento dos princípios básicos da teoria da carga cognitiva. Ou seja, os professores se preocupam com a sobrecarga cognitiva, mas falta-lhes informação científica sobre esta questão como veremos nos resultados apresentados a seguir.

A questão 4 pretendia avaliar se os professores investigados já haviam ouvido falar a respeito da teoria da carga cognitiva, apenas 10% destes já haviam ouvido falar sobre o tema, sendo a maioria deles pertencentes a rede particular de ensino. Sabe-se da importância desta teoria para o processo de ensino-aprendizagem, e, no entanto, uma minoria dos professores já ouviu falar sobre o tema.

É importante que os professores tenham conhecimento a este respeito na tentativa de favorecerem a aprendizagem, pois, de acordo com Santos e Tarouco (2007), o conhecimento e a utilização destes princípios resultam em ambientes de aprendizagem eficiente, e desta forma, conduzem a uma aprendizagem competente e melhor.

Além disso, o desconhecimento da arquitetura cognitiva humana e da teoria da carga cognitiva pode gerar excessos nos limites operacionais dos alunos, com isso, o raciocínio e a aprendizagem ficam abaixo do desempenho esperado, e ainda ocorre a sobrecarga cognitiva (SANTOS e TAROUCO, 2007).

Dando continuidade, a questão 5 avaliou se os professores tiveram contato com este tema durante sua formação. Apenas 3% dos professores tiveram contato com a teoria da carga cognitiva durante a formação.

Sabemos que foi apenas recentemente que as idéias de qualidade da educação e da eficiência do trabalho docente passaram a estar associadas à idéia de um perfil profissional bem definido, passando a considerar também as especificidades da profissão docente (DIAS e LOPES, 2003). Com isso, verifica-se que uma preocupação mais acentuada com a formação de professores é recente, o que pode justificar o desconhecimento sobre a carga cognitiva, já que a maioria dos professores investigados é formada a mais de 10 anos e as pesquisas nesta área são bem atuais.

Neste contexto, a questão 6 avaliava se o professor já havia lido alguma coisa sobre o tema investigado. Constatou-se que apenas 7% já haviam lido a respeito desta teoria. É interessante relacionar os dados obtidos através destas últimas questões, dos 10% que já haviam ouvido falar sobre o tema, 3% ouviram durante a formação, enquanto que os 7% restante buscaram a informação através da leitura.

Considerando este processo recente de profissionalização dos docentes, Dias e Lopes (2003) afirmam que é de responsabilidade do professor a formação permanente, já que a formação inicial é apenas a primeira etapa do desenvolvimento profissional permanente. Sendo assim, a leitura a respeito de novas perspectivas no ensino é formação constante do professor.

Finalmente na questão 7 do questionário perguntamos aos professores se eles teriam interesse em obter informações sobre a teoria da carga cognitiva e qual aspecto desta temática os interessava mais diretamente. Conforme representação no gráfico 5, observamos que o aspecto mais citado pelos professores foi “tudo” (38%), demonstrando mais uma vez a ausência de conhecimento sobre o tema. Outros aspectos mais citados foram (19%) a necessidade de associar o tema com a didática, em seguida (7%) quais aspectos sobrecarregam o aluno e ainda (6%) quais são as pesquisas na área e o que o conhecimento sobre o tema pode facilitar para o educando, ou seja melhorar a prática docente.

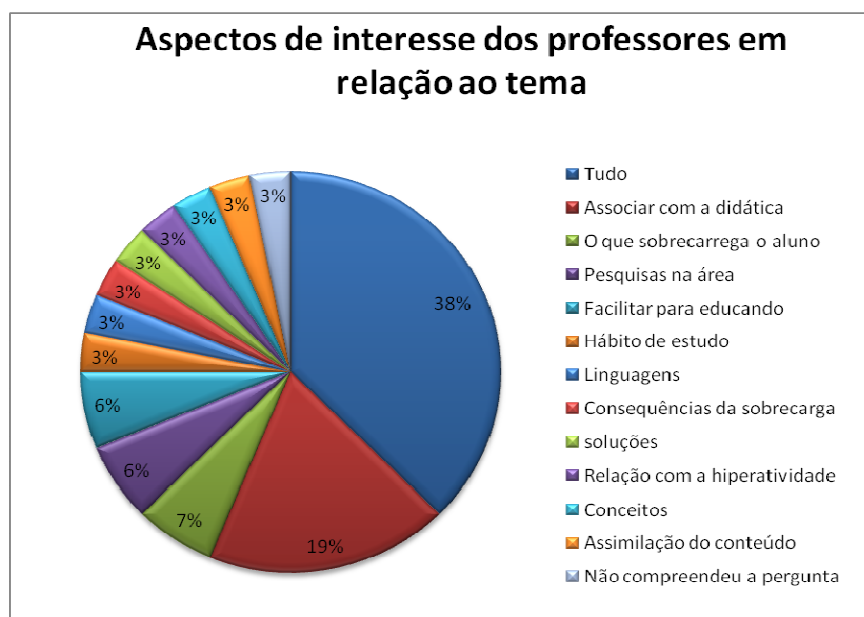


Gráfico 5: Aspectos sobre a teoria da carga cognitiva que interessam os professores

A expectativa que se aponta para nós educadores e para a sociedade em geral é de que seja possível a construção de um espaço de diálogo e de formulação de alternativas curriculares para a formação de professores (DIAS e LOPES, 2003). O primeiro passo é o interesse dos professores em aprender coisas novas relacionadas ao ensino na tentativa de aprimorar sua prática docente. O segundo passo é levar as novas pesquisas para dentro das escolas, seja através de cursos, palestras, ou de maneira mais simples como através de cartilhas ou paradidáticos, conforme faremos nesta dissertação.

É importante ressaltar que os materiais de apoio (cartilhas) foram produzidos a partir das expectativas dos professores. Isto é importante, pois, de acordo com Gatti (2003) os professores são pessoas integradas a grupos sociais nos quais gestam concepções de educação, as quais se constituem em representações e valores que filtram os conhecimentos que lhes chegam. Ainda, os conhecimentos adquiridos pelos professores são aceitos ou não em função de complexos processos não apenas cognitivos, mas sócio-afetivos e culturais (GATTI, 2003). Assim, demonstra-se a importância de considerar os aspectos citados como interessantes pelos professores.

Finalizando o questionário, a última questão perguntava se os professores apresentavam facilidade para ler textos em inglês. Esta pergunta foi colocada no questionário uma vez que o material disponível sobre aprendizagem multimídia, arquitetura cognitiva humana e principalmente sobre a teoria da carga cognitiva encontram, em sua grande maioria, na língua inglesa. Dos professores que responderam esta questão, 69% responderam que não apresentam facilidade em ler em inglês, os 31% restantes incluem os professores de língua inglesa e os de língua portuguesa que podem ser habilitados na língua inglesa, o que não foi avaliado pelo questionário.

Em relação aos professores de inglês, estes correspondem a 13,1% do total de professores avaliados pelo questionário, o que serve para reforçar que os professores das outras disciplinas não compreendem a língua inglesa. Esta dificuldade justifica a produção de materiais didáticos voltados para os professores, escritos na língua portuguesa, possibilitando assim que todos possam ter acesso a estas informações tão relevante para o processo de ensino-aprendizagem.

Com isso, percebe-se que é necessária uma interferência dentro deste contexto, na tentativa de fornecer informações importantes para uma prática docente eficaz e baseada em temas atuais e relevantes.

A partir da análise e discussão do questionário e com base na literatura, pode-se perceber a carência de informações dos professores sobre o tema carga cognitiva, o que pôde ser evidenciado, principalmente, a partir da análise que eles fizeram de uma imagem com alta carga cognitiva. Assim, pode-se, inferir que esta deficiência pode ser geradora de problemas relacionados ao processo de ensino/aprendizagem. Provavelmente, os professores por desconhecerem a temática podem, sem perceber, sobrecarregar a memória operacional de seus alunos prejudicando a aprendizagem.

É importante destacar novamente que apesar de desconhecerem a temática, alguns professores conseguiram apontar aspectos negativos na imagem. Estes, no entanto, não utilizam a terminologia adequada e não dominam o assunto. Destacamos que muitos desconhecem e não conseguiram apontar os aspectos da imagem que contribuem para o aumento da sua carga cognitiva. Estes resultados indicam que seria importante investir na abordagem desta temática seja através da elaboração de materiais didáticos ou em cursos de formação de professores, considerando que a mesma é de grande relevância para o processo de ensino-aprendizagem. Portanto, os dados apresentados e discutidos neste capítulo justificam e reforçam a importância dos produtos desta dissertação.

4 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DO MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR – CARTILHAS IMPRESSA E ELETRÔNICA

4.1 Formação docente e o Mestrado Profissional em Ensino

No contexto da educação brasileira, considerando aqui a legislação que rege e norteia a prática pedagógica desenvolvida nas escolas, é possível que os educadores trabalhem seguindo o que acreditam ser a melhor forma de alcançar uma aprendizagem com significado para o aluno.

Para isso, é importante que o educador tenha a consciência de que a prática docente precisa atender à multiplicidade de variáveis que envolvem o processo de aprendizagem do educando e as novas dimensões, possibilidades e rumos que o desenvolvimento do conhecimento em biologia vem descortinando.

O espaço escolar apresenta peculiaridades que somente podem ser sentidas quando são vivenciadas (GABRINI e DINIZ, 2009). Estar no ambiente escolar permite identificar determinados problemas e propor soluções e somente o professor é capaz de compreender este processo, e atuar de maneira significativa.

Porém, não podemos perder de vista, os verdadeiros objetivos educacionais a fim de oferecer ao educando, por meio de recursos metodológicos e estratégias pedagógicas eficazes, conhecimentos que contribuam para sua formação crítica, analítica e para que se tornem capazes de tomar decisões e conseguir sua inserção qualificada no mundo.

A escola não tem como estar alheia ao contexto social, econômico e político, bem como aos avanços tecnológicos experimentados pela sociedade atual (GABRINI e DINIZ, 2009). Assim, o que se espera do ensino, em especial o de Ciências, são idéias contrárias ao ensino centrado no livro didático, memorístico, acrítico e a-histórico que vem sendo praticado na maioria das escolas (OVIGLI e BERTUCCI, 2009).

Desde o final da década de 70, a literatura educacional afirmava a necessidade de se dispensar atenção especial ao professor entendendo-o como peça indispensável para o desenvolvimento da educação científica (FRACALANZA,

2002). E o ensino de Ciências Naturais vem sendo objeto de discussões em diversos trabalhos no contexto brasileiro (OVIGLI e BERTUCCI, 2009).

As questões referentes a formação docente vêm sendo discutida nos últimos tempos, tanto no contexto acadêmico quanto no sociopolítico. O desprestígio do educador e a pauperização do magistério fazem emergir discussões que focalizam a formação do profissional da educação (SILVA, 2001).

Magalhães (2001) afirma também que a formação de professores tem sido alvo de discussões nas últimas décadas e ainda que este debate tem mobilizado não somente os profissionais da educação, como também profissionais de áreas específicas, e ainda, o poder público. O referido autor afirma que o interesse por esse debate aponta para a estreita relação entre sucesso/fracasso escolar e formação de professores.

Para Mól (2006) a formação docente é a práxis educativa e pode ser compreendida como a responsabilidade de contribuir para o desenvolvimento da personalidade, a preparação para o exercício pleno da cidadania e a capacitação para o trabalho, exigindo dos professores a total reformulação de sua prática pedagógica. Para a referida autora a formação pode ser compreendida também como o aprender a ser e o aprender a aprender.

Dando continuidade, abordaremos de forma sucinta o histórico da formação de professores no Brasil. Na década de 70, devido a influência da psicologia comportamental e da tecnologia educacional, a maioria dos estudos privilegiava a dimensão técnica do processo de formação de professores, conforme afirma Candau (1992) citado por Pereira (2006). Consequentemente, ainda dentro da década de 70, a grande preocupação no que se refere à formação docente, era a instrumentalização técnica (PEREIRA, 2006). Assim, verifica-se que nesta década o professor era considerado um técnico, sem grandes expectativas em relação a sua formação.

No final desta década, inicia-se um movimento de oposição e rejeição aos enfoques técnico e funcionalista que predominaram na formação de professores até esse momento (PEREIRA, 2006). Devido a influências filosóficas e sociológicas, a prática de professores deixa de ser considerada neutra e passa a constituir-se em uma prática educativa transformadora, segundo Pereira (2006).

Os anos 80 representaram a ruptura com o pensamento tecnicista que predominava na área (FREITAS, 2002). Essa mudança pode ser explicada porque a tecnologia educacional passou a ser fortemente questionada pela crítica de cunho marxista (PEREIRA, 2006).

Na formação docente deste período, os educadores produziram e evidenciaram concepções avançadas sobre a formação do educador, destacou-se o caráter sócio-histórico dessa formação, a necessidade de um caráter amplo e ainda, o desenvolvimento da consciência crítica que lhe permitia interferir e transformar as condições da escola, da educação e da sociedade (FREITAS, 2002). E ainda a formação contemplou, para Santos (1992) citado por Pereira (2006), o caráter político da prática pedagógica e o compromisso do educador com as classes populares.

Pereira (2006) afirma que principalmente na primeira metade da década de 80, o professor em seu processo de formação conscientiza-se da função da escola na transformação da realidade social dos seus alunos e apresenta clareza na associação da prática social ser considerada uma prática mais global.

Nesta década, merece destaque dois aspectos, o primeiro deles é o questionamento a respeito do nome professores ou educadores, na literatura desta década verifica-se a insistência na utilização da palavra *educador* em vez da palavra *professor* pela maioria dos autores da época, essa utilização demonstra o descontentamento com o processo de formação docente vigente nesta época (PEREIRA, 2006). O segundo questionamento refere-se ao distanciamento entre a teoria e a prática, ou dito de outra forma, o pesquisador e o professor. O papel do pesquisador é considerado diferente e superior ao papel do professor, além disso, foi verificado um distanciamento entre as universidades e os sistemas de ensino de primeiro e segundo graus (PEREIRA, 2006).

Neste contexto de embates teóricos, entramos na década de 90, a qual foi denominada de “Década da Educação”, que representou o aprofundamento das políticas neoliberais em resposta aos problemas colocados pela crise do desenvolvimento do capitalismo (FREITAS, 2002). Sendo assim, pode-se afirmar que privilegia-se a formação do professor-pesquisador, ou seja, revela-se a importância da formação do profissional reflexivo, aquele que pensa na ação, cuja atividade profissional esta aliada à atividade de pesquisa (PEREIRA, 2006).

Os anos 90 trouxeram bons ventos à sociedade brasileira considerando os aspectos educacionais, pode-se citar a consolidação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e ainda a significativa tomada de consciência sobre a importância da educação para o desenvolvimento do país como uma nação (MILL, 2007).

Diante do exposto, pode-se afirmar que no Brasil na década de 70 privilegiava-se a dimensão técnica do processo de formação de professores, na de 80 ocorreu um avanço nessa questão, quando preocupou-se com a profissionalização em serviço, e somente na década de 90 começa a surgir uma alternativa mais ousada na formação de professores, chamada de educação continuada (MAGALHÃES, 2001).

Finalizando a questão da formação dos professores é importante destacar a necessidade da pesquisa no ensino, como uma forma de melhorar os cursos de licenciatura. Para Ludke (1994) citada por Pereira (2006) a pesquisa em ensino tende a valorizar a formação de professores e os que por ela se interessarem, podem converter esse interesse em esforço de pesquisa. Desta forma, o distanciamento existente entre pesquisadores e professores tende a diminuir e com isso ocorre uma melhoria na prática docente.

Dentro deste contexto, de aliar a pesquisa e a prática docente surgem propostas como a do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, o qual possibilita a inserção dos pesquisadores na sala de aula, já que estes devem ser professores atuantes.

Sendo assim, esta modalidade de mestrado em Ensino apresenta grandes contribuições para a sociedade docente, pois, permite que os alunos-professores desenvolvam materiais de apoio, que devem ser testados na prática docente. Estes geram impactos positivos na área docente, ou seja, a pesquisa realizada provoca um retorno para a educação. Com isso, verifica-se a aproximação da pesquisa e a sala de aula, uma grande conquista.

Na direção apontada, levando em consideração a importância da formação docente e o Mestrado Profissional em Ensino elaborou-se os materiais de apoio detalhados em seus aspectos fundamentais, conforme relato a seguir.

4.2 Tema gerador dos materiais de apoio

Para a elaboração dos materiais de apoio para o professor consideramos uma série de variáveis. Entre elas destacamos as dificuldades encontradas pelos professores em utilizar de forma produtiva os recursos multimodais em sala de aula e o desconhecimento da influência da teoria da carga cognitiva na aprendizagem multimídia, conforme relatado no terceiro capítulo.

Estas variáveis relacionadas à utilização de recursos multimídias vêm sendo discutidas por vários autores com os quais concordamos. Mill (2007) afirma que a educação é uma atividade perpassada pelos processos educacionais, assim é influenciada pelas novas possibilidades comunicacionais. Afirma ainda que a forma pela qual os professores em formação desenvolvem suas atividades de aprendizagem (como discentes) e de ensino (como docentes) é influenciada pelo estágio de desenvolvimento tecnológico de cada época. Portanto, na época atual onde as tecnologias invadiram a escola, nós professores devemos estar aptos para utilizá-las de maneira adequada como uma ferramenta de melhoria no processo de ensino-aprendizagem, mas para isso, devemos nos preocupar com os aspectos cognitivos de nossos alunos.

Maldaner (2007) afirma que a escola deve ser pensada no momento histórico, político e tecnológico atual para poder cumprir seu papel de inserção das novas gerações num contexto cultural. Afirma ainda que é urgente a capacitação dos professores não somente para o uso de tecnologias, mas também para que sejam capazes de assumir posicionamentos mais claros sobre essas tecnologias.

Mól (2006) afirma que ao considerar o extraordinário avanço dos meios de comunicação, e ainda as maneiras pela qual o ser humano aprende, é necessário que os professores sejam capazes de orientar seus alunos na utilização destas ferramentas, orientando os alunos sobre maneira correta de colher informações organizá-las e ainda como transformá-las em conhecimento. É importante ainda dentro deste contexto que o professor planeje suas aulas de acordo com os princípios da teoria da carga cognitiva.

Mill (2007) pondera que as possibilidades oferecidas impõem um novo desafio para a educação, escola e professores, neste contexto que vem se configurando nos

últimos anos, a educação de uma maneira geral e, a escola mais precisamente, estão sendo convidadas a repensar suas práticas. Sendo necessário, que os educadores acompanhem esta mudança e aprimorem sua prática docente baseando nas tecnologias e na arquitetura cognitiva humana, e que a academia disponibilize novas informações para estes professores.

Assim, nossos produtos foram elaborados baseando-se na necessidade de se incentivar reflexões e apoiar iniciativas de elaboração de material de apoio para professores, que pressuponham a apropriação das tecnologias disponíveis. Impõe-se a esses materiais a necessidade de adquirir uma visão crítico-reflexiva e um domínio autônomo em relação a alguns aspectos do uso de tecnologias multimídias.

Deste modo, passamos a elaboração de duas cartilhas voltadas para a formação de professores, contendo informações sobre a cognição humana, a teoria da carga cognitiva e sua influência no processo de aprendizagem através de recursos multimídia.

4.3 Elaboração e apresentação dos produtos

Para a elaboração do material proposto, focalizamos o tema: **teoria cognitiva da aprendizagem multimídia**. Para isto, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica sobre pesquisas e experiências existentes nesta área apresentada no capítulo 2 desta dissertação. Considerou-se também o levantamento feito na investigação apresentada no capítulo 3 sobre o que os professores desejavam conhecer sobre o referido tema. Atentando para o fato de que os conhecimentos adquirem sentido ou não, são incorporados ou não, não apenas em função de processos cognitivos, mas também dos socioafetivos e culturais (GATTI, 2003), sendo assim, abordamos nos nossos produtos o que os professores apontaram como aspectos relevantes, na tentativa de contribuir para a melhor aceitação dos produtos junto ao público-alvo.

Dentro desta perspectiva, Silva (2001) afirma para que os trabalhos de pesquisa possam contribuir para a melhoria da formação do professor é de fundamental importância que se considere as necessidades de conhecimento deste

profissional. Assim, este trabalho buscou dialogar com os professores na tentativa de propor um material de apoio que estivesse adequado com suas expectativas favorecendo, desta forma, a aquisição do conhecimento.

Sendo assim, foram realizados o levantamento, a seleção e a adequação de estratégias que permitissem a elaboração do material de apoio didático para o professor em consonância com a fundamentação seguida neste trabalho.

É importante também destacar que o processo de elaboração de materiais de apoio é complexo, exigindo tratamento pedagógico cuidadoso para que possa alcançar seus objetivos educacionais. Concordamos com André (1994) citado por Pereira (2006) que destaca a importância dos materiais didáticos e da formação contínua de professores, sugerindo a implementação de práticas mais eficientes de formação, com espaço e recursos para um processo contínuo de capacitação docente, incluindo a elaboração de programas e de materiais didáticos que favorecerem a aproximação entre a academia e o saber escolar.

Os materiais didáticos em questão tratam-se de cartilhas destinadas aos professores. A cartilha é uma ferramenta poderosa como material didático na divulgação de novos conhecimentos, este instrumento vem sendo bastante utilizado na área da saúde, produzindo bons resultados como relata Fonseca *et al.*, (2007) em seu trabalho sobre cartilhas *on line*. Sendo assim, a utilização destas cartilhas no ensino, podem promover algumas mudanças na prática docente dos professores, porém, deve-se destacar que esta formação não deve ser isolada e sim deve estar aliada com o processo de formação docente.

Foram elaboradas duas cartilhas uma impressa e a outra eletrônica, que estão disponibilizadas junto com esta dissertação. A elaboração da cartilha eletrônica se justifica principalmente por dois motivos: (1) a mídia eletrônica permite ampliar o conteúdo do material uma vez que não enfrentamos a limitação de espaço e de número de páginas. Assim pudemos, na cartilha eletrônica ampliar e complementar informações fornecidas pela cartilha impressa; (2) A mídia eletrônica permitiu também a utilização de vídeos para exemplificar os princípios da teoria da carga cognitiva da aprendizagem multimídia que envolvem palavras faladas e imagens animadas. Assim, a cartilha impressa apresenta as informações de forma mais breve e direta e a cartilha eletrônica consta de informações complementares

sobre a temática e exemplos que podem facilitar a compreensão das informações relacionadas com textos falados.

Os materiais oferecem aos professores informações em língua portuguesa baseadas na literatura disponível quase sempre na língua inglesa. Isto é importante uma vez que a maioria dos professores afirmou, segundo a investigação apresentada no capítulo 3, apresentar dificuldades para ler textos na Língua Inglesa. Desta forma, ao apresentarmos o material em português estamos facilitando a disseminação e divulgação de informações sobre a teoria da carga cognitiva.

Os materiais possuem também exemplos esquemáticos que facilitam a compreensão dos princípios da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia abordados. Exemplos estes elaborados por nós com a preocupação de utilizar assuntos que abordassem não somente a área da biologia, mas, também outras áreas do conhecimento como matemática, química, etc. Preocupamos-nos também em utilizar uma linguagem de fácil compreensão, para permitir um maior entendimento por parte dos professores. Além disso, o material, especialmente cartilha impressa, é breve o que facilita a sua utilização e compreensão. É importante ressaltar que durante a elaboração das cartilhas nos preocupamos em utilizar os princípios da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia buscando uma aprendizagem mais efetiva. Ou seja, utilizamos os princípios pensando em reduzir ao máximo a carga cognitiva da informação facilitando, desta forma, a compreensão pelos professores.

O uso de esquemas e imagens na cartilha foi realizado, pois, como colocado por Fonseca *et al.* (2004), é importante destacar que em materiais didáticos a utilização de imagens é um fator decisivo na atitude de ler ou não a instrução, pois as imagens chamam a atenção do público-alvo e demonstram o objetivo do material. Outro aspecto relevante levantado pelos referidos autores é o uso da cor, um importante fator na comunicação visual gráfica. Eles afirmam ainda que os estudos sobre a utilização das cores e seu efeito sobre as pessoas vem tornando-se cada vez mais aprofundados, em virtude de despertar a atenção do público. Em nossa cartilha, optamos por utilizar o vermelho, que é uma cor bastante chamativa, além disso, seguindo o princípio da sinalização, utilizamos as cores como uma forma de sinalizar o que deve ser analisado (MAYER, 2005b).

A seguir descreveremos sucintamente a cartilha impressa denominada “Teoria da carga Cognitiva: Informações para os professores.” O material consta de uma introdução sobre carga cognitiva, abordando de maneira breve os três tipos de carga cognitiva e ainda alguns princípios da teoria cognitiva de aprendizagem multimídia através de esquemas simples que foram elaborados a partir do conhecimento sobre esta teoria. Os princípios abordados foram: sinalização, contigüidade espacial, coerência, segmentação, antecipação, modalidade, contigüidade temporal e redundância. É importante destacar, que os três últimos princípios relacionam-se com a parte auditiva, e que nesta cartilha são exemplificados também com palavras destacadas (em *itálico*). Para exemplificar e facilitar o entendimento para cada princípio foram elaborados dois esquemas, um demonstrando a forma correta e outro a forma incorreta de se apresentar a informação.

A cartilha eletrônica denominada “Teoria da Carga Cognitiva: Aspectos relevantes para a formação docente”, como dito anteriormente, apresenta a temática de forma mais abrangente, pois, consta de uma revisão da literatura mais completa, porém, com uma linguagem adequada ao público alvo. Incluímos na cartilha eletrônica: uma introdução sobre a aprendizagem multimídia, uma abordagem sobre a cognição humana e a aprendizagem multimídia, incluindo os três tipos de memória de maneira mais completa e exemplificando os três tipos de carga cognitiva: intrínseca, supérflua e efetiva. Além disso, quando trata dos princípios que incluem a parte auditiva, foram disponibilizados vídeos que ilustram os princípios da modalidade, contigüidade temporal e redundância. A exemplificação através de vídeos, com certeza, favorece o entendimento destes princípios.

4.4 Avaliação e análise dos produtos

Com o objetivo de testar a aceitação e de validar os produtos propostos, as cartilhas foram apresentadas para os alunos da sexta turma do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da PUC-Minas da área de concentração Ensino de Biologia. Os alunos em questão tratam-se de professores

com bastante experiência de sala de aula que atuam em vários níveis de ensino (Fundamental, Médio e Graduação). São professores que estavam iniciando as disciplinas no mestrado e, portanto, desconheciam a teoria da carga cognitiva. Este dado foi levantado pessoalmente pela orientadora deste trabalho antes de se fazer a avaliação. Estes professores foram informados sobre a intenção da avaliação e aceitaram participar da pesquisa através da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE C).

A avaliação se deu da seguinte forma. Inicialmente, a cartilha impressa foi distribuída para os professores e a cartilha eletrônica foi apresentada através de uma projeção em “PowerPoint”. Em seguida, passou-se a fazer a explicação das duas cartilhas salientando-se os aspectos nas quais elas diferiam. Assim, as cartilhas foram exploradas pelos professores com a ajuda e o suporte da pesquisadora que tirou algumas dúvidas existentes sobre os materiais.

Posteriormente, foi solicitado aos professores que respondessem a um questionário avaliativo sobre as cartilhas (APÊNDICE D). O questionário era constituído de 4 perguntas, sendo as duas primeiras de múltipla escolha e as outras duas discursivas. A primeira questão consistia em uma avaliação do material em ruim, médio, bom ou ótimo. A segunda questão perguntou sobre a importância destes materiais para a formação docente e a terceira solicitava que os professores apontassem os aspectos positivos e negativos do material. A última questão pedia sugestões de modificações nos materiais para aprimorar e facilitar seu uso. As análises foram feitas em duplas, totalizando ao final 7 questionários respondidos para a cartilha impressa e 6 para a cartilha eletrônica. Esta diferença ocorreu porque uma dupla afirmou que não houve tempo suficiente para analisar a cartilha eletrônica e, que, portanto, preferia não opinar sobre ela.

Com relação a análise da cartilha impressa, 85,7% dos professores avaliaram a cartilha como boa, enquanto que 14,3% classificaram a mesma como ótima. Percebe-se, então que o material produzido é de boa qualidade, segundo este grupo de professores, podendo ser considerada uma boa ferramenta para informar a respeito da temática.

Em relação à importância desta cartilha para a formação de professores, 100% dos professores consideraram este material como uma ferramenta importante.

Assim, confirma-se a importância de se trabalhar esta temática, relativamente nova, para aperfeiçoamento da formação docente.

Em relação aos aspectos positivos, as respostas foram agrupadas em três categorias principais: o conteúdo, a linguagem e o *layout*, (Gráfico 6). Na categoria conteúdo agrupamos respostas como: boa fundamentação teórica e bom conteúdo; na categoria linguagem foram incluídas respostas como: transmissão de informação de forma clara e ainda linguagem clara, objetiva e coerente. Em relação ao *layout* consideramos respostas que faziam referência a cores, imagens, estética, visual atraente e outros aspectos relacionados à diagramação da cartilha.

Verificamos, durante a análise das respostas, que os professores apontaram mais de um aspecto positivo, como exemplo, citamos as respostas: “*Conteúdo, fundamentação teórica e layout*” e “*Volume de informação adequado e estética agradável*”.

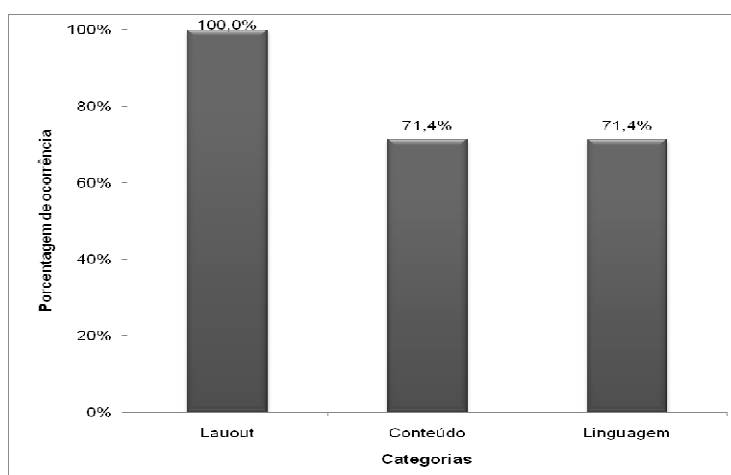


Gráfico 6: Porcentagem dos aspectos positivos da cartilha impressa citados pelos professores

Através da análise do gráfico acima, pode-se perceber que todos os professores consideram o *layout* como um aspecto positivo da cartilha impressa, enquanto que 71,4% consideraram o conteúdo e a linguagem como positivos.

Quanto aos aspectos negativos apontados pelos professores as respostas também apontaram mais de um aspecto e foram agrupadas em seis categorias, conforme podemos visualizar no gráfico 7.

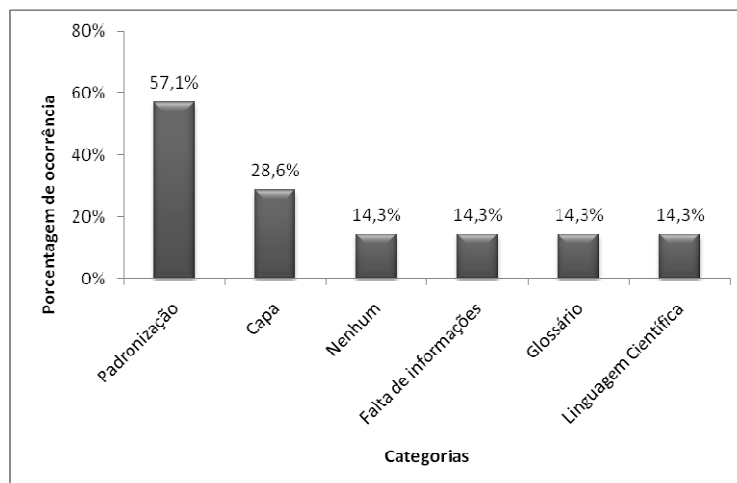


Gráfico 7: Porcentagem dos aspectos negativos da cartilha impressa citados pelos professores

A primeira categoria refere-se a padronização (57,1%), alguns professores afirmaram que os esquemas não estavam do mesmo tamanho, que a letra era pequena, como pode-se observar através das seguintes respostas: “...distanciamento entre figuras e texto (tabulação)...” e “Na cartilha o tamanho da letra é muito pequeno...”. Durante a elaboração da cartilha estes problemas ocorreram em função de tentar atender aos princípios da teoria da carga cognitiva, pois, se tivéssemos utilizado o mesmo tamanho algumas imagens ficariam distanciadas do texto explicativo contrariando o princípio da contiguidade temporal.

A segunda categoria, refere-se a qualidade da capa (28,6%), que segundo alguns professores poderia ser mais elaborada, conforme sugere a resposta a seguir: “A qualidade da imagem da capa sugere um trabalho simplório”. Este aspecto pode ser realmente melhorado, mas trata-se apenas de uma questão estética que não compromete a qualidade do conteúdo do material. A categoria nenhum (14,3%) merece destaque, pois, este percentual de professores não conseguiu detectar nenhum aspecto negativo no material, o que reforça sua boa qualidade. Alguns professores citaram a falta de informação como aspecto negativo, entretanto, isto parece ter ocorrido porque a cartilha impressa foi comparada a cartilha eletrônica que realmente contém um número maior de informações, isto pode ser verificado na resposta a seguir: “A cartilha eletrônica não é acessível a

todos, assim a cartilha impressa deveria conter todas as informações da cartilha eletrônica democratizando o acesso.”

Os professores citaram ainda a necessidade de um glossário para os termos científicos (14,6%), e por último a questão da linguagem científica (14,6%), um professor afirma que a linguagem utilizada é de difícil acesso. Em relação a linguagem utilizada pode-se dizer que esta pode ser considerada uma carga cognitiva intrínseca, ou seja, própria do material, e que não deve ser retirada. Mudar a terminologia, poderia prejudicar a compreensão da teoria. Finalizando a avaliação da cartilha impressa, foi solicitado aos professores que sugerissem modificações no material, na tentativa de torná-lo mais adequado ao jeito de trabalhar do professor. As respostas foram organizadas em categorias que estão apresentadas no gráfico 8.

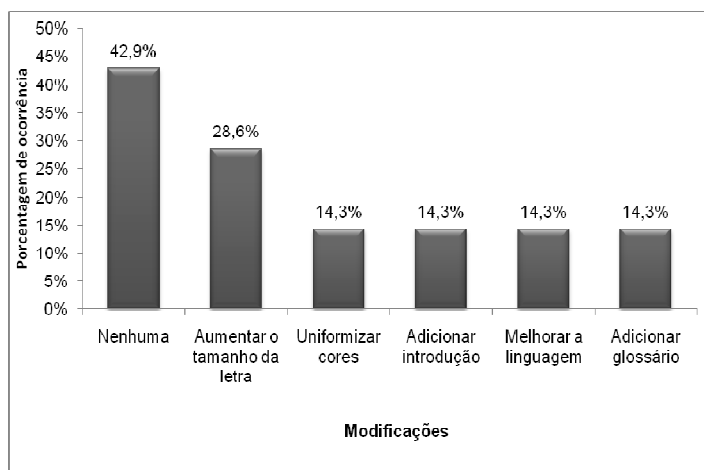


Gráfico 8: Modificações sugeridas na cartilha impressa pelos professores

Destacamos que a categoria que apresentou maior percentual de respostas foi a nenhuma (42,9%), ou seja, a maioria dos professores não sugere modificações na cartilha impressa, demonstrando que é um material de boa qualidade.

As sugestões de modificações, como era de se esperar, coincidem com as categorias de aspectos negativos. A seguir citamos as categorias e exemplos de respostas dos professores para cada uma delas: (1) Padronizar e aumentar o tamanho da letra (28,6%) - *“Aumento do tamanho da fonte utilizada”*; (2) uniformizar as cores (14,3%) - *“Ver uniformização das cores das figuras”*; (3) Adicionar introdução (14,3%) - *“Introdução que contenha a importância/relevância do trabalho”*; (4) melhorar a linguagem (14,3%) - *“Linguagem escrita como os textos jornalísticos”*

e (5) adicionar glossário (14,3%) - *“Adicionar ao final da cartilha um glossário com os termos relacionados à teoria”*

Quanto a sugestão de adicionar introdução, discordamos do professor, pois, esta encontra-se presente na cartilha. No início da cartilha em *“Alguns conceitos importantes”* foi feita uma breve revisão sobre os principais conceitos do tema abordado – teoria cognitiva da aprendizagem multimídia.

Quanto a alteração de linguagem um professor sugere que a cartilha seja escrita no formato de texto jornalístico. Entretanto, temos que ponderar que a cartilha exige uma linguagem mais direta e objetiva, com frases curtas, e, talvez o uso de texto jornalístico não seja o mais adequado para este tipo de material. Durante a preparação do material, preocupou-se em utilizar uma linguagem de fácil acesso para os professores sem omitir ou simplificar demais as informações científicas. Entretanto, parece que o material ainda traz um pouco de complexidade na linguagem. Concordamos que a adição de um glossário poderia solucionar esta questão, e tornar o material mais auto-explicativo, uma vez que a terminologia científica utilizada é específica da área. Outra possibilidade seria o uso assistido da cartilha como foi realizado na experimentação, ou seja, as cartilha foram apresentadas e comentadas pela pesquisadora que estava disponível para sanar as dúvidas. Esta última alternativa seria bastante viável na utilização deste material em ações de formação de professores.

Finalizada a análise da cartilha impressa, iniciaremos a análise da cartilha eletrônica. Muitos professores disseram que seria ideal que cada um visualizasse a cartilha eletrônica em seu próprio computador para uma análise mais precisa. Segundo os professores, a demonstração da cartilha através de apresentação “powerpoint” foi breve e dificultou uma análise mais profunda. Entretanto, a maioria conseguiu fazer uma análise do material eletrônico.

A maioria dos professores classificou o material como bom (83,3%) e o restante como ótimo (16,7%). Todos consideraram que o material é importante para a formação docente. Resultados semelhantes aos obtidos na análise da cartilha impressa. Quanto aos aspectos positivos da cartilha eletrônica apresentados no gráfico 9, eles se assemelham também ao da cartilha eletrônica, com alteração apenas nas porcentagens. Como aconteceu com a cartilha impressa, alguns professores citaram mais de um aspecto, o que permite um percentual total superior

a 100%. A seguir respostas que exemplificam isto: “*Auxílio na melhoria da transmissão informação, complemento à aprendizagem do professor.*”, “*Informações importantes*” e “*melhor visualização do conteúdo*”.

Todos os professores (100%), afirmam que o conteúdo/informações é um aspecto positivo, o que permite inferir que o material produzido atinge seus objetivos educacionais. Poucos professores citaram o *layout* com aspecto positivo (16,7%). Na categoria *não relatou* (16,7%), estão aqueles professores que não responderam nada. Esta última categoria parece ter ocorrido pela dificuldade que alguns professores expressaram em fazer a análise da cartilha eletrônica da forma como foi apresentada.

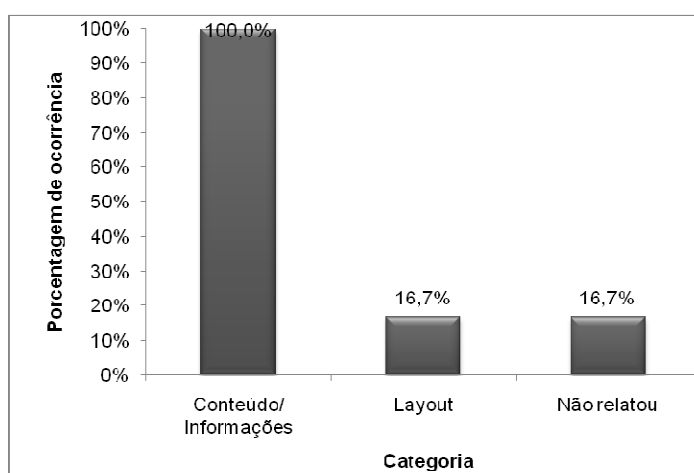


Gráfico 9: Aspectos positivos da cartilha eletrônica abordado pelos professores

A análise dos aspectos negativos da cartilha eletrônica mostrou que a maioria dos professores *Não relatou* (83,3%). Isto pode estar relacionado a ausência de aspectos negativos no material ou a questões relacionadas ao tempo e a metodologia de apresentação do material não terem sido adequados para uma análise mais precisa. Isto pôde ser percebido através da resposta: “*Não percebemos, até pelo fato de não ler*”. O único aspecto negativo identificado na análise foi o número excessivo de páginas (16,7%), como exemplo, citamos a resposta: “*17 páginas podem assustar um leitor mais resistente*”. Como discutido anteriormente, a cartilha eletrônica traz informações complementares as da cartilha impressa, conseqüentemente apresenta um número maior de páginas. Entendemos que na mídia eletrônica as questões relacionadas à limitação de espaço e tamanho são minimizadas em relação à mídia impressa permitindo adicionar um maior volume de informações.

A maioria dos professores (83,3%) não sugeriu modificações na cartilha eletrônica, isto já era esperado uma vez que eles não apontaram aspectos negativos no material. Houve apenas uma sugestão: “*Ser apresentado em power point*”. Não entendemos esta sugestão uma vez que o material foi apresentado em “*power point*” (priorizando os aspectos diferentes da cartilha impressa), inclusive os videos que exemplificavam alguns princípios foram exibidos. Interessantemente, durante a exibição dos videos os professores se manifestaram verbalmente dizendo que os videos eram muito bons para ajudar no entendimento dos princípios da teoria da carga cognitiva. Após a exibição de cada video eles comentavam sobre os princípios que tinham ou não sido contemplados na sua elaboração e sugeriam mudanças para aperfeiçoá-los.

Com base nos dados obtidos percebe-se que as cartilhas, tanto impressa como eletrônica, não apresentaram grandes problemas, possuem uma qualidade aceitável e apresentam boas possibilidades de atingirem seu objetivo, ou seja, informar o professor sobre a cognição humana, a teoria da carga cognitiva e sua influência na aprendizagem multimídia.

De uma maneira geral, conclui-se que as modificações sugeridas pelos professores referem-se a alterações principalmente, no estilo, demonstrando que a qualidade do material em relação as informações disponibilizadas é boa e possibilita uma divulgação adequada da temática. A sugestão de modificação que consideramos mais relevante foi relacionada ao uso da linguagem científica e a possibilidade de adição de um glossário nos materiais para facilitar o entendimento de alguns termos e aspectos científicos desconhecidos pela maioria dos professores.

Gostaríamos de destacar que durante a avaliação do material, uma professora que trabalha com capacitação e treinamento de professores de ensino médio manifestou o interesse em ter acesso as cartilhas para trabalhar com seus alunos. Isto reafirma o potencial de utilização dos materiais na formação de professores. Ao final desta avaliação, muitos professores manifestaram o desejo de receber as cartilhas para servir como material de consulta. A pesquisadora se dispôs a encaminhar os materiais para os interessados após a defesa da dissertação com as devidas correções sugeridas pela banca examinadora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de recursos multimídia em sala de aula é uma realidade. Na sociedade atual é impossível imaginar a escola sem o uso destas tecnologias, pois, elas estão presentes em todos os locais e na escola não poderia ser diferente. A grande maioria dos professores faz uso destas ferramentas na sua prática docente. Além disso, os nossos alunos estão cada vez mais tendo acesso a essas tecnologias, e, locais que não fazem uso destas ferramentas são considerados por eles como espaços desinteressantes. Ademais, eles conhecem estas tecnologias e precisam estar em contato com estes recursos até mesmo na escola.

Sendo assim, é impossível pensar em Ensino sem pensar em recursos multimídia, pois, as imagens, as animações, os gráficos, as apresentações, os vídeos, as simulações entre outros são ferramentas que podem aprimorar a nossa prática docente.

Diante desta realidade, a vontade de realizar esta pesquisa nasceu da minha vivência como professora de Ciências e Biologia, pois, muitas vezes não conseguia alcançar meus alunos através de minhas aulas, me questionava o que estava fazendo de errado, já que utilizava diversos recursos em sala de aula, mas não estava obtendo sucesso na aprendizagem. Ao entrar no Mestrado, descobri que a minha inquietação tinha uma resposta: a aplicação dos conhecimentos sobre a cognição humana na utilização de recursos multimídia. Descobri que quando o fornecimento de informações não está alinhado com o processo cognitivo dos alunos, a aprendizagem fica prejudicada. Era isso que poderia estar acontecendo! Eu oferecia uma quantidade enorme de informações para os meus alunos, e na verdade eles não aprendiam tudo o que deveria, pois, sua memória estava sendo sobrecarregada, este era um dos possíveis aspectos da diminuição da aprendizagem.

A partir desta descoberta comecei a estudar a fundo a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), e assim, decidi a temática do meu trabalho de dissertação. Esta teoria oferece grandes contribuições para o ensino, pois, trata-se de alinhar as informações ofertadas por recursos multimídia com o sistema cognitivo humano. A utilização dos princípios que compõe a teoria favorece de maneira

significativa o processo de ensino-aprendizagem, podendo aprimorar a aprendizagem dos alunos, pois, visa reduzir a carga cognitiva para não sobrecarregar a memória do aprendiz. Desta forma, o planejamento de uma aula ou de materiais didáticos com base nestes princípios oferece uma baixa carga cognitiva e, possivelmente, uma aprendizagem mais eficiente. Posteriormente, surgiu a idéia de elaborar materiais de apoio sobre a influência da teoria da carga cognitiva na aprendizagem a partir de recursos multimodais que pudessem ser utilizados na capacitação/formação de professores. Esta idéia surgiu a partir do estudo e leituras sobre o tema e a partir da verificação de que esta temática ainda não chegou nas escolas e a maioria dos professores a desconhece. Assim, ao perceber a importância deste tema na educação atual, a vontade se firmou. Neste desejo buscou-se formas de informar aos professores de uma maneira que fosse de fácil acesso e leitura, por isso, optou-se pela elaboração de uma cartilha impressa. Porém, no decorrer do trabalho de elaboração desta cartilha verificou-se que muitas informações relevantes estavam ficando excluídas, então surgiu a ideia de fazer uma cartilha eletrônica que contemplasse um número maior de informações e pudesse auxiliar de forma mais efetiva os professores.

Após alguns meses de trabalho, alcançou-se o objetivo: produzir as cartilhas, que foram bem aceitas pelo público a que elas se destinam, conforme verificou-se através da experimentação com professores de vários níveis do ensino. Portanto, a contribuição que este trabalho traz para a área de Ensino são cartilhas que podem ser utilizadas para a divulgação de informações sobre a temática e contribuir efetivamente para a formação docente. Ao assimilar estas informações os professores poderão utilizar os recursos multimídia alinhados ao sistema cognitivo dos seus alunos, garantindo, ou pelo menos com maiores chances de obter uma aprendizagem de boa qualidade. Assim, elas permitem fazer uma ponte entre a pesquisa acadêmica na área de ensino e aprendizagem e a prática docente.

Acreditamos que o conhecimento e a divulgação da TCAM são importantes para qualquer professor que utiliza recursos multimídia em sua prática docente, em especial professores de ciências e tecnologias. Ao conhecer os princípios da teoria os professores poderão planejar aulas e estratégias didáticas pensando no processo de cognição dos seus alunos, preocupando-se com uma possível sobrecarga, preocupando-se com um dos aspectos relevantes da aprendizagem.

Muitas vezes os professores pensam que quanto maior o número, mais modernos e mais complexos forem os recursos multimídia utilizados melhor será a aprendizagem. Ao conhecer a teoria fica claro que o uso inadequado e aleatório destes recursos pode trazer prejuízos para a aprendizagem. Portanto, nossos materiais servem para alertar os professores que o uso destes recursos somente trará benefícios se estiver alinhado ao sistema cognitivo humano.

Outras preocupações constantes na prática do professor são a quantidade enorme de informações que devem ser oferecidas ao aluno e a necessidade de cumprir o programa das disciplinas e ministrar todos os conteúdos programados. Muitas vezes, ao fazer isto, o professor estará sobrecarregando a memória da maioria dos alunos trazendo diversos prejuízos para o ensino. A teoria da carga cognitiva nos mostra que a quantidade de informações que deve ser oferecida ao aluno deve ser limitada e deve ser considerada no processo ensino-aprendizagem. Nós professores precisamos entender que não adianta sobrecarregar a memória de nossos alunos, pois, quando isto ocorre, eles não conseguem assimilar as informações nem elaborar esquemas na memória operacional que possibilitam uma aprendizagem efetiva. Isto também reforça a importância da disponibilização e divulgação do processo cognitivo humano e da teoria da carga cognitiva.

Pessoalmente, compreender a TCAM, me fez, como professora, avaliar melhor as aulas preparadas, os materiais didáticos escolhidos, me tornou uma profissional mais preocupada com as restrições cognitivas dos meus alunos. Compreendi que qualidade é muitas vezes melhor do que quantidade e que os alunos apresentam limites que devem ser respeitados, pude compreender melhor um dos aspectos da aprendizagem.

Assim, fazer parte deste programa de mestrado foi muito relevante na minha prática docente, pois, passei a enxergar a profissão de uma forma diferente. Passei a compreender melhor os alunos e a respeitar seus limites. Além disso, percebi que na sala de aula posso e devo fazer muito para modificar a realidade do ensino e que minhas contribuições podem ser enriquecedoras para o processo de ensino-aprendizagem.

Espero que os materiais de apoio aqui apresentados possam ajudar outros professores a mudarem seus pensamentos e ações sobre o uso de recursos multimídia na sala de aula como aconteceu comigo. Outro aspecto importante do

nosso trabalho foi a divulgação do conhecimento produzido na academia sobre a temática com a prática pedagógica. Isto tem sido um dos grandes desafios enfrentados na educação brasileira, e esperamos com este trabalho contribuir neste sentido. Durante o mestrado percebi ainda que fazer pesquisa em Ensino é muito gratificante, pois, o que você está estudando pode modificar a qualidade da educação, sua relação com os alunos, a formação docente, entre outros. Um sentimento de realização pessoal e profissional tomou conta de mim ao terminar de produzir as cartilhas e durante a elaboração da dissertação.

Durante este tempo no mestrado, tive a oportunidade também de produzir artigos e participar de eventos científicos relacionados a temática da minha dissertação. Entre os artigos publicados citamos: **“Estudos preliminares sobre restrições cognitivas na abordagem da glicólise em livros de bioquímica”**, (COSTA, et al. 2009,) e **“Carga cognitiva: concepções e expectativas dos professores do ensino médio e fundamental”** (COSTA, COUTINHO e CHAVES, 2010) ; Entre os artigos submetidos para publicação citamos: **“Referenciais teórico-metodológicos para a análise da relação texto-imagem do livro didático de Biologia. Um estudo com o tema embriologia”** (submetido à Revista Brasileira de ensino de Ciências e Tecnologia, 2010); **“Carga cognitiva: percepções dos professores do Ensino médio e fundamental a partir da análise de uma imagem do ciclo do nitrogênio”**, **“Detecção de aspectos que podem dificultar a aprendizagem nas imagens de fotossíntese dos livros didáticos de Biologia”** e **“A compreensão das relações causais entre os seres vivos e o ambiente. Uma análise de livros didáticos de biologia a partir da teoria de construção de nicho** (submetidos ao III ENEBIO, 2010). Além do crescimento profissional, não se pode esquecer do crescimento pessoal, durante este tempo de Mestrado, várias pessoas me mostraram uma forma diferente de ser e viver. Compreendi também que ao produzir um material, percebe-se a dificuldade existente na sua elaboração e o valor que deve lhe ser atribuído, assim, passei a respeitar mais o que foi elaborado por outras pessoas.

Finalizando, conclui-se que este mestrado contribuiu para o meu enriquecimento profissional e pessoal, me tornando uma pessoa melhor e mais interessada na minha prática docente.

REFERÊNCIAS

ALVES, Régia Esstevam; MARIANO, Zilda Fátima; CABRAL, João Batista Pereira. O uso da musica como recurso didático no ensino de geografia em escolas públicas e conveniadas do município de Jataí – GO. In: XI Eregeo – Simpósio Regional de Geografia, 2009, Goiás. **Anais do XI Eregeo**, Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2009.

BADDELEY, Alan D. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in cognitive science**, n. 4, p. 417-423, 2000.

BADDELEY, Alan. D. Working memory: looking back and looking forward. **Nature reviews – Neuroscience**, v. 4, p. 829-839, 2003.

BASTOS, Fábio Purificação; MAZZARDO, Mara Denise Investigando as potencialidades dos ambientes virtuais de ensino: Aprendizagem na Formação continuada de professores. **Novas tecnologias na educação**, v. 2, n. 2, Nov. 2004.

BRASIL, SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BRUZZO, Cristina. Biologia: Educação e Imagens. **Educação e Sociedade**, v. 25, n. 89, p. 1359-1378, set./dez. 2004.

CASSAB, Mariana; MARTINS, Isabel. A Escolha do livro didático em questão. In ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA, 2001, São Paulo. **Anais do ENPEC**, São Paulo: 2001.

CLARK, James M.; PAIVIO, Allan. Dual coding theory an education. **Educational Psychology Review**, n. 3, p. 149-210, 1991.

COSCARELLI, Carla Viana. O uso da informática como instrumento de ensino-aprendizagem. **Presença pedagógica**, v. 4, n. 20, p. 37-45, mar./abr. 1998.

COSTA, Fernando Albuquerque. Contributos para um modelo da avaliação de produtos multimédia centrado na participação de professores. In: 1º SIMPÓSIO DE

INFORMÁTICA EDUCATIVA, 1999, Lisboa. **Anais do 1º Simpósio de Informática Educativa**, Lisboa, 1999.

COSTA, Fernanda de Jesus *et al.* Estudos preliminares sobre restrições cognitivas na abordagem da glicólise em livros de bioquímica. In VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. **Anais do VII ENPEC**, Florianópolis: UFSC, 2009.

COSTA, Fernanda de Jesus; COUTINHO, Francisco Ângelo; CHAVES, Andréa Carla Leite. Carga cognitiva: concepções e expectativa dos professores do ensino médio e fundamental. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, 2010, Belo Horizonte. **Anais do XV ENDIPE**, Belo Horizonte: UFMG, 2010.

COUTINHO, Francisco Ângelo; SOARES, Adriana Gonçalves. Restrições cognitivas no livro didático de biologia: Um estudo a partir do tema “Ciclo do Nitrogênio”, 2009.

DE MARCO, Fabiana Fiorenzi. **JOGOS: um recurso metodológico para as aulas de matemática**. Texto integrante da dissertação intitulada estudos dos processos de resolução de problema mediante a construção de jogos computacionais de matemática no ensino fundamental, defendida em 2004 na Faculdade de Educação da UNICAMP.

DeSTEFANO, Diana; LeFVRE, Jo-Anne. Cognitive load in hypertext reading: a review. **Computers in human behavior**, v. 23, p. 1616-1641, 2007.

DIAS, Rosanne Evangelista; LOPES, Alice Casimiro. Competências na formação de professores no Brasil: o que (não) há de novo. **Educação e Sociedade**, v. 24, n. 85, 2003.

ESTRELA, M. T.; MADUREIRA, I.; LEITE, T. Processos de identificação de necessidades: uma reflexão. **Revista de Educação**, v. 8, n. 1, p. 29-47, 1999.

FIORENTINI, Dário; MIORIM, Maria Ângela. Uma reflexão sobre o uso da materiais concretos e jogos no Ensino de matemática. **Boletim SBEM –SP**, v. 4, n.7, 1996.

FONSECA, Luciana Mara Monti. *et al.* Cartilha educativa para orientação materna sobre os cuidados com o bebê prematuro. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 1, fev. 2004.

FONSECA, Luciana Mara Monti. *et al.* Cartilha educativa on line sobre os cuidados com o bebê pré-termo: aceitação dos usuários. **Cien. Cuid. Saude**. v. 6, n. 2, p.238-244, 2007.

FRACALANZA, Hilário. A prática do professor e o ensino das ciências. **Ensino em Re-vista**, v. 10, n. 1, p. 93-104, 2002.

FREITAS, Helena Costa Lopes de. Formação de professores no Brasil: 10 anos de embate entre projetos de formação. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 80, p. 136-167, 2002.

FRIEL; Susan N.; CURCIO, Frances R.; BRIGHT, George W. Making sense of graphs: critical factors influencing comprehension and instructional implications. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 32, n. 2, p. 124-158, 2001.

GABRINI, Wanderlei Sebastião; DINIZ, Renato Eugênio da Silva. Os professores de química e o uso do computador em sala de aula: discussão em um processo de formação continuada. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 343-358, 2009.

GATTI, Bernardete A. Formação continuada de professores: a questão psicossocial. **Cadernos de Pesquisa**, v.119, 2003.

GEWANDSZNAJDER, Fernando; LINHARES, Sérgio. **Biologia Hoje**. São Paulo, Editora Ática, 2003.

HARP, S. F.; MAYER, Richard E. How seductive details do their damage: a theory of cognitive interest in science learning. **Journal of Educational Psychology**, n. 90, p. 414-434, 1998.

KATCHE, Cynthia *et al.* Delayed wave of c-Fos expression in the dorsal hippocampus involved specifically in persistence of long-term memory storage. **Neuroscience**, p.1-6, 2009.

KONRATH, Mary Lúcia Pedroso; FALKEMBACH, Gilse Antoninha Morgental; TAROUCO, Liane Margarida Rockenback. Utilização de jogos na sala de aula: aprendendo através de atividades digitais. **Novas tecnologias na Educação**, v. 3, n. 1, Maio 2005.

LIMA, Ivan Shirahama Loureiro. *et al.* Criando interfaces para objetos de aprendizagem. In: **Objetos de aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico**, Brasília, 2007.

LEITE, Maria Salete S. C. Pinheiro; ALMEIDA, Maria José B. Marques. Compreensão de termos científicos no discurso da ciência. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 23, n. 4, Dec. 2001.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios**. Conceitos fundamentais de neurociência. São Paulo, Editora Atheneu, 2001.

LOW, R. e SWELLER, J. The modality principle in multimedia learning. In: **Mayer, R. E., 2005a**, p. 1478-158.

MAGALHÃES, Luciane Manera. Modelos de educação continuada: os diferentes sentidos da formação reflexiva do professor. In: KLEIMAN, A. B. **A formação do professor: perspectivas da lingüística Aplicada**. Campinas: Mercado de Letras, 2001. Cap. 11, p.239-259.

MALDANER, Otávio Aloisio. Princípios e práticas de formação de professores para a educação básica. In: SOUZA, J. V. A. **Formação de professores para a educação básica: dez anos da LDB**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007. p. 211-233.

MARTINS, Isabel; NASCIMENTO, Tatiana Galieta; ABREU, Teo Bueno de. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 1, p. 95-111, 2004.

MARTINS, Isabel. *et al.* Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, n. 57, p. 38-40, 2005.

MARTINS, Isabel. Analisando livros didáticos na perspectiva dos estudos do discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Pró-posições**, v. 17, n. 1(49), p.117-136, jan./abr. 2006.

MAUTONE, Patricia D.; MAYER, Richard E. Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. **Journal of Educational Psychology**, n. 93, p. 377-389, 2001.

MAYER, Richard E. Systematic thinking fostered by illustration in scientific text. **Journal of Educational Psychology**, n. 81, p. 240-246, 1989.

MAYER, Richard E. Multimedia learning: are we asking the right questions? **Educational Psychologist**, v. 32, p. 1-19, 1997.

MAYER, Richard E. Multimedia aids to problem-solving transfer. **International Journal of Education Research**, v.31, p. 611-623, 1999.

MAYER, Richard E. **Multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

MAYER, Richard E. *et al.* Fostering understanding in multimedia messages through pre-training: Evidence for a two-stage theory of mental model construction. **Journal of Experimental Psychology**, n. 8, p. 147-154, 2002.

MAYER, Richard E. The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. **Learning and Instruction**. v. 13, p. 125-139, 2003.

MAYER, Richard E.(Org.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, 2005a.

MAYER, Richard E. Introduction to multimedia learning. 2005b. In: MAYER, R. E., 2005a, pp. 1-16.

MAYER, Richard E. Principles for managing essential processing in multimedia learning: segmenting, pretraining, and modality principles, 2005c. In: MAYER, R. E., 2005a, pp. 169-182.

MILL, Daniel. Sobre a formação de professores no Brasil contemporâneo: pensando a LDB e a EaD como pontos de partida. In: SOUZA, J. V. A. **Formação de professores para a educação básica: dez anos da LDB**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007. p.265-284.

MILLER, George A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychol. Rev.** v. 63, p. 81-97, 1956.

MÓL, Ana Maria Martins de Carvalho. A práxis educativa na rede de saberes. In: OLIVEIRA, C. M. K. M. **Rede de saberes: diferentes práticas e novos Saberes na formação docente**. Belo Horizonte: New Hampton Press Ltda, 2006. p. 23-32.

MORÁN, José Manuel. O vídeo na sala de aula. **Comunicação e educação**, v. 2, p. 27-35, jan./abr. 1995.

MOREIRA, Adelson Fernandes; BORGES, Oto. Ambiente de aprendizagem de física mediado por animações. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 1, p. 29-50, 2007.

MORENO, Roxana; MAYER, Richard E. Cognitive principles of multimedia learning: the role of modality and contiguity. **Journal of Educational Psychology**, n. 92, p. 724-733, 1999.

MORENO, Roxana; MAYER, Richard. Interactive multimodal learning environments. **Educ. Psychol. Rev.**, v. 19, p. 309-326, 2007.

OVIGLI, Daniel Fernando Bovolenta; BERTUCCI, Monike Cristina Silva. A formação para o ensino de ciências naturais nos currículos de pedagogia das instituições públicas de ensino superior paulistas. **Ciências e Cognição**, v. 14, n. 2, p. 194-209, 2009.

PAIVIO, Allan. **Mental representations: A dual coding approach**. Oxford, Oxford University Press, 1986.

PASS, Fred; RENKL, Alexander; SWELLER, Jonh. Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. **Educational Psychologist**. v. 38, n. 1, p. 1-4, 2003.

PASS, Fred. *et al.*, Cognitive load measured as a means to advance cognitive load theory. **Educational Psychologist**, v. 38, p. 63-71, 2003.

PEREIRA, Júlio Emílio Diniz. **Formação de professores: pesquisas, representações e poder**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2006. 168p.

PETERSON, Lloyd R. & PETERSON, Margaret Jean. Short-term retention of individual verbal items. **Journal Exp. Psychol.** v. 58, p. 193-198, 1959.

PICCINI, Cláudia; MARTINS, Isabel. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. **Ensaio: pesquisa em ensino de Ciências**, v. 6, n.1, p. 1-14, 2004.

POZZER-ANRDENGHI, L. and ROTH, W. M. Potographs in lectures: gestures as meaning-making resources. **Linguistics and Education**, n. 15, p. 275-293, 2005.

SANTOS, Leila Maria Araújo; TAROUCO, Liane Margarida Rockenback. A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. **Novas Tecnologias na Educação**. CINTED, v.5, n.1, 2007.

SILVA, Simone Bueno Borges da. Os parâmetros curriculares nacionais e a formação do professor: Quais as contribuições possíveis? In: KLEIMAN, A. B. **A formação do professor: perspectivas da lingüística Aplicada**. Campinas: Mercado de Letras, 2001. Cap. 4, p. 95-114.

SCHNOTZ, Wolfgang & LOWE, Richard K. External and internal representations in multimedia learning. **Learning and Instruction**, v. 13, p. 117-123, 2003.

SOUZA, Gilberto Morel de Paula e. **A informática como recurso didático para aprendizagem de física no Ensino Médio**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.

STAHL, Marimar M. Formação de professores para uso das novas tecnologias de comunicação e informação. In: CANDAU, V. M., **Magistério: Construção Cotidiana**, Petrópolis, Vozes, 1997.

SWELLER, John. **Cognitive Load Theory**: A Special Issue of educational Psychologist LEA, Inc, 2003.

SWELLER, John. Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In: **Mayer, R. E., 2005a**, pp. 19-30

TAROUCO, Liane Margarida Rockenback *et al.* Jogos educacionais. **Novas tecnologias na Educação**, v. 2, n. 1, março 2004.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenback *et al.*, Formação de professores para produção e uso de objetos de aprendizagem. **Novas Tecnologias na Educação**, CINTED, v.4, n. 1, jul. 2006.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenback *et al.*, Multimídia Interativa: princípios e ferramentas. **Novas Tecnologias na Educação**, CINTED, v. 7, n. 1, jul. 2009.

VAN MERRIENBOJER, Jeroen J. G.; SWELLER, John. Cognitive load and complex learning: Recent developments and future directions. **Educational Psychology Review**. v. 17, n. 2, p.147-177, june 2005.

XAVIER, Márcia Cristina Fernandes; FREIRE, Alexandre de Sá; MORAES, Milton Ozório. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 3, p.275-289, 2006.

YUAN, Kun et al. Working memory, fluid intelligence, and science learning. **Educational Research Review**, v. 1, p. 83-98, 2006.

APÊNDICE A – Questionário sobre as concepções dos professores sobre a teoria da carga cognitiva

Prezado(a) professor(a), as respostas a este questionário serão utilizadas em uma pesquisa na área de Ensino de Ciências/Biologia. No sentido de garantir o anonimato das informações, não solicitamos sua identificação. **Agradecemos desde já a sua colaboração.**

QUESTIONÁRIO:

Tempo de docência: _____

Formação: _____

Disciplina que leciona: _____

1. Você utiliza recursos multimídia – textos, audio e imagens – na sua prática docente?

() Não. () Sim.

Em caso afirmativo, qual dos recursos abaixo você utiliza com maior frequência em suas aulas?

() Imagens (fotos, figuras, etc.);

() Animações;

() Tabelas;

() Apresentações de Powerpoint;

() Gráficos;

() Vídeos;

() Outros: Quais: _____

2. Considerando o processo cognitivo humano, ou seja, a maneira como os alunos percebem, processam, codificam, estocam, recuperam e utilizam as informações, com quais aspectos você se preocupa ao preparar o material didático que será utilizado em sala de aula?

3. Observe a figura em anexo e responda:

3.1. Você acredita que ela permite uma boa compreensão por parte dos alunos?

() Não. () Sim.

3.2. Quais os aspectos desta figura podem dificultar a aprendizagem dos alunos?

4– Você já ouviu falar sobre a Teoria da Sobrecarga Cognitiva?

() Não. () Sim.

Em caso afirmativo: ONDE: _____ QUANDO: _____

5 – Durante a sua formação você teve contato com este tema?

() Não. () Sim.

6 – Você já leu alguma coisa sobre a importância da teoria da sobrecarga cognitiva na aprendizagem?

() Não. () Sim.

Em caso afirmativo: ONDE: _____ QUANDO: _____

7 – Você tem interesse de obter informações sobre a teoria da sobrecarga cognitiva?

() Não. () Sim.

Em caso afirmativo, cite algum aspecto que te interessa mais diretamente:

8 – Você tem facilidade para ler textos em inglês?

() Não. () Sim.

APÊNDICE B – Termo de Consentimento livre e informado e Termo de Consentimento livre e esclarecido

Consentimento livre e informado

Belo Horizonte (MG), ____ de Agosto de 2009.

Consentimento Livre e Informado:

À Direção da Escola _____

Venho por meio deste, solicitar permissão da direção desta escola, para o desenvolvimento da pesquisa com professores desta instituição, referente ao projeto de pesquisa **“O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva: Elaboração de um material de apoio ao professor”** que tem como objetivo geral: elaborar um material de apoio para os professores sobre a teoria da sobrecarga cognitiva da aprendizagem. Para isto, é fundamental investigar as representações dos professores sobre o tema e sua importância na sua prática docente. Esta pesquisa servirá como base para minha dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MINAS). Asseguro que os dados são confidenciais, os nomes dos professores e da instituição não serão utilizados em nenhum momento, garantido sua privacidade e anonimato. Este é um procedimento necessário em pesquisa.

Agradeço sua colaboração,

Fernanda Costa

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

“O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva: Elaboração de um material de apoio ao professor”

INTRODUÇÃO:

O(a) Senhor(a) está sendo convidado a participar voluntariamente de uma pesquisa, que envolverá os professores da cidade de Belo Horizonte - MG, a direção da escola está ciente da pesquisa.

Antes de obter o seu conhecimento é importante que todas as informações a seguir sejam lidas com atenção e que todas as dúvidas sejam esclarecidas.

OBJETIVO DA PESQUISA:

O projeto de pesquisa **“O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva: Elaboração de um material de apoio ao professor”** é de autoridade da mestrande Fernanda de Jesus Costa e tem como objetivo geral: elaborar um material de apoio para os professores sobre a teoria da sobrecarga cognitiva. Para isto é fundamental investigar o conhecimento prévio dos professores sobre o tema e sua importância na sua prática docente.

O estudo consistirá na coleta de dados que será feita através de uma apresentação do material produzido pela mestrande e avaliado pelos professores através do questionário. Duração: 40 minutos

CONFIDENCIALIDADE:

Será garantido sigilo absoluto das informações, assim como a privacidade e anonimato do participante.

Os dados analisáveis estarão acessíveis a você e serão divulgados para fins científicos após o seu consentimento.

Você não terá despesas e nem remuneração decorrente de sua participação na pesquisa.

RISCOS e DESCONFORTOS:

A participação na pesquisa não incorrerá em risco ou prejuízos de qualquer natureza.

BENEFÍCIOS:

As informações coletadas nesta pesquisa irão contribuir para o seu aperfeiçoamento profissional.

CONTATO PARA MAIS INFORMAÇÕES RELACIONADOS À PESQUISA:

Caso o(a) senhor(a) queira esclarecer alguma dúvida sobre a pesquisa, a favor entrar em contato com: Nome: Fernanda Costa Fones: (31)9225-6069 ou (31) 3384-6063. email:fernandinhajc@yahoo.com.br

Eu, _____, após ter lido e compreendido as informações sobre a presente pesquisa, concordo que os dados colhidos sobre mim através de questionário, sejam utilizados no estudo sobre **“O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva: Elaboração de um material de apoio ao professor”**

Autorizo a utilização dos dados respondidos no questionário para realização do estudo. Tenho conhecimento do seu caráter científico, sendo minha participação estritamente voluntária.

Estou ciente de que as informações serão tratadas de forma anônima, caso assim o desejo, não sofrerei nenhum tipo de sanção ou prejuízo, caso me recuse a participar, ou me decida, a qualquer momento, a desistir da minha participação.

Assinatura do professor

Apêndice C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

“O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva: Elaboração de material de apoio para o professor”

INTRODUÇÃO:

O(a) Senhor(a) está sendo convidado a participar voluntariamente de uma pesquisa, que envolverá os professores do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, área Biologia.

Antes de obter o seu conhecimento é importante que todas as informações a seguir sejam lidas com atenção e que todas as dúvidas sejam esclarecidas.

OBJETIVO DA PESQUISA:

O projeto de pesquisa **“O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva: Elaboração de material de apoio para o professor”** é de autoridade da mestrandia Fernanda de Jesus Costa e tem como objetivo geral: elaborar um material de apoio para os professores sobre a teoria da sobrecarga cognitiva. Para isto é fundamental investigar o conhecimento prévio dos professores sobre o tema e sua importância na sua prática docente.

O estudo consistirá na coleta de dados que será feita através de uma apresentação do material produzido pela mestrandia e avaliado pelos professores através do questionário. Duração: 40 minutos

CONFIDENCIALIDADE:

Será garantido sigilo absoluto das informações, assim como a privacidade e anonimato do participante.

Os dados analisáveis estarão acessíveis a você e serão divulgados para fins científicos após o seu consentimento.

Você não terá despesas e nem remuneração decorrente de sua participação na pesquisa.

RISCOS e DESCONFORTOS:

A participação na pesquisa não incorrerá em risco ou prejuízos de qualquer natureza.

BENEFÍCIOS:

As informações coletadas nesta pesquisa irão contribuir para o seu aperfeiçoamento profissional.

CONTATO PARA MAIS INFORMAÇÕES RELACIONADOS À PESQUISA:

Caso o(a) senhor(a) queira esclarecer alguma dúvida sobre a pesquisa, a favor entrar em contato com: Nome: Fernanda Costa Fones: (31)9225-6069 ou (31) 3384-6063. email:fernandinhajc@yahoo.com.br

Eu, _____, após ter lido e compreendido as informações sobre a presente pesquisa, concordo que os dados colhidos sobre mim através de questionário, sejam utilizados na avaliação das cartilhas referente ao estudo sobre **“O uso de imagens e palavras com base na teoria da carga cognitiva: Elaboração de material de apoio para o professor”**

Autorizo a utilização dos dados respondidos no questionário para realização do estudo. Tenho conhecimento do seu caráter científico, sendo minha participação estritamente voluntária.

Estou ciente de que as informações serão tratadas de forma anônima, caso assim o desejo, não sofrerei nenhum tipo de sanção ou prejuízo, caso me recuse a participar, ou me decida, a qualquer momento, a desistir da minha participação.

Assinatura do professor

APÊNDICE D – Questionário aplicado aos professores para avaliação das cartilhas

QUESTIONÁRIO I - AVALIAÇÃO DA CARTILHA IMPRESSA

1. ASSINALE O CONCEITO QUE VOCÊ DARIA AO MATERIAL:

RUIM

MÉDIO

BOM

ÓTIMO

2. VOCÊ ACHA IMPORTANTE ESTE TIPO DE MATERIAL PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES?

SIM

NÃO

3. RELACIONE OS ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO MATERIAL APRESENTADO:

POSITIVOS: _____

NEGATIVOS: _____

4. RELACIONE MODIFICAÇÕES QUE PODERIAM SER FEITAS NO MATERIAL APRESENTADO, A FIM DE TORNÁ-LO MAIS ADEQUADO AO SEU JEITO DE TRABALHAR.

QUESTIONÁRIO II - AVALIAÇÃO DA CARTILHA ELETRÔNICA

- 1 - ASSINALE O CONCEITO QUE VOCÊ DARIA AO MATERIAL:

RUIM

MÉDIO

BOM

ÓTIMO

- 2 - VOCÊ ACHA IMPORTANTE ESTE TIPO DE MATERIAL PARA A PREPARAÇÃO DE PROFESSORES?

SIM

NÃO

- 3 - RELACIONE OS ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO MATERIAL APRESENTADO:

POSITIVOS: _____

NEGATIVOS: _____

- 4 - RELACIONE MODIFICAÇÕES QUE PODERIAM SER FEITAS NO MATERIAL APRESENTADO, A FIM DE TORNÁ-LO MAIS ADEQUADO AO SEU JEITO DE TRABALHAR.
