

## TEORIA DA CARGA COGNITIVA: APROXIMAÇÃO DE IDEIAS E CONCEITOS

ANDRESSA FALCADE

ILSE ABEGG

LAÍS FALCADE

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul,  
Brasil

---

**RESUMO:** O objetivo deste estudo é problematizar a aproximação de ideias e conceitos fornecidos pela Teoria da Carga Cognitiva, Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, as Heurísticas de Usabilidade de Interfaces e o estudo sobre aprendizado eletrônico. Para isso, descreve-se as principais características e realiza-se a convergência de princípios e diretrizes para a minimização da carga cognitiva na educação on-line. Esta pesquisa utilizou-se de estudo bibliográfico e identificou, nas obras escolhidas, 16 princípios para minimização do esforço mental do estudante, tanto na apresentação de conteúdos como na interação com o ambiente eletrônico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teoria da carga cognitiva. Teoria cognitiva da aprendizagem multimídia. Usabilidade de interfaces. Aprendizado eletrônico.

---

### INTRODUÇÃO

A realidade atual tem promovido uma maior disseminação da educação on-line para estudantes de diferentes níveis de ensino. Essa disseminação precisa ser pensada com cuidado, principalmente no que se refere ao esforço mental envolvido. Esse esforço é tratado por Sweller, Merrienboer e Paas (1998) como Carga Cognitiva, que é o resultado da dificuldade própria do conteúdo somada à forma como este conteúdo é apresentado ao estudante. Quanto maior a carga cognitiva imposta, maior a dificuldade na construção do saber.

A responsabilidade pela aquisição dos conhecimentos é da arquitetura cognitiva humana que, segundo Kirschner (2002), constitui-se das memórias sensorial, de trabalho e de longo prazo. A memória sensorial é responsável pela captação das informações do ambiente através dos sentidos e tem aproximadamente dois segundos de duração máxima. Quando o cérebro dá atenção a essa informação, ela é transportada para a memória de trabalho, onde será processada.

Para Miller (1955), a memória de trabalho pode reter até sete elementos de informação, que são armazenados enquanto forem foco no pensamento. O conceito de

“elemento de informação” foi definido por Ferraz (2007) como qualquer dado armazenado na memória, desde uma simples letra ou mesmo um bloco de informação construído através da interação de dados menores. Quando o processo de aprendizagem requer o relacionamento de mais de um elemento novo de informação na memória de trabalho, há uma sobrecarga cognitiva que dificulta a construção da aprendizagem.

A aquisição do conhecimento ocorre quando a informação processada na memória de trabalho é guardada na memória de longo prazo, que tem espaço ilimitado, contudo não realiza modificações no seu conteúdo. Quando o estudante resgata um bloco de informações relacionadas da memória de longo prazo para processamento na memória de trabalho, o mesmo é tratado como um único elemento de informação. Quanto maior o bloco, mais conteúdo pode ser processado simultaneamente na memória de trabalho.

A partir do conhecimento sobre a constituição da arquitetura cognitiva humana foram realizados diversos estudos e, destes, resultaram duas teorias principais: a Teoria da Carga Cognitiva – TCC (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998) e a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia – TCAM (MAYER, 2002) que tratam, mais efetivamente, da influência do esforço mental na aprendizagem de estudantes. Mais recentemente, Filatro (2008) realizou um estudo para aproximar os conceitos explorados na TCAM com as Heurísticas de Usabilidade de Interfaces (NIELSEN, 1994) a fim de apontar princípios para o aprendizado eletrônico.

Pensando no que foi exposto até o momento, este trabalho busca a aproximação de ideias e conceitos dos estudos citados acima, descrevendo as suas características e realizando a convergência de princípios e diretrizes para a minimização da carga cognitiva na educação on-line. A fim de alcançar o objetivo proposto, o restante do artigo foi dividido em 4 seções. Na primeira seção são descritas as características das teorias que farão parte desta pesquisa. Na segunda seção o método utilizado é descrito, enquanto que a terceira apresenta a análise dos dados obtidos. Na quarta seção são apresentados os resultados e, por fim, são expostas as considerações finais.

#### REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão descritas as características da TCC, proposta por Sweller, Merrienboer e Paas (1998); da TCAM, de Mayer (2002); das Heurísticas de Usabilidade de Interfaces, de Nielsen (1994) e do estudo sobre aprendizado eletrônico da Filatro (2008), apontando os princípios e diretrizes destacados pelos autores para a minimização da carga cognitiva.

#### TEORIA DA CARGA COGNITIVA

Ao compreender a arquitetura cognitiva humana, Sweller e Chandler (1994) estudaram o processo de construção da aprendizagem na memória e dividiram o

esforço mental em duas vertentes: a carga cognitiva intrínseca e a carga cognitiva extrínseca.

A primeira refere-se à dificuldade que é própria de um conhecimento, oriunda da quantidade de elementos de informação que precisam interagir ao mesmo tempo para que o estudante aprenda (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998). Já a carga cognitiva extrínseca é ocasionada pela forma como o conhecimento é exposto ao estudante, sendo dividida em relevante e irrelevante. Quando o percurso pedagógico oferece caminhos mais adequados à compreensão do conteúdo, a carga gerada é considerada relevante, porém, quando o mesmo não tem esse cuidado, ocasiona-se a carga cognitiva irrelevante, ou seja, o estudante terá um esforço mental desnecessário na aquisição do conhecimento.

A partir de alguns experimentos, Clark, Nguyen e Sweller (2006) elencaram 29 (vinte e nove) diretrizes para minimização da carga cognitiva, algumas delas complementares em suas descrições. A fim de facilitar a aproximação dos conceitos dentro deste artigo, elas foram agrupadas em 9 (nove) categorias. A primeira categoria sugere a utilização de diagramas e/ou imagens para representação espacial de conteúdo, uma vez que essa disponibilização inibe a sobrecarga da memória de trabalho na imaginação dessa representação. A segunda categoria indica a integração audiovisual entre diagramas e explicações, ou seja, usar narração para explicar imagens. Essa indicação tomou por base o estudo de Baddeley (1992), que dividiu a memória de trabalho em dois canais (visual e auditivo), afirmando que o uso de elementos que englobam os dois canais ao invés de apenas um pode maximizar a capacidade da memória de trabalho.

Já a terceira categoria representa o efeito da atenção dividida e sugere aproximar a explicação textual do diagrama ao qual se refere, uma vez que a distância exige o armazenamento de um ou outro na memória de trabalho para posterior integração e processamento, gerando esforço mental desnecessário. A quarta categoria trata da facilidade de compreensão do conteúdo e da retirada de elementos que causam distrações à aprendizagem, enquanto a quinta categoria sugere a oferta de materiais de apoio para interações síncronas expositivas para acesso posterior.

Na sexta categoria o particionamento da aprendizagem de conteúdos complexos é indicado para minimizar a carga cognitiva intrínseca. A sétima categoria sugere a utilização de exemplos resolvidos como complementação da explicação de conteúdos com resolução de exercícios práticos (matemática, física etc.). Além disso, propõe a variação de contexto dos exercícios para fomentar a capacidade de transpor a resolução de um problema para outro, adaptando soluções possíveis para situações diferentes.

A oitava categoria recomenda a integração de novos elementos de informação com conhecimentos já armazenados na memória de longo prazo como forma de ampliar a capacidade da memória de trabalho. Na nona categoria, a TCC destaca a importância dos conhecimentos prévios dos estudantes para a aprendizagem, uma vez que permite a relação de conhecimentos novos com os saberes já adquiridos, facilitando a geração de blocos de informação mais completos e significativos.

#### TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM)

A ideia principal da TCAM está no aproveitamento do canal duplo (visão e audição) para a minimização do esforço mental. Segundo Baddeley (1992), a construção de modelos verbais (narração) e modelos visuais (imagens) permite que a memória de trabalho seja explorada em sua completude. Em outras palavras, o estudante consegue

processar mais informações simultâneas quando elas são disponibilizadas em diferentes modelos. Partindo desse pressuposto, Mayer (2002) propôs nove princípios para a aprendizagem multimídia.

O primeiro princípio, denominado multimídia, baseia-se exclusivamente no uso do canal duplo e indica a importância de se utilizar tanto materiais narrados como materiais visuais na apresentação de novos conhecimentos. O segundo princípio refere-se à proximidade espacial e reflete sobre a localização de textos e imagens que se complementam. Para Filatro (2008, p. 74), “os alunos aprendem mais ou melhor [...] quando os textos estão posicionados próximo às imagens a que se referem, poupando aos escassos recursos cognitivos a tarefa de reuni-los”.

Muito parecido com o princípio da proximidade espacial, a proximidade temporal, terceiro princípio de Mayer (2002), relaciona-se ao intervalo de tempo entre uma apresentação visual e outra auditiva do mesmo conhecimento, envolvendo a utilização de narrações e animações. O quarto princípio trata da coerência, enfatizando a importância do cuidado com o uso de elementos não essenciais à aprendizagem, uma vez que elementos como textos, sons e imagens não relevantes promovem a distração do estudante ao mesmo tempo em que sobrecarregam a memória de trabalho (FILATRO, 2008).

O quinto princípio é o da modalidade, que destaca a forma como as informações verbais são apresentadas aos estudantes, quando utilizadas em conjunto com arquivos multimídia. Segundo Mayer (2002), uma animação combinada com uma narração é mais eficiente para a aprendizagem do que a combinação de animação e texto escrito, pois, no segundo caso, ambos utilizam do canal visual para sua apropriação.

O sexto princípio fala da redundância na apresentação de conteúdos em diferentes formatos, que torna o processo de aprendizagem menos eficiente do que a apresentação de apenas um tipo de recurso (MAYER, 2002). Esse princípio possui controvérsias: na aprendizagem on-line, realizada com o intermédio de ambientes virtuais, a disponibilização de mais de um recurso com o mesmo conteúdo é uma prática comum, principalmente quando são abordados aspectos relacionados a estilos cognitivos (FALCADE, 2015). Assim, a redundância relacionada à carga cognitiva deve ser observada na apresentação do mesmo conteúdo em um mesmo tipo de material, por exemplo, dois textos ou dois vídeos que possuem a mesma explicação. No entanto, podem ser utilizados recursos de linguagens diferentes nessa duplicidade de apresentação, permitindo ao estudante escolher o recurso de sua preferência.

O sétimo princípio diz respeito à pré- formação do estudante para o acompanhamento de narrações ou animações. Segundo Mayer (2002), pode ser útil aos estudantes uma experiência anterior com os principais componentes que serão mencionados na narração de forma que, quando o componente for citado na fala, o estudante possa associá-lo a um conhecimento já adquirido. O princípio da pré- formação é complementado pelo oitavo princípio, que fala da sinalização visual, pois indica a sequência da explicação narrada em uma simulação ou animação.

O nono e último princípio é o da personalização, que busca transmitir a ideia de conversa nos elementos verbais, ou seja, quando você lê um texto ou ouve uma narração, você tende a sentir o tom de conversa na explicação.

## USABILIDADE DE INTERFACES E APRENDIZADO ELETRÔNICO

O termo usabilidade foi adicionado à norma NBR ISO/IEC nº 9126 de 2003, que apresenta características de qualidade de software, definindo-o como a “capacidade do produto de software de ser compreendido, aprendido, operado e atrativo ao usuário, quando usado sob condições especificadas” (ABNT, 2003, p. 9). Segundo Netto (2004, p. 71), usabilidade “refere-se à qualidade da interação usuário-computador proporcionada pela interface de um sistema de computação” e é estudada por designers em conjunto com as características de ergonomia de software e fatores humanos relevantes, a fim de produzir interfaces adequadas aos usuários finais dos sistemas computacionais. Ao pensar nisso, Nielsen (1994) elencou dez heurísticas que informam as características mais relevantes para a usabilidade de interfaces. A primeira heurística proposta pelo autor orienta sobre a visibilidade da interface, enfatizando que “o sistema sempre deve manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, por meio de *feedback* apropriado dentro de um prazo razoável” (NIELSEN, 1994, p. 1). Guedes (2008, p. 131) afirma que a visibilidade “diz respeito aos meios disponíveis para informar, orientar e conduzir o usuário durante a interação”. Para ele, a boa condução através da visibilidade promove o aprendizado e o uso de sistemas computacionais, favorecendo o desempenho e a minimização de erros do usuário.

A segunda heurística fala da compatibilidade com o mundo real e refere-se à forma de linguagem utilizada na interface que, quanto mais próxima for da realidade do usuário, mais fácil será a interação (FILATRO, 2008). Nielsen (1994, p. 1) aconselha que “o sistema deve falar o idioma do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário, em vez de termos orientados ao sistema”. A terceira heurística refere-se ao controle e liberdade do usuário e remete à possibilidade de movimentação pelo sistema de acordo com a sua necessidade, de modo que ele não seja obrigado a permanecer em ambientes que não lhe sejam interessantes em determinado momento. Nielsen (1994, p. 1), quando definiu esta heurística, relatou que “os usuários geralmente escolhem as funções do sistema por engano e precisam de uma ‘saída de emergência’ claramente marcada para deixar o estado indesejado sem ter que passar por um diálogo prolongado”.

A quarta heurística de usabilidade é a consistência. Para Preece, Rogers e Sharp (2005), a consistência refere-se à semelhança com que as informações são apresentadas de uma interface para outra, a partir da localização e aparência de objetos. Para Nielsen (1994, p. 1), “os usuários não devem ter que se perguntar se palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa”. Para Guedes (2008, p. 182), a não regularidade dos objetos pode levar “à recusa na adoção de determinados ambientes” como também aumentar consideravelmente o tempo de busca por elementos na interface.

Relacionado à consistência está a quinta heurística: reconhecimento ao invés de memorização. Segundo Filatro (2008, p. 102), “o usuário não deve ter que lembrar de informações ao passar de uma parte do software para outra”, ou seja, o usuário deve

reconhecer a interface através da sua experiência com outros ambientes semelhantes e pela visualização de instruções que devem estar disponíveis na tela. Nielsen (1994) afirma que tornar os objetos, ações e opções visíveis aos usuários minimiza a carga de memória no uso de uma interface.

As sexta e sétima heurísticas de usabilidade falam, respectivamente, do tratamento de erros e da prevenção de erros, sugerindo a minimização da ocorrência destes pelo usuário em decorrência de uma interface mal projetada. Guedes (2008) indica como alternativas o fornecimento de mecanismos automáticos para a entrada de dados, bem como a comunicação do tipo de informação que deve ser digitada. O autor comenta também sobre a ineficiência de algumas mensagens de erro e afirma que elas precisam ser simples e descritivas com relação à natureza do problema. Nielsen (1994, p. 1) afirmou que boas mensagens são importantes, contudo a prevenção dos erros é a melhor solução.

A oitava heurística de usabilidade é a flexibilidade e eficiência de uso e remetem às diferentes ações permitidas para realizar as mesmas tarefas dentro de uma interface (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005). Segundo Nielsen (1994, p. 1). Essa heurística indica a utilização de atalhos “invisíveis para o usuário iniciante [...] que aceleram a interação do usuário experiente, de modo que o sistema possa atender a usuários inexperientes e experientes”. A nona e penúltima heurística de usabilidade traz a ideia de estética e design minimalista, ou seja, sugere que seja evitado “o uso de informações irrelevantes ou raramente necessárias” (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005, p. 49). De acordo com Nielsen (1994, p. 1), “toda unidade extra de informação compete com unidades relevantes e diminui sua visibilidade relativa”. Já a décima e última heurística de usabilidade fala da necessidade de apresentar ajuda e documentação para auxiliar os estudantes no uso da interface, sendo este auxílio disponibilizado preferencialmente online. Para Nielsen (1994), o melhor seria o uso do sistema sem o auxílio de documentação, mas a documentação existente deve ser fácil de pesquisar e focada na tarefa do usuário.

A partir das heurísticas supracitadas e dos princípios da TCAM, Filatro (2008) apontou a existência de dez diretrizes que podem minimizar a carga cognitiva no aprendizado dentro de ambientes eletrônicos. As primeiras três estão diretamente relacionadas à TCC e à TCAM, quando descrevem o uso do duplo canal na apresentação de conteúdos, bem como na aproximação espacial e temporal de elementos visuais e auditivos. A quarta diretriz sugere a oferta de apoio navegacional apropriado através da disponibilização, de forma acessível, de todas as informações necessárias à utilização do curso e às possíveis ações e escolhas permitidas aos estudantes. A autora aponta seis elementos que podem facilitar a navegação dentro do curso, sendo eles: a) Mapa do curso; b) Caminho percorrido; c) Elementos posicionais; d) Caixas de texto com informações adicionais; e e) Nomes descritivos para *links*.

A quinta diretriz fala da coerência e remete à regularidade da apresentação das informações na tela. Pensando especificamente no espaço virtual do aprendizado eletrônico, Filatro (2008) cita três elementos que necessitam dessa regularização: a) Design de *links*, que devem sugerir de imediato a ideia de ir para outro lugar; b) Estrutura do design, em que os elementos de navegação devem manter a mesma

localização; e c) A terminologia utilizada, que deve manter o mesmo significado. A sexta diretriz apontada por Filatro (2008) relaciona-se ao apoio da interatividade dentro do curso, podendo ocorrer através de *links* que aprofundam o conteúdo principal e servem como subdivisão de textos extensos. Ao pensar nos *links*, a autora aponta a sétima diretriz e destaca a importância da organização deles em menus, posicionando-os de modo a minimizar os passos dos usuários na navegação.

A sétima diretriz se relaciona à acessibilidade da linguagem do curso. Para Filatro (2008, p. 104), “o ambiente de aprendizagem deve conter palavras e frases que os alunos possam compreender imediatamente”. Já a oitava diretriz remete à importância de oferecer auxílio ao estudante dentro do ambiente, a fim de promover maior facilidade de navegação e utilização do mesmo. Segundo Filatro (2008), a documentação de ajuda deve apresentar um passo a passo para a resolução dos problemas encontrados.

A nona e última diretriz discute a necessidade de um design de tela que garanta ao usuário maior facilidade de compreensão do conteúdo e do ambiente. Nessa diretriz, a autora destaca que a informação mais importante deve aparecer primeiro, podendo utilizar elementos de marcação textual como “molduras, espaços em branco, negrito, cores, marcadores, numeração e estilos de fonte” (FILATRO, 2008, p. 105).

## MÉTODO DA PESQUISA

Não são recentes os estudos sobre Carga Cognitiva voltados para a aprendizagem. Uma prova disso são as teorias TCC e TCAM, que remontam ao final da década de 1990 e início dos anos 2000, respectivamente. Apesar disso, a temática tem se tornado foco em trabalhos científicos que buscam atender às demandas oriundas da atualização das modalidades educativas. Nesse contexto, esta pesquisa buscou problematizar a aproximação de ideias sobre a Carga Cognitiva, convergindo aspectos das Teorias da Carga Cognitiva (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998) e da Aprendizagem Multimídia (MAYER, 2002) às Heurísticas de Usabilidade de Interfaces (NIELSEN, 1994) e aos princípios do aprendizado eletrônico (FILATRO, 2008). Ainda que estejam em áreas distintas do conhecimento, esses estudos têm como foco algo semelhante, a otimização do aprendizado através da minimização do esforço do estudante/ usuário.

Esta pesquisa pode ser definida como bibliográfica, que “se embasa diretamente nas fontes científicas e materiais impressos e editados, como livros, enciclopédias, ensaios críticos, dicionários, periódicos, artigos, teses, etc” (CECHINEL *et al.*, 2016).

Os estudos supracitados foram lidos e analisados de modo a identificar as convergências entre as ideias, sendo as informações recolhidas, organizadas em uma tabela que permite a visualização das aproximações entre os conceitos citados. Após a construção dessa tabela, foi possível identificar aspectos similares que podem ser apontados como princípios para a minimização da carga cognitiva na educação on-line.

## ANÁLISE DOS DADOS

A partir da leitura das Teorias TCC (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998) e TCAM (MAYER, 2002) e dos estudos sobre Heurísticas de Usabilidade de Interfaces (NIELSEN, 1994) e Aprendizado Eletrônico (FILATRO, 2008), foi realizada a convergência dos seus princípios e diretrizes a partir da aproximação das ideias dos autores. A fim de facilitar a visualização, foi construído um quadro que dispõe lado a lado as aproximações identificadas entre as obras.

No Quadro 1 é possível observar a análise dos dados levantados na pesquisa. Primeiramente, é importante destacar que a disposição das obras no quadro não segue a ordem de ano de publicação e sim uma ordem de correlacionamento e aproximações. Nesse sentido, a TCAM foi colocada mais à esquerda, uma vez que apresenta conexão com, ao menos, uma das outras obras em cada um de seus princípios e as Heurísticas de Usabilidade foram dispostas mais à direita, pois têm a menor relação com a TCAM. Por fim, é importante ressaltar que existem princípios da mesma obra agrupados em uma única célula do quadro, isso ocorreu devido às conexões identificadas. Enquanto que em uma das obras as características eram agrupadas em um mesmo princípio, em outra, essas mesmas características eram subdivididas em duas ou mais diretrizes.

**Quadro 1** – Aproximações entre as obras: TCAM, TCC, princípios de usabilidade de interfaces e aprendizado eletrônico

COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D
TCAM (MAYER, 2002)	TCC (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998)	Aprendizado Eletrônico (FILATRO, 2008)	Usabilidade (NIELSEN, 1994)
Multimídia	Diagramas/ imagens e Integração audiovisual	Uso de gráficos	-----
Modalidade e Sinalização	Integração audiovisual	Uso de áudio	-----
Proximidade espacial e temporal	Atenção dividida	Proximidade de itens relacionados	-----
Coerência	Legibilidade de Conteúdo	Design de tela e Coerência	Consistência, Estética e Reconhecimento
Redundância	Expertise do Usuário e Legibilidade do Conteúdo	-----	-----
Pré-Formação	Formação e resgate de blocos de informação	-----	-----
Personalização	-----	Linguagem Acessível	Compatibilidade
-----	Materiais de apoio	-----	-----

-----	Processo de Ensino	-----	-----
-----	Exemplos resolvidos/ variação de contexto	-----	-----
-----	-----	Ofereça ajuda	Ajuda
-----	-----	Interatividade; Apoio navegacional e <i>Links</i>	Liberdade do usuário e Flexibilidade
-----	-----	-----	Tratamento de erros
-----	-----	-----	Tratamento de erros

**Fonte:** Produzido de (MAYER, 2002); (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998); (FILATRO, 2008); (NIELSEN, 1994).

A partir da sistematização realizada no Quadro 1, percebe-se que apenas uma linha tem correspondência em todas as obras e trata-se do cuidado na apresentação de informações essenciais, tanto no conteúdo quanto na interface do ambiente. Nessa relação, nota-se a importância da boa organização de qualquer objeto de aprendizagem ou ambiente eletrônico que promoverá a interatividade entre estudantes e conhecimentos.

Outro aspecto importante de ser observado é a existência de elementos que não se relacionam a nenhuma outra diretriz apresentada. Na TCC, por exemplo, tem-se os materiais de apoio para estudo posterior a momentos síncronos, os processos de ensino (subdivisão de elementos complexos do conteúdo em unidades de aprendizado menores) e os exemplos resolvidos/variação de contexto em atividades de resolução sequencial. Esses princípios são próprios da TCC que busca significar a aprendizagem através do planejamento da ação de ensinar para melhor aquisição do conhecimento pelo estudante.

Já nas Heurísticas de Usabilidade, dois elementos não têm aproximações com outros estudos: tratamento de erros e visibilidade do status do sistema. Esses elementos são voltados especificamente às características tecnológicas que não podem ser alteradas por ações do professor. Pensando especificamente no uso de ambientes eletrônicos para a educação on-line, apenas as obras de Filatro (2008) e Nielsen (1994) abordam características que fomentam os processos de interatividade entre usuário e interface. Isso porque ambas as pesquisas estão voltadas ao uso de sistemas computacionais, versando sobre a oferta de ajuda e *feedback* das ações realizadas.

Quatro aspectos têm aproximações convergentes em três obras, sendo três deles relacionados ao uso do duplo canal, o qual sugere a utilização de imagens na representação de conteúdo, a narração de explicações relacionadas a informações visuais e a aproximação temporal e espacial de ambas (imagem e narração). Ainda, com presença em três das quatro obras está a importância da linguagem pessoal nas interações do estudante, tanto com o conteúdo como com o ambiente.

Por fim, duas relações ocorrem somente entre as teorias TCC e TCAM: a) o nivelamento para apresentações audiovisuais, no qual os estudantes têm uma pré-formação que permite o melhor aproveitamento da memória de trabalho, pois faz uso do resgate de conhecimentos já adquiridos; e b) a redundância relacionada à expertise do usuário bem como à legibilidade do conteúdo, que exploram a minimização da carga

cognitiva originada na exposição do mesmo conteúdo mais de uma vez, exceto em recursos educacionais de formatos e linguagens diferentes. Esse cuidado permite não só atender as diferentes preferências como garantir a equidade na aprendizagem através da variação das possibilidades para atingir um mesmo objetivo.

A partir dessas aproximações, foi possível apontar 16 princípios para minimização da carga cognitiva na aprendizagem on-line, sendo eles: multimídia, modalidade, proximidade espacial e temporal, personalização, coerência, redundância, pré-formação, sinalização, materiais de apoio, gerenciamento da carga cognitiva, exemplos resolvidos, design de tela, consistência, apoio navegacional, interatividade e ajuda. Em se tratando de educação on-line, o esforço mental pode ser gerado através de duas vertentes principais: a apresentação do conteúdo e a interatividade com um ambiente tecnológico. Pensando nisso, os 16 princípios oriundos desta análise de dados, foram subdivididos de modo a atender essas duas especificidades. Na próxima seção serão discutidos cada um dos aspectos e como eles se relacionam com as fontes de origem da carga cognitiva.

#### RESULTADOS OBTIDOS

A partir da análise dos dados, presente na seção anterior, foram obtidos 16 princípios de minimização da carga cognitiva na educação on-line. Esses princípios foram classificados em dois tipos: de conteúdo e de ambiente tecnológico. O primeiro relaciona-se à produção de materiais didáticos a serem utilizados no processo de aprendizagem, e o último, à interação e interatividade dos estudantes com a organização do curso como um todo. Dos 16 princípios resultantes deste estudo, dois condizem com ambas as classificações, sendo eles: personalização e coerência. Assim, tem-se dez princípios de conteúdo e oito princípios de interação com o ambiente tecnológico.

#### PRINCÍPIOS DE MINIMIZAÇÃO DA CARGA COGNITIVA NA APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO

Os princípios para minimização da carga cognitiva que envolvem a apresentação do conteúdo estão diretamente relacionados à produção e escolha de materiais didáticos que permitam o menor esforço mental do estudante. Esses princípios são: a) Multimídia; b) Modalidade; c) Proximidade espacial e temporal; d) Personalização; e) Coerência; f) Pré-Formação; g) Sinalização; h) Materiais de apoio; i) Gerenciamento da Carga Cognitiva; e j) Exemplos resolvidos.

O princípio da Multimídia indica a importância de mesclar recursos visuais e auditivos na apresentação do conteúdo, uma vez que maximiza o uso do espaço na memória de trabalho. Segundo Baddeley (1992), estimular apenas um canal na apresentação de informações sobrecarrega uma parte da memória, enquanto a outra fica ociosa. Já o princípio da Modalidade sugere que deve-se dar preferência à explicação textual narrada quando forem utilizados elementos visuais como animações/simulações ou imagens. Essa sugestão complementa o princípio da

Multimídia e auxilia no potencial da capacidade da memória de trabalho no processamento de informações.

A fim de gerar melhores resultados na aprendizagem em animações com explicação narrada, Mayer (2002) propôs o princípio da Sinalização, que recomenda a narração para explicações de animações e simulações. Tem-se a importância de indicar visualmente o caminho percorrido pelo narrador, de modo a permitir ao estudante o acompanhamento satisfatório da explanação. Estas indicações podem ser dadas por flechas, animações visuais, ou mesmo a indicação dada pela seta do cursor.

O princípio da Proximidade espacial e temporal aponta a relevância da integração de elementos gráficos e textuais ou narração quando eles não são compreendidos separadamente. Quando o conteúdo mesclar duas informações visuais, como imagem e explicação textual, a imagem deve ser compreendida isoladamente, ou seja, sem a necessidade de leitura complementar. Isso porque a visualização de uma imagem que necessita de explicação obriga o estudante a reter informações na memória de trabalho para relacioná-las às explicações que são dadas posteriormente no texto. Do mesmo modo, na existência da explicação narrada, esta deve ser apresentada em conjunto com a informação visual, eliminando a sobrecarga.

O princípio da Personalização trata da linguagem utilizada na explicação dos conteúdos. Para Sweller, Merrienboer, Paas (1998), Nielsen (1994), Mayer (2002) e Filatro (2008), as informações devem ser dadas em linguagem natural, adotando um teor de conversa que aproxima o estudante do conteúdo. Segundo os autores, o uso de palavras "estranhas" ou complexas pode gerar maior dificuldade na compreensão da informação. O princípio da Coerência recomenda a eliminação de informações visuais e auditivas que não forem estritamente necessárias ao aprendizado do conteúdo, pois ocupam espaço na memória que poderia ser utilizado para processamento de elementos essenciais à compreensão do saber. Ainda, sugere uma formatação visual mais atrativa e de fácil compreensão, com o uso de configurações gráficas como negritos, sublinhados e cores de destaque. Essas indicações permitem o rápido reconhecimento de caminhos a percorrer e informações importantes dentro de explicações.

Já o princípio da Pré-formação manifesta a necessidade de dar condições iguais de expertise aos estudantes antes de narrações e/ou animações. A apresentação de animações sem essa pré-formação pode gerar dificuldades a estudantes que não estiveram em contato com algum dos elementos informacionais apresentados. Este nivelamento torna o aprendizado mais significativo e tende a gerar maior homogeneidade na compreensão do conteúdo pelos estudantes. Em contraponto à pré-formação, que ocorre antes da apresentação de uma narração, o princípio de Materiais de Apoio sinaliza a necessidade de disponibilizar recursos educacionais que complementam explicações dadas em interações síncronas, assim o estudante terá um material para estudo posterior.

O princípio do Gerenciamento da Carga Cognitiva está diretamente ligado ao Design Instrucional, proposto pelo professor para o aprendizado de conteúdos complexos. Importante ressaltar que cabe ao docente dividir os saberes que exigem maior integração de elementos na memória de trabalho a fim de possibilitar a aprendizagem do conceito completo, mesmo que, primeiramente, apresentado em partes desprendidas. No processo de ensino é importante separar conhecimentos complexos em pedaços menores a fim de garantir a construção do conhecimento.

Por fim, o princípio de Exemplos Resolvidos, verificado na TCC, baseia-se no ensino de conteúdo sequencial, como matemática, física, química, programação, entre outros. Para Sweller, Merrienboer, Paas (1998), a apresentação de exercícios resolvidos complementa a explicação do conteúdo, visto que o aluno poderá verificar como ocorre o processo de resolução do problema. Para Clark, Nguyen e Sweller (2006), além da utilização de exercícios resolvidos, deve-se pensar na transição para exercícios a resolver, isto porque essa prática gera uma aprendizagem com menor esforço mental do que quando são utilizados apenas exercícios a resolver.

Clark, Nguyen e Sweller (2006) abordam ainda a variação de contexto entre exercícios, isto é, apresentar a solução de um problema e mudar o cenário nos demais exercícios para que o estudante possa aplicar os conhecimentos adquiridos em novos desafios. Esse princípio só pode ser aplicado em conhecimentos que possuam resolução de problemas sequenciais.

#### PRINCÍPIOS DE MINIMIZAÇÃO DA CARGA COGNITIVA NA INTERAÇÃO COM O AMBIENTE TECNOLÓGICO

Os princípios de minimização da carga cognitiva na interatividade com o ambiente tecnológico estão relacionados à organização do curso como um todo, o modo como os recursos são distribuídos pelo ambiente e às características gerais da aula virtual. A partir da análise realizada nesta pesquisa, foram definidos oito princípios para minimizar o esforço mental: a) Personalização; b) Coerência; c) Design de tela; d) Consistência; e) Apoio navegacional; f) Interatividade; g) Ajuda; e, h) Redundância.

Os princípios de Personalização e Coerência seguem a mesma ideia já apresentada na seção 5.1, contudo a sua aplicação não está no conteúdo e sim na organização do ambiente tecnológico utilizado para disponibilização da educação on-line. O princípio da personalização traz a importância de usar uma linguagem menos formal e mais próxima da linguagem do usuário na transmissão de mensagens, bem como na apresentação de objetivos e processos pensados para a aprendizagem. Já o princípio da Coerência dispõe sobre a necessidade de eliminar do ambiente tecnológico todo elemento visual ou sonoro que distraia o estudante do principal propósito do planejamento educacional: o conteúdo.

O princípio do Design de Tela trata da organização geral do curso no ambiente tecnológico e da apresentação das informações que direcionam o usuário rumo ao melhor caminho pedagógico a ser percorrido. É importante comentar que as codificações gráficas como negrito, cores, tamanho de fonte e tipo de letra devem ser usadas para destacar informações essenciais na descrição de atividades, contudo precisam ser pensadas com cuidado para não confundir o estudante, como por exemplo o sublinhado, que deve ser deixado para identificação de *links* (FILATRO, 2008). Além disso, as informações mais importantes devem aparecer primeiro, como as leituras obrigatórias e atividades avaliativas, bem como deve-se prezar pela hierarquia na organização dos recursos, ou seja, apresentar primeiro o que o estudante vai usar primeiro, por exemplo, recursos de conteúdo antes dos recursos de atividade.

Depois da hierarquia na distribuição dos recursos, é necessário pensar na regularidade de sua apresentação em um curso on-line. Essa característica é abordada pelo princípio da Consistência, que afirma ser fundamental manter a localização de informações de um ambiente para outro, assim, o estudante irá encontrar aquilo que ele espera, onde ele espera que esteja. Segundo Nielsen (1994), essa regularidade na apresentação da interface/ambiente gera menor esforço mental, uma vez que o estudante não ocupa espaço em memória para procurar aquilo que deseja, pois ele já saberá onde as informações se encontram. Pode-se destacar que as dificuldades relacionadas à fluência tecnológica são minimizadas através da aplicação deste princípio.

Ainda, pensando nas dificuldades relacionadas à fluência tecnológica, pode-se evidenciar o princípio de Apoio navegacional. Ele incentiva a oferta de um mapa do curso com informações sobre leituras importantes e atividades, bem como sugere um passeio guiado para estudantes sem experiência em aprendizado eletrônico de modo que estes compreendam as principais características do ambiente tecnológico.

Outro princípio para minimização da carga cognitiva em ambientes tecnológicos é a Interatividade, que remete à organização do curso a fim de dispor os conteúdos e informações de maneira simplificada. Sobre este princípio, destaca-se a utilização de *links* que levam a informações complementares, ou mesmo que ligam recursos dentro do próprio ambiente (FILATRO, 2008). Por exemplo, em uma descrição de atividade que cita alguma leitura obrigatória, um *link* pode ser utilizado para que o estudante encontre o material com um click do mouse, sem precisar voltar à página inicial do curso e procurar o mesmo entre os demais recursos.

O princípio da Redundância sugere que a apresentação do conteúdo não deve ser repetida, exceto em casos onde o professor utiliza formatos diferentes de recurso, o que pode promover maior motivação para os estudantes, pois poderá escolher o tipo de recurso que mais lhe agradam. Por fim, o princípio de Ajuda recomenda a disponibilização de lugares com interação síncrona ou assíncrona dentro do ambiente para que hajam “conversas”, ou mesmo algum tipo de documentação de apoio que promova a dissipação das dúvidas e a aproximação entre os envolvidos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A forma como é pensada a educação on-line, no que diz respeito à carga cognitiva, pode ser um diferencial na construção do conhecimento, uma vez que o esforço mental exigido nesse processo pode afetar o resultado pedagógico esperado. Pensando nisso, este artigo buscou a aproximação de ideias e conceitos fornecidos pela TCC, TCAM, Heurísticas de Usabilidade de Interfaces e Princípios do aprendizado eletrônico, gerando a convergência de aspectos para a minimização da carga cognitiva na educação on-line.

A partir das análises realizadas, foi possível apontar 16 princípios que convergem, em algum ponto, entre as obras escolhidas. Esses princípios foram separados em duas categorias distintas que se complementam. Quando aplicados, eles podem auxiliar na minimização do esforço mental do estudante no aprendizado on-line.

Como pode ser observado, dois dos 16 princípios deste estudo foram utilizados em ambas as classificações, Personalização e Coerência. Assim, a primeira classificação

abrangeu dez princípios para a minimização da carga cognitiva na apresentação de conteúdos, sendo eles: Multimídia, Modalidade, Proximidade espacial e temporal, Personalização, Coerência, Pré-Formação, Sinalização, Materiais de apoio, Gerenciamento da Carga Cognitiva e Exemplos resolvidos. Enquanto que a segunda apontou oito princípios para a minimização da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico, sendo eles: Personalização, Coerência, Design de tela, Consistência, Apoio navegacional, Interatividade, Ajuda e Redundância. Como trabalhos futuros, está sendo construído um *Framework* para a avaliação da carga cognitiva na educação on-line, a fim de permitir a minimização do esforço mental de estudante que busca melhor qualificação nessa forma de ensino.

Artigo recebido em: 02/07/2020

Aprovado para publicação em: 13/10/2020

---

#### THEORY OF COGNITIVE LOAD: APPROXIMATION OF IDEAS AND CONCEPTS

**ABSTRACT:** The aim of this study is to problematize the approximation of ideas and concepts given by the Cognitive Load Theory, Cognitive Theory of Multimedia Learning, the Interface Usability Heuristics and the study on electronic learning. For this, the main characteristics are described and the convergence of principles and guidelines for minimizing the cognitive load in online education is carried out. This research used a bibliographic study and identified, in the chosen works, 16 principles for minimizing the student's mental effort, both in the presentation of contents and in the interaction with the electronic environment.

**KEYWORDS:** Cognitive load theory. Cognitive theory of multimedia learning. Usability of interfaces. Electronic learning.

---

#### TEORÍA DE LA CARGA COGNITIVA: APROXIMACIÓN DE IDEAS Y CONCEPTOS

**RESUMEN:** El objetivo de este estudio es problematizar la aproximación de ideas y conceptos dados por la Teoría de la Carga Cognitiva, la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia, las Heurísticas de Usabilidad de Interfaces y el estudio del aprendizaje electrónico, describiendo sus principales características y dando cuenta de la convergencia de principios y directrices para minimizar la carga cognitiva en la educación en línea. Esta investigación utilizó un estudio bibliográfico e identificó, en los trabajos seleccionados, 16 principios para minimizar el esfuerzo mental del alumno, tanto en la presentación de contenidos como en la interacción con el entorno electrónico.

**PALABRAS CLAVE:** Teoría de la carga cognitiva. Teoría cognitiva del aprendizaje multimedia. Usabilidad de interfaces. Aprendizaje electrónico.

FALCADE, A.; ABEGG, I.; FALCADE, L.

## REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/IEC 9126-1. Engenharia de software - Qualidade de produto Parte 1: Modelo de qualidade. Rio de Janeiro. 2003. Disponível em: <https://bit.ly/31kqpze>. Acesso em: 27 mar. 2019.

BADDELEY, A. D. Working memory. *Science*, Washington, v. 255, p. 556–559. 1992. Disponível em: <https://bit.ly/3dKc1VJ>. Acesso em: 20 ago. 2018.

CECHINEL, A. *et al.* Estudo/análise documental: uma revisão teórica e metodológica. **Criar Educação Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação UNESC**, Criciúma, v. 5, n. 1, jan./jun. 2016.

CLARK, R.; NGUYEN, F.; SWELLER, J. **Efficiency in Learning**: evidence-based guidelines to manage cognitive load, San Francisco: John Wiley & Sons, 2006.

FALCADE, A. **Design Instrucional aplicado ao mundo virtual TCN5**. 2015. 126 f. Dissertação (Mestrado em Computação) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

FERRAZ, G.M. **Análise de interface com o aluno de um sistema de gerenciamento de cursos aplicando conceitos de cognição**. 2007. 160 f. (Mestrado em Sistemas Digitais) – Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FILATRO, A. **Design Instrucional na Prática**. São Paulo: Person Education do Brasil, 2008.

GUEDES, G. **Interface Humano Computador**: prática pedagógica para ambientes virtuais. Teresina: EDUFPI, 2008. 218 páginas.

KIRSCHNER, P. A. Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. **Learning and Instruction** 12. v. 12, n. 1, p. 1-10. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00014-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00014-7). Disponível em: <https://bit.ly/35i7mXe>. Acesso em: 07 jan. 2019.

MAYER, R. **Multimedia Learning**. The Psychology of Learning and Motivation. v. 41, p. 85-139, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(02\)80005-6](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(02)80005-6).

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**, Toronto, v. 101, n. 2, p. 343-352, 1955.

NETTO, A. A. O. IHC: **Interação Humano Computador** - Modelagem e Gerência de interfaces com o usuário. Florianópolis: VisualBooks, 2004. 120 páginas.

NIELSEN, J. 10 **Usability Heuristics for User Interface Design**. Freemont. 1994. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics>. Acesso em: 21 abr. 2020.

PREECE, J; ROGERS, Y; SHARP, H. **Design de Interação**: além da interação homem-computador. Porto Alegre: Bookman, 2005. p. 23-55.

SWELLER, J.; MERRIENBOER, J. J. G. van; PAAS, F. G. W. C. Cognitive Architecture and Instructional Design. **Educational Psychology Review**, Switzerland, v. 10, n. 3, p. 251-296, 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>.

SWELLER, J.; CHANDLER, P. Why some material is difficult to learn? **Cognition and Instruction**, London, v. 2, n. 3, p. 185-233, 1994. [https://doi.org/10.1207/S1532690xci1203\\_1](https://doi.org/10.1207/S1532690xci1203_1).

---

ANDRESSA FALCADE: Mestre em Ciência da Computação - Universidade Federal de Santa Maria. Doutoranda em Educação - Universidade Federal de Santa Maria. Linha de pesquisa: Políticas públicas educacionais, práticas educativas e suas interfaces. Temas de interesse: Educação Online, Educação a Distância, Carga Cognitiva e Design Instrucional.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6651-1685>  
E-mail: [andressafalcade@gmail.com](mailto:andressafalcade@gmail.com)

---

ILSE ABEGG: Doutora em Informática na Educação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Linha de pesquisa: Políticas públicas educacionais, práticas educativas e suas interfaces. Temas de interesse: TIC aplicadas a Educação, Educação científica e tecnológica, educação à distância e colaboração escolar.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8621-6985>  
E-mail: [ilse.abegg@ufsm.br](mailto:ilse.abegg@ufsm.br)

---

LAÍS FALCADE: Mestre em Ciência da Computação - Universidade Federal de Santa Maria. Linha de pesquisa: Educação à distância. Temáticas de interesse: Educação a Distância e Carga Cognitiva.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4570-8518>  
E-mail: [laisfalcade@gmail.com](mailto:laisfalcade@gmail.com)

---

Este periódico utiliza a licença *Creative Commons Attribution 3.0*, para periódicos de acesso aberto (*Open Archives Initiative - OAI*).