

Avaliação de carga cognitiva na aprendizagem de *software*: aplicação do NASA-TLX para estudantes de ensino técnico integrado em Design

Evaluation of cognitive load in software learning: application of NASA-TLX for integrated technical design students

Evaluación de la carga cognitiva en el aprendizaje de software: aplicación de NASA-TLX para estudiantes de técnico integral en diseño

Bruna Ferreira Gugliano 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
brunafgugliano@gmail.com

Vinicius Gadis Ribeiro 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
vinicius.gadis@ufrgs.br

Recebido em 13 de novembro de 2024

Aprovado em 14 de julho de 2024

Publicado em 20 de agosto de 2025

RESUMO

A carga cognitiva é a demanda gerada pela memória de trabalho por parte de uma tarefa que envolve aprendizagem. Quando os requerimentos da tarefa exigem capacidades aquém das disponíveis pelo indivíduo, há a chamada sobrecarga cognitiva. Este trabalho tem por objetivo analisar a carga cognitiva percebida por estudantes de cursos técnicos em Design ao utilizarem softwares gráficos (Illustrator, Photoshop e AutoCAD), por meio da aplicação adaptada do instrumento NASA-TLX, com o intuito de identificar desafios no processo de aprendizagem e propor estratégias para minimizar a sobrecarga cognitiva. Parte de uma preocupação com as e os estudantes de Design, que precisam aprender as ferramentas digitais em meio ao excesso de informações do dia a dia e que podem estar experimentando seus primeiros contatos com um computador. O NASA-TLX, desenvolvido pela NASA em 1986, avalia a carga percebida a partir de seis dimensões: demanda mental, demanda física, demanda temporal, performance, esforço e frustração. O estudo conclui que a carga cognitiva percebida pelos(as) estudantes é de moderada a alta, sugerindo que o aprendizado de *softwares* gráficos é desafiador e pode se beneficiar de métodos de ensino que reduzam a sobrecarga cognitiva e facilitem a integração de habilidades

digitais.

Palavras-chave: Carga cognitiva; Ensino de Design; Tecnologia.

ABSTRACT

Cognitive load is the demand imposed on working memory by a task involving learning. When the requirements of the task demand capacities that are less than those available to the individual, this is known as cognitive overload. The aim of this study is to analyze the cognitive load perceived by students on technical courses in Design when using graphics software (Illustrator, Photoshop and AutoCAD), using the adapted NASA-TLX instrument, in order to identify challenges in the learning process and propose strategies to minimize cognitive overload. It is based on a concern for design students, who need to learn digital tools in the midst of daily information overload and who may be experiencing their first contact with a computer. NASA-TLX, developed by NASA in 1986, assesses perceived load based on six dimensions: mental demand, physical demand, temporal demand, performance, effort and frustration. The study concludes that the cognitive load perceived by students is moderate to high, suggesting that learning computer graphics software is challenging and could benefit from teaching methods that reduce cognitive overload and facilitate the integration of digital skills.

Keywords: Cognitive load; Design education; Technology.

RESUMEN

La carga cognitiva es la exigencia impuesta a la memoria de trabajo por una tarea que implica aprendizaje. Cuando los requerimientos de la tarea exigen capacidades por debajo de las disponibles para el individuo, se habla de sobrecarga cognitiva. El objetivo de este estudio es analizar la carga cognitiva percibida por estudiantes de cursos de diseño técnico al utilizar software gráfico (Illustrator, Photoshop y AutoCAD), utilizando el instrumento NASA-TLX adaptado, con el fin de identificar retos en el proceso de aprendizaje y proponer estrategias para minimizar la sobrecarga cognitiva. Se basa en la preocupación por los estudiantes de diseño, que necesitan aprender herramientas digitales en medio de la sobrecarga diaria de información y que pueden estar experimentando su primer contacto con un ordenador. NASA-TLX, desarrollado por la NASA en 1986, evalúa la carga percibida a partir de seis dimensiones: demanda mental, demanda física, demanda temporal, rendimiento, esfuerzo y frustración. El estudio concluye que la carga cognitiva percibida por los estudiantes es de moderada a alta, lo que sugiere que el aprendizaje de programas de infografía supone un reto y podría beneficiarse de métodos de enseñanza que reduzcan la sobrecarga cognitiva y faciliten la integración de las competencias digitales.

Palabras clave: Carga cognitiva; Enseñanza del diseño; Tecnología.

Introdução

A tecnologia se tornou onipresente e essencial em muitos aspectos de nossa sociedade moderna, tornando o saber digital uma exigência (Ribeiro; Behar, 2013). Assim como as tecnologias de comunicação avançam, os *softwares* de computação gráfica também vão apresentando cada vez mais ferramentas. Se, por um lado, esse avanço facilita o trabalho dos designers ao automatizar funções que antes eram mais custosas, por outro, o aprendizado destas funcionalidades torna-se cada vez mais complexo pelos iniciantes. Para Longo e colaboradores (2022), embora o uso de *softwares* aumente o desempenho da realização de tarefas, também pode aumentar a frustração de seus usuários e usuárias.

No ensino de Design, ainda que os primeiros semestres sejam voltados mais ao conhecimento “analógico” que digital, muitas disciplinas têm como base a utilização de *softwares* de computação gráfica para o desenvolvimento de projetos técnicos e acadêmicos. Isso se dá pois essas ferramentas digitais são importantes para a concretização, reprodução e refinamento das ideias pensadas pelos designers. Ferramentas como o Photoshop®, o Illustrator®, o AutoCad®, entre outras aplicações de computação gráfica tornam o trabalho mais eficiente ao automatizar tarefas repetitivas e oferecem uma variedade de recursos para acelerar o processo de design. Além disso, são *softwares* flexíveis que permitem ensinar e aprender a criação de uma ampla variedade de materiais, desde gráficos digitais para a web até impressões físicas, como cartazes e livros.

Conhecer e dominar as ferramentas de computação gráfica é frequentemente um requisito para entrar no mercado de trabalho como designer. Essa presença dos *softwares* no dia a dia do trabalho do(a) designer nas agências reflete em seu ensino na formação ofertada pelas instituições. De acordo com Mazzarotto e Ulbricht (2016), em pesquisa com vinte e seis cursos de Design em instituições públicas, 50% dos cursos pesquisados possuem em seus currículos entre uma e duas disciplinas envolvendo o ensino formal de *softwares*, 30,8% apresentam entre três e quatro

disciplinas e 19,2% entre cinco ou mais disciplinas.

Para Marshall e Meachem (2005), os *softwares* podem evoluir ou até se tornarem obsoletos (considerando a evolução tecnológica), mas estudantes de Design devem ter a habilidade de aplicar os fundamentos criativos e principais conceitos da área independentemente da ferramenta que está sendo utilizada. Por isso, o aprendizado sobre o emprego dessas ferramentas deve ser feito de forma gradual, ensinando-se o básico e deixando estudantes livres para explorar as demais funcionalidades no contexto do projeto solicitado.

A aprendizagem de *softwares* depende de um conhecimento básico no uso das ferramentas de um computador: antes de saber que a tecla shift faz com que uma imagem aumente ou diminua proporcionalmente, é necessário saber qual é a tecla shift. O cenário atual não facilita essa habilidade, já que, como citado anteriormente, o uso de celulares já suplanta o uso de microcomputadores (CETIC, 2021). Mesmo as pessoas chamadas “nativas digitais”, que nasceram podendo utilizar as tecnologias digitais, não possuem tanto domínio como se costuma pensar.

Pode-se dizer que essa geração possui certa vantagem sobre a anterior no que se refere a facilidade de acesso à informação, mas isso não garante que possua conhecimento ou competências suficientes para dominar e saber utilizar de maneira eficiente e eficaz os novos dispositivos tecnológicos (Deveza, 2021, p. 31).

Estudantes de Design precisam: combinar o conhecimento ferramental com o teórico; aplicar as técnicas no contexto do projeto trabalhado em sala de aula; e dominar as ferramentas computacionais no curto período que abrange uma disciplina, o que pode gerar uma sobrecarga cognitiva, ou seja, a exaustão dos recursos cognitivos perante a realização de tarefas complexas ou numerosas (Alves et al, 2017).

A partir dessa discussão, surge a preocupação com as e os estudantes de Design, que precisam aprender as ferramentas de diversos *softwares* em meio ao excesso de informações do dia a dia e que podem estar experimentando seus primeiros contatos com um computador pessoal. Este trabalho apresenta os tipos de carga cognitiva, algumas das formas encontradas na literatura sobre como avaliá-la e a aplicação de uma dessas formas, o NASA-TLX, na medida de carga cognitiva

experimentada por estudantes dos cursos técnicos de Design de um Instituto Federal após a realização de atividades práticas utilizando *softwares* da área.

Inicialmente, o texto contextualiza sobre o que é carga cognitiva, suas classificações e os elementos que podem sobrecarregá-la, principalmente no contexto de ensino através de ferramentas digitais. Após, apresenta as técnicas de medição de carga subjetiva *Workload Profile*, SWAT e NASA-TLX, sendo esta última a escolhida para uma aplicação adaptada em quatro turmas do ensino técnico de Design.

Desenvolvimento

A carga cognitiva refere-se à quantidade de recursos cognitivos necessários para realizar uma tarefa específica em determinada situação (Sweller; Ayres; Kalyuga, 2011). Para Carvalho (2011), a automação e o avanço da tecnologia digital têm aumentado a necessidade de entender melhor a cognição humana. Esses estudos ajudam a compreender como as pessoas processam informações, resolvem problemas, se adaptam a novos contextos tecnológicos e lidam com a sobrecarga de informações.

Cognição é o resultado da sensação e percepção de um estímulo do ambiente (Nunes; Silveira, 2015). Inicialmente, esses estímulos são captados através das células nervosas dos órgãos sensoriais e transmitidos para áreas específicas do sistema nervoso central. A forma como esses estímulos serão percebidos, ou seja, seus significados, é resultado da comparação com informações já armazenadas na memória, dependendo das experiências anteriores do sujeito (Iida; Buarque, 2021). Por exemplo: ao usar um *software* no computador pela primeira vez, o usuário ou a usuária tende a comparar os ícones com aqueles de outros programas para entender seu funcionamento. Se nunca tiver usado um *software* antes, pode não conseguir interpretar estes ícones, o que cria uma barreira perceptiva. Neste contexto, a carga utilizada para criar conexões entre elementos, a fim de criar conhecimentos é chamada de **carga cognitiva intrínseca**. Ela possui essa classificação por fazer parte de todo processo de aprendizagem, independentemente dos procedimentos de instrução utilizados (Sweller; Ayres; Kalyuga, 2011).

Já a **carga extrínseca** possui relação com os materiais, atividades e técnicas utilizadas nas práticas educacionais. É chamada também de irrelevante por poder ser gerada pelo uso inadequado de figuras, cores e textos (Sweller; Ayres; Kalyuga, 2011), assim dizendo, resulta de fatores que poderiam ser minimizados ou eliminados para otimizar o desempenho.

A última categoria de carga cognitiva é a **germana**, ou pertinente, que representa o processamento das informações da memória de trabalho para a memória de longo prazo, ou seja, visa dar sentido ao material que está sendo utilizado. De acordo com Mayer (2020), este tipo de carga cognitiva pode ser atribuído ao nível de motivação do aluno, podendo ser considerado produtivo, pois está diretamente relacionado ao esforço que o indivíduo emprega para organizar, relacionar e consolidar informações de maneira significativa.

Ainda de acordo com Mayer (2020), a aprendizagem, quando ativa, envolve três processos essenciais: seleção, organização e integração do material. Primeiro, o estudante ou a estudante seleciona palavras e imagens relevantes do material apresentado, transferindo-os para a memória de trabalho. Em seguida, organiza esses elementos criando relações estruturais, facilitando o entendimento. Por fim, integra o novo material ao conhecimento existente, conectando-o a conceitos já conhecidos e armazenados na memória de longo prazo. Esses processos, atuando em conjunto, são fundamentais para que o aprendizado seja significativo e duradouro.

Quando o aprendizado é realizado através, ou em conjunto, de interfaces digitais, sua complexidade pode aumentar, já que essas interfaces geram grandes volumes de dados e informações (Mayer, 2020). As limitações na capacidade de processamento dos indivíduos induzem os(as) estudantes a decidir em quais informações devem focar, como devem conectar essas informações entre si e de que forma devem relacioná-las com o que já sabem (Santaella, 2013).

Além do conteúdo apresentado na tela, os(as) estudantes ainda precisam compreender o funcionamento da tecnologia digital sendo utilizada. Este domínio pode diminuir a carga cognitiva experimentada ao facilitar a realização dos primeiros passos de uma tarefa, como: ligar o computador, buscar e abrir o software e iniciar

um novo arquivo. No entanto, a forma como a atividade é apresentada para estudantes também pode dificultar sua realização. De acordo com Clark, Nguyen e Sweller (2011), no âmbito da aprendizagem somada ao uso de sistemas digitais, o conteúdo apresentado muitas vezes é maior que o que pode ser processado pela memória, ou seja: pouco tempo é disponibilizado para que se construam esquemas fortes na memória de longo prazo. Por isso, é importante que estudantes tenham a oportunidade de praticar as novas habilidades durante a aula, com tempo o suficiente para que compreendam os procedimentos a serem empregados. Marshall (2004) corrobora com essa ideia, adicionando que estudantes, ao terem tempo para explorar os programas, podem acabar encontrando novas funções interessantes para a tarefa que está sendo realizada.

O local onde está sendo realizada a aprendizagem também pode influenciar no uso da carga cognitiva: o ambiente físico e social da atividade pode gerar demandas não só físicas, mas também mentais, afetivas e emocionais, que impactam no desempenho das tarefas (Júnior et al, 2023). Ambientes barulhentos, desorganizados ou desconfortáveis tendem a aumentar a carga cognitiva, enquanto locais calmos, organizados e voltados para a aprendizagem ajudam a reduzi-la (Da Costa et al, 2024). Da mesma forma, um ambiente social com interações de qualidade pode oferecer apoio emocional e motivação para a aprendizagem de novas técnicas e conceitos (Moraes; Mont'alvão, 1998). Para Roxana Moreno (2010), as pesquisas sobre uso de carga cognitiva devem considerar, também, a relação entre carga, afeto e motivação, já que a quantidade de esforço investido dependerá das crenças dos(as) estudantes sobre suas próprias capacidades e sobre a relevância da tarefa de aprendizagem.

A seguir, serão discutidas as ferramentas que podem ser utilizadas para medir e avaliar a carga cognitiva.

Formas de avaliação da carga cognitiva

A medição da carga cognitiva é fundamental para compreender como os seres humanos percebem, processam e respondem às demandas mentais impostas por tarefas e situações específicas. Com esses dados, é possível promover um desempenho humano eficaz, garantir a usabilidade de sistemas e interfaces, e criar ambientes de trabalho e aprendizagem que sejam adaptados às capacidades cognitivas dos indivíduos.

Para Cardoso e Gontijo (2012), são classificadas em três tipos as principais formas de medir a carga mental de trabalho: medidas baseadas em fisiologia, medidas baseadas no rendimento e medidas subjetivas. As medidas fisiológicas, como o próprio nome indica, tratam da observação e análise de manifestações fisiológicas dos participantes, como piscadas de olho, frequência cardíaca, atividade cerebral, pressão sanguínea, entre outros. Essas medidas são interessantes por servirem como um complemento não verbal (Cardoso; Gontijo, 2012) e por permitirem observar alterações no grau de carga cognitiva que ocorrem no momento da aprendizagem (Yoo; Kim; Hong, 2023).

Já as medidas de rendimento avaliam a performance dos(as) participantes através do seu comportamento ou desempenho, como a duração da tarefa, sua realização correta e a quantidade de erros gerados (Alves et al, 2017). Segundo as autoras Galy, Cariou e Mélan (2012), uma desvantagem desse tipo de medida é não indicar mudanças sutis na carga de trabalho mental. Para auxiliar nessa questão, o interessante é combinar a ferramenta com uma medida subjetiva, onde "alto desempenho e baixo esforço mental seriam a combinação mais eficiente e, inversamente, baixo desempenho e alto esforço mental a combinação menos eficiente" (Galy; Cariou; Melán, 2012, p. 270).

Por fim, as medidas subjetivas consideram a avaliação das(dos) participantes, ou seja, sua subjetividade e, sendo o foco deste trabalho, serão melhor exploradas no próximo tópico. Para Hill e colaboradores (1991) as medidas subjetivas possuem como vantagens: o fato de serem técnicas pouco intrusivas, já que podem ser

administradas após a conclusão da tarefa, sem perturbar o operador durante a sua execução; serem flexíveis; não exigirem equipamentos complexos; serem de rápida aplicação; e serem pouco dispendiosas. Wiebe, Roberts e Behrendt (2010) afirmam que "as técnicas de medição da escala de avaliação subjetiva baseiam-se na suposição de que as pessoas são capazes de fazer uma introspecção em seus processos cognitivos e relatar a quantidade de esforço mental despendido". A seguir, serão apresentadas três ferramentas de medição subjetiva de carga cognitiva, ou carga mental de trabalho.

Workload Profile (WP)

Desenvolvido pelas pesquisadoras Tsang e Velazquez (1996), o WP apresenta oito dimensões de carga de trabalho baseadas na Teoria dos Múltiplos Recursos de Wickens (1987). Wickens procurou, através dessa teoria, explicar como as pessoas alocam e gerenciam seus recursos cognitivos ao realizar múltiplas tarefas simultaneamente, dividindo os recursos cognitivos em dimensões que representam um sistema cognitivo ou sensorial específico. As dimensões são (Tsang; Velazquez, 1996):

- **Processamento perceptivo/central**, onde se encontram os recursos de atenção necessários para atividades como detecção, reconhecimento e identificação de objetos;
- **Processamento de resposta**, onde estão os recursos de atenção necessários para a seleção e execução de respostas;
- **Código espacial**, voltada para as tarefas de natureza espacial, como medir, posicionar, direcionar, entre outras;
- **Código verbal**, ou seja, a compreensão de materiais verbais e linguísticos (como durante a leitura);
- **Entrada visual**, onde há o monitoramento de informações visuais (como ao assistir televisão);
- **Entrada auditiva**, onde a tarefa requer atenção auditiva (falar ao telefone, por exemplo);

- **Saída motora**, em tarefas que exigem produção de resposta manual (como digitar no computador);
- E **saída discursiva**, que envolve a fala (como participar de uma conversa).

Após a realização de várias tarefas, a ferramenta solicita que os(as) participantes classifiquem a proporção de recursos de atenção utilizados através de uma escala entre 0 (sem demanda) e 1 (máxima demanda) (Gobbi; Santos, 2015) em uma tabela, como exemplifica o Quadro 1.

Quadro 1 - Medição com o Workload Profile (WP)

	Processamento		Código		Entrada		Saída	
Tarefa	Perceptivo central	Resposta	Espacial	Verbal	Visual	Auditiva	Motora	Discursiva
T1	1	1	0	1	1	1	0	1
T2	1	1	1	1	1	1	1	0
T3	1	1	0	1	1	1	0	0

Fonte: os autores, baseados em Rubio et al (2004).

As tarefas são listadas em ordem aleatória na primeira coluna e as oito dimensões da carga de trabalho são listadas nas demais. Por fim, somam-se os valores para determinar uma classificação geral da carga de trabalho.

Subjective Workload Assessment Technique (SWAT)

É uma técnica desenvolvida pelos pesquisadores Reid, Shingledecker, Nygren e Eggemeier em 1981 no Laboratório de Pesquisa Médica das Forças Aéreas dos EUA (*USAF Aerospace Medical Research Laboratory*). Assim como as demais técnicas subjetivas, é utilizada para avaliar a carga cognitiva percebida pelos indivíduos em uma determinada tarefa ou situação. No caso da SWAT (Quadro 2), a

classificação é feita através das dimensões carga temporal, carga de esforço mental e carga de estresse e de três níveis de classificação: (1) baixa, (2) média e (3) alta (Rubio et al, 2004).

Quadro 2 - Medição com o SWAT

Dimensão	Níveis
Carga temporal	1. Frequentemente tem tempo livre. As interrupções ou sobreposições entre as atividades ocorrem com pouca frequência ou não ocorrem de forma alguma.
	2. Ocasionalmente tem tempo livre. Interrupções ou sobreposições de atividades ocorrem com frequência.
	3. Quase nunca tem tempo livre. As interrupções ou sobreposições de atividades são muito frequentes ou ocorrem o tempo todo.
Carga de esforço mental	1. É necessário muito pouco esforço mental consciente ou concentração. A atividade é quase automática, exigindo pouca ou nenhuma atenção.
	2. É necessário um esforço mental consciente moderado ou concentração. A complexidade da atividade é moderadamente alta devido à incerteza, à imprevisibilidade ou à falta de familiaridade. Exige atenção considerável.
	3. É necessário um grande esforço mental e concentração. Atividade muito complexa que exige atenção total.
Carga de estresse psicológico	1. Confusão, risco, frustração ou ansiedade são poucas e podem ser facilmente conciliadas.
	2. O estresse moderado devido à confusão, frustração ou ansiedade aumenta consideravelmente a carga de trabalho. É necessária uma compensação significativa para manter o desempenho adequado.
	3. Estresse alto a muito intenso devido a confusão, frustração ou ansiedade. Exigência de determinação e autocontrole de alto a extremo.

Fonte: os autores, baseados em Reid e Nygren (1988).

Na primeira etapa do SWAT, todas as 27 combinações dos níveis são apresentadas em uma sessão de *cardsorting*, onde os(as) participantes devem ordenar os cartões de uma forma que represente sua opinião sobre o que constitui carga de trabalho em um evento passado. Esse procedimento é utilizado para, posteriormente, se criar uma escala com propriedades de intervalo, em que os pontos

na escala representem uma unidade igual de diferença ou mudança entre os valores.

Na segunda etapa de aplicação do SWAT, os(as) participantes vivenciam um evento ou tarefa e selecionam o conjunto de níveis que descrevem a carga de trabalho percebida para as três dimensões. Após esta etapa, os(as) pesquisadores precisam atribuir valores redimensionados em escores numéricos entre 0 e 100 para cada um dos resultados, a partir dos valores gerados pela etapa anterior. Ao atribuir valores redimensionados, a escala apropriada é usada para cada indivíduo que participou da pesquisa (Potter; Bressler, 1989).

NASA Task Load Index (NASA-TLX)

O NASA-TLX foi desenvolvido pelo Human Performance Group da NASA e publicado por Sandra Hart em 1986. O procedimento cria uma média numérica ponderada baseada em seis dimensões, sendo que as três primeiras estão relacionadas às demandas impostas ao usuário e as três últimas estão relacionadas com a interação usuário x tarefa (Oliveira et al, s/d):

- **Demanda Mental:** o quanto de esforço mental foi necessário usar?
- **Demanda Física:** o quanto de esforço físico foi necessário usar?
- **Demanda Temporal:** o tempo para realizar a tarefa foi curto ou longo?
- **Performance:** o quão bem sucedido você foi?
- **Esforço:** o quanto você teve que se esforçar para realizar a tarefa?
- **Frustração:** o quão frustrado você se sentiu?

Para Hart (1986), acessar essas dimensões permite compreender os fatores que influenciam a experiência de realizar a tarefa, os sentimentos sobre a própria performance, quanto esforço foi despendido e o estresse e frustração que a atividade pode ter gerado. A partir desta premissa, os procedimentos do experimento ocorrem da seguinte forma (Hart, 1986):

- 1) Os sujeitos da pesquisa leem as definições de cada escala e instruções de uso da ferramenta.
- 2) Os sujeitos da pesquisa praticam o uso da escala após realizar algumas tarefas, de forma a se ter certeza de que compreenderam seu uso.

- 3) Os sujeitos, então, realizam as tarefas do experimento(o).
- 4) Após a realização das tarefas, os(as) participantes marcam em uma comparação de pesos (Quadro 3) indicando qual foi o fator, de acordo com sua experiência, que mais influenciou no uso da carga cognitiva durante a realização da atividade, por exemplo: carga mental *ou* carga física. São quinze combinações possíveis no total, sendo que cada uma pode ser escolhida nenhuma vez (sem relevância) ou até cinco vezes (relevância máxima) (Leite; Lucena, 2021). Dessa forma, é possível atribuir um peso para cada dimensão por participante da pesquisa.

Quadro 3 - Combinações possíveis na comparação de pesos do NASA-TLX

Comparação de pesos			
1	Esforço OU Performance	9	Frustração OU Esforço
2	Demanda temporal OU Esforço	10	Performance OU Demanda temporal
3	Performance OU Frustração	11	Demanda mental OU Demanda física
4	Demanda física OU Performance	12	Frustração OU Demanda mental
5	Demanda temporal OU Frustração	13	Performance OU Demanda mental
6	Demanda física OU Frustração	14	Demanda mental OU Esforço
7	Demanda física OU Demanda temporal	15	Esforço OU Demanda física
8	Demanda temporal OU		

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644489776>

	Demanda mental	
--	----------------	--

Fonte: os autores, baseados em Hart (1986).

Por exemplo: se a dimensão “frustração” foi selecionada cinco vezes, seu peso será multiplicado por cinco na próxima etapa da avaliação. Da mesma maneira, se qualquer uma das dimensões não for escolhida em todas as comparações, o peso da mesma será zero (Figura 1). O peso total deve sempre ser equivalente ao número de comparações possíveis, ou seja, quinze.

Figura 1 – Folha de cálculo das fontes de carga de trabalho da NASA-TLX

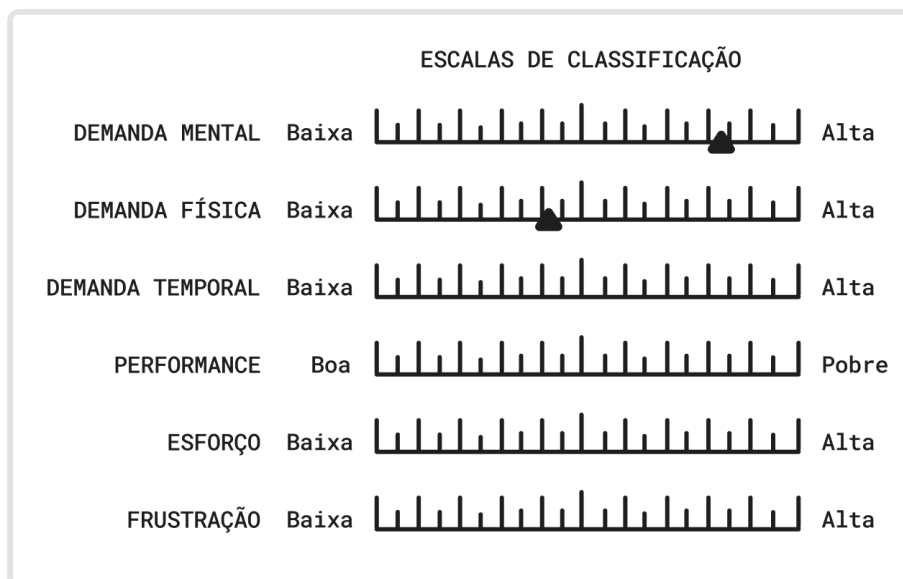
Título da Escala	Contagem	Peso
DEMANDA MENTAL		
DEMANDA FÍSICA		
DEMANDA TEMPORAL		
PERFORMANCE		
ESFORÇO		
FRUSTRAÇÃO		

Contagem total = _____

Fonte: traduzido pelos autores do original de Hart (1986).

- 5) Após essa comparação, é feito um questionário similar à escala Likert, em que a(o) participante estabelece o quão alta ou baixa foi a dimensão questionada, como apresenta a Figura 2.

Figura 2 - Folha de classificação contendo as escalas do NASA-TLX



Fonte: traduzido pelos autores do original de Hart (1986).

- 6) Posteriormente à identificação dos valores nas escalas, estes são multiplicados pelos pesos obtidos na comparação de dimensões realizada pelo(a) participante e, subsequentemente, divididos por quinze (o número de comparações). Assim, se têm um valor de carga cognitiva mensurável de zero a dez.

Em um trabalho mais recente, Hart (2006) explica que as dimensões foram criadas pois o uso individual do termo “carga de trabalho” poderia gerar dados muito similares relacionados à variáveis diferentes, por exemplo: para alguns, a carga seria relacionada ao pouco tempo para realização da tarefa, para outros, ao esforço físico demandado etc.

Por esse motivo, o NASA Task Load Index (NASA-TLX) consiste em seis subescalas que representam grupos de variáveis independentes (...) A suposição é que alguma combinação dessas dimensões provavelmente representa a ‘carga de trabalho’ experimentada pela maioria das pessoas que realizam a maioria das tarefas (Hart, 2006, p. 904).

O NASA-TLX foi escolhido para aplicação neste trabalho devido à presença dessas seis subescalas, que se relacionam com os aspectos que influenciam o uso da carga cognitiva apresentados anteriormente. Além disso, devido a grande

disponibilidade de exemplos de aplicação desta ferramenta na bibliografia consultada, sua aplicação tornou-se mais compreensível. No entanto, dada a diferença entre os públicos-alvo originais e os desta pesquisa, se percebe a necessidade de uma adaptação na ferramenta, conforme será descrito a seguir.

Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa possuiu um enfoque misto, ou seja, buscou a coleta e a análise de dados tanto quantitativos quanto qualitativos, sendo que ambos os enfoques tiveram o mesmo peso. Para Sampieri, Collado e Lucio (2013), dentre as vantagens de uso desse método estão a possibilidade de triangulação dos dados e o reforço da credibilidade geral dos resultados e procedimentos. Em relação ao alcance desta pesquisa, se tratou de um estudo correlacional (Sampieri; Collado; Lucio, 2013), pois teve como finalidade conhecer a relação entre diversos aspectos da aprendizagem e o uso da carga cognitiva. A coleta de dados foi realizada ao longo do ano de 2024.

Para a aplicação da pesquisa, percebeu-se ser necessária uma adaptação nas questões originais do NASA-TLX. Isso ocorre pois, embora seja amplamente utilizado desde sua criação, o NASA-TLX — inclusive por fatores referentes à sua tradução do inglês — pode conter termos que são difíceis de entender pelos(as) participantes da pesquisa. Por exemplo: o que é “performance”? Que sentido essa palavra teria para os(as) estudantes avaliarem sua influência no uso da carga cognitiva?

Para auxiliar nesta tarefa, foi criado um quadro para avaliar as seis dimensões definidas por Hart (1986): Demanda Mental, Demanda Física, Demanda Temporal, Performance, Esforço e Frustração. Na aplicação original do NASA-TLX, esses termos são utilizados individualmente, sendo a explicação de suas definições realizada em um momento anterior ao preenchimento dos instrumentos. Ou seja, o(a) participante visualiza apenas o título e a escala numérica para marcar sua experiência. Se acredita que, além de exemplificar cada termo com ações, utilizar os termos em formato de frase seja mais fácil de entender, evitando que as(os) participantes realizem as marcações de forma incoerente com seu entendimento.

Assim, o Quadro 4 aponta as adaptações e traduções realizadas pela autora

deste trabalho, constando: os títulos originais das dimensões e os termos utilizados nas extremidades das escalas, as novas descrições que serão disponibilizadas junto a cada item e as frases, que serão os novos títulos dos itens. Para manter a coerência com as frases (que são afirmações), as extremidades da escala também foram alteradas para “discordo totalmente” a “concordo totalmente”.

Quadro 4 - Conversão das dimensões da NASA-TLX para frases

Dimensão	Extremidades da Escala	Descrição (disponibilizada junto a cada item)	Conversão para frase	Extremidades da Escala
Demanda Mental	Baixa - Alta	Pense em quanta atividade mental foi necessária (por exemplo, pensar, procurar no menu, selecionar, testar, desfazer, etc.)	Precisei pensar muito para realizar a tarefa.	0 - Discordo totalmente a 10 - Concordo totalmente
Demanda Física	Baixa - Alta	Pense em quanta atividade física foi necessária (por exemplo, clicar, apertar botões ao mesmo tempo, mover a cabeça, posição confortável ou desconfortável na cadeira, etc.)	Precisei fazer esforço físico para realizar a tarefa.	
Demanda Temporal	Baixa - Alta	Pense em quanta pressão de tempo você sentiu devido à velocidade ou ritmo em que as tarefas ocorreram.	Achei pouco tempo para realizar a tarefa.	
Performance	Boa - Ruim	Pense no quão bem-sucedido	Senti que meu desempenho foi	

		você acha que foi em cumprir os objetivos da tarefa.	ruim.	
Esforço	Baixo - Alto	Pense no quão duro você teve que trabalhar para realizar a tarefa.	Precisei me esforçar muito para realizar a tarefa.	
Frustração	Baixa - Alta	Pense se você se sentiu inseguro, desanimado, irritado, ou estressado durante a tarefa.	Fiquei frustrado com a realização da tarefa.	

Fonte: os autores, adaptado de Hart (1986).

Já para a etapa de comparação de pesos as frases foram alteradas para apresentar uma maior neutralidade, conforme Quadro 5. Desta forma, os(as) estudantes compararam duas frases e marcaram qual dos itens “pesou” mais após a realização da tarefa em sala de aula. Por exemplo: “a minha carga física para realizar a tarefa” OU “o tempo para realizar a tarefa”.

Quadro 5 - Novas frases para a comparação de pesos

Frases para a escala		Frases para a comparação de pesos
Precisei pensar muito para realizar a tarefa.	→	A minha carga mental para realizar a tarefa.
Precisei fazer esforço físico para realizar a tarefa.	→	A minha carga física para realizar a tarefa.
Achei pouco tempo para realizar a tarefa.	→	O tempo para realizar a tarefa.
Senti que meu desempenho foi ruim.	→	O meu desempenho realizando a tarefa.
Precisei me esforçar muito para realizar a tarefa.	→	O meu esforço realizando a tarefa.
Fiquei frustrado/a com a realização da tarefa.	→	A minha frustração realizando a tarefa.

Fonte: os autores.

Desta forma, no questionário aplicado, as(os) estudantes marcaram com qual frase se identificaram mais após realizarem a atividade em sala de aula, conforme Figura 3:

Figura 3 - Comparação de pesos com uso de frases

Qual dos itens abaixo pesou mais? *

☐ O tempo para realizar a tarefa.

☐ A minha carga mental para realizar a tarefa.

Fonte: os autores.

Após esta etapa, foi disponibilizado um questionário com escala tipo Likert de 0 a 10 onde as(os) participantes puderam marcar o quanto cada uma das seis dimensões afetou o andamento da atividade realizada (Figura 4).

Figura 4 - Escala tipo Likert adaptada da NASA-TLX

Precisei me esforçar muito para realizar a tarefa.

DICA: pense em quão intensamente você teve que trabalhar para realizar a tarefa.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

discordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ concordo totalmente

Fonte: os autores.

O resultado de cada participante foi multiplicado de acordo com os pesos que foram atribuídos na comparação de pesos. Por exemplo: a participante B selecionou três vezes na comparação de pesos a afirmação “O tempo para realizar a tarefa”. Na escala tipo Likert, marcou o nível quatro na mesma afirmação. Assim, será multiplicado por três o valor desta afirmação, resultando em 12 pontos na carga

cognitiva referente àquela dimensão. Todos os valores obtidos a partir da multiplicação dos pesos de cada dimensão pelos níveis da escala serão, então, divididos por quinze (número total de comparações possíveis). Assim, haverá um número quantificável de carga cognitiva total de 0 a 10.

Se salienta que nem o trabalho original de Hart, (1986) nem as pesquisas baseadas na autora e pesquisadas neste artigo fornecem dados padronizados para entender o que é uma carga cognitiva alta ou baixa. Para classificar a carga cognitiva total (CCT) dos informantes, nesta pesquisa, optou-se por uma divisão simples por 3, onde: 0 a 3,3 = carga cognitiva total baixa; 3,4 a 6,7 = carga cognitiva média; e 6,8 a 10 = carga cognitiva alta.

Para a seleção das turmas a serem pesquisadas foi realizada a leitura dos programas das disciplinas dos cursos de Técnico em Design Gráfico e Técnico em Design de Interiores, com o objetivo de identificar os componentes que propõem o ensino de *software* da área de Design. Após a identificação, a proposta da aplicação do questionário foi enviado às coordenadoras e às professoras das turmas selecionadas, a fim de verificar sua disponibilidade.

Após a avaliação e aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS¹, quatro turmas foram selecionadas: do Técnico em Design de Interiores, Desenho Técnico Computadorizado e Informática II e do Técnico em Design Gráfico, Informática II e Informática III.

Em relação aos termos de consentimento e assentimento (TCLE e TALE), não haviam estudantes menores de 18 anos, sendo necessária apenas a distribuição do TCLE. A maioria dos(as) estudantes leu e assinou já durante a aula, após a apresentação da pesquisa.

A primeira aplicação ocorreu após a aula: foram 12 respostas. Já na segunda aplicação, talvez por ser em uma mesma turma, mas em disciplina diferente, houve menos respostas: apenas 5. A terceira aplicação, em uma nova turma, contou com 13 respostas e, por fim, a última aplicação contou com 19 respondentes.

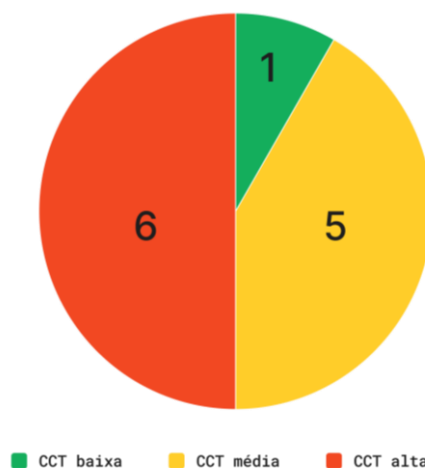
Resultados

A primeira turma a ser pesquisada foi a de Desenho Técnico Computadorizado (Técnico em Design de Interiores), que estava fazendo uma atividade usando o software AutoCad. As respostas (Tabela 1), 12, denotam que a maioria está sujeita a níveis elevados ou médios de carga cognitiva, com uma pequena minoria em níveis baixos.

Tabela 1 - CCT da turma 1

Informante	CCT	Classificação
1	8.8	alta
2	3.6	média
3	6.4	média
4	7.4	alta
5	8.94	alta
6	0.94	baixa
7	5.7	média
8	5.06	média
9	9.66	alta
10	7.66	alta
11	7.53	alta
12	6.26	média


Desenho Técnico Computadorizado DINT6



Fonte: os autores.

Na segunda turma, Informática II do Técnico em Design de Interiores, o exercício do dia constava no uso do software Photoshop. Não há representações para CCT baixa (Tabela 2), o que implica que nenhum(a) estudante percebe um baixo uso da carga cognitiva. Esse padrão reforça a ideia de que a maioria dos(as) participantes está sob um nível considerável de exigência cognitiva. É importante salientar que esta foi a turma com menos participantes: cinco.

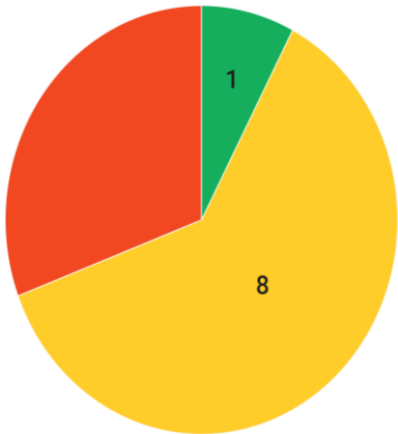
Tabela 2 - CCT da turma 2

Informante	CCT	Classificação	<p>Informática II DINT6</p>  <p>■ CCT baixa ■ CCT média ■ CCT alta</p>
13	4.06	média	
14	10	alta	
15	6.13	média	
16	9.6	alta	
17	8.13	alta	

Fonte: os autores.

A terceira turma questionada, da disciplina de Informática III do curso Técnico em Design Gráfico, realizava atividades também no software Photoshop, e constatou apenas um(a) estudante com CCT baixa, apresentando os seguintes dados (Tabela 3):

Tabela 3 - CCT da turma 3

Informante	CCT	Classificação	<p>Informática III DEG7</p>  <p>■ CCT baixa ■ CCT média ■ CCT alta</p>
18	4.26	média	
19	5.6	média	
20	3.4	média	
21	7.86	alta	
22	4.06	média	
23	6.66	média	
24	7.26	alta	
25	8.26	alta	
26	6.8	alta	
27	6.13	média	

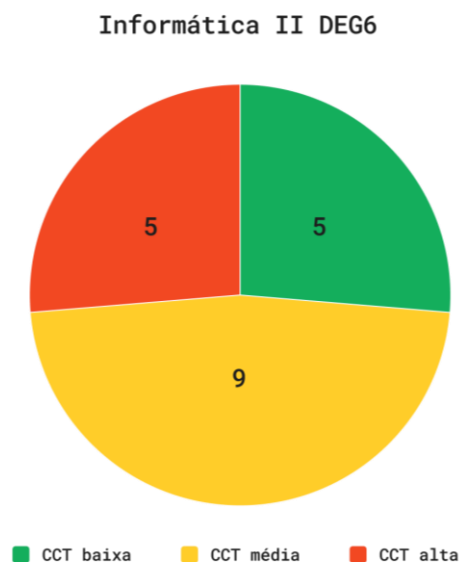
28	4.33	média
29	3.8	média
30	2.8	baixa

Fonte: os autores.

A última turma pesquisada, na disciplina de Informática II do curso Técnico em Design Gráfico, estava praticando o software Illustrator e foi a com maior número de participantes (19), proporcionando, assim, uma variedade maior na escala de CCT, conforme Figura 8. Esta distribuição equilibrada entre CCT baixa e CCT alta, com predominância da CCT média, sugere uma variação nas demandas cognitivas experimentadas pela turma.

Tabela 4 - CCT da turma 4

Informante	CCT	Classificação
31	5.73	média
32	6.8	alta
33	6.4	média
34	7.13	alta
35	0.4	baixa
36	5.13	média
37	0	baixa
38	2.33	baixa
39	5.13	média
40	0.73	baixa
41	7.13	alta
42	6.66	média
43	4.66	média



44	1.86	baixa
45	6.4	média
46	5.06	média
47	6.2	média
48	7.66	alta
49	6.8	alta

Fonte: os autores.

A partir da totalidade das turmas pesquisadas, pode-se perceber uma pequena diferença entre a carga cognitiva média e a carga cognitiva alta; enquanto a carga cognitiva baixa é mais rara. A Turma 4 apresenta uma distribuição mais equilibrada, com cinco ocorrências em cada nível de CCT, enquanto as demais turmas têm uma predominância maior de CCT alta e média, com poucos casos de CCT baixa.

A Tabela 5 apresenta a distribuição da percepção, por número de informantes e turma, do uso de carga cognitiva.

Tabela 5 - Distribuição total da CCT por turma

	CCT ALTA	CCT MÉDIA	CCT BAIXA
Turma 1	6	5	1
Turma 2	3	2	0
Turma 3	4	8	1
Turma 4	5	9	5
TOTAL	18	24	7

Fonte: os autores.

Os dados expostos sugerem que a carga cognitiva percebida pelos(as) estudantes ao interagir com os *softwares* de computação gráfica tende a ser de moderada a alta.

Considerações finais

Embora toda atividade de ensino-aprendizagem demande uma carga cognitiva, a sobrecarga se torna um problema quando a quantidade de recursos cognitivos exigidos para realizar uma tarefa excede a capacidade de processamento do indivíduo. Essa situação pode levar a diversos efeitos negativos, como a diminuição do desempenho, o aumento da frustração e do estresse, a própria dificuldade de aprendizagem e, por fim, a exaustão mental.

Com esta preocupação, este estudo teve como objetivo analisar a carga cognitiva percebida por estudantes de cursos técnicos em Design ao interagirem com softwares de computação gráfica como Illustrator®, Photoshop® e AutoCAD®. A partir da aplicação adaptada do instrumento NASA-TLX, foi possível identificar que a carga cognitiva percebida pelos(as) estudantes tende a variar entre moderada e alta, indicando que o uso dessas ferramentas, embora essencial para a formação técnica na área, impõe desafios importantes ao processo de aprendizagem. A pequena diferença entre a quantidade de estudantes que relataram carga cognitiva média e alta, indica que a experiência de utilizar os *softwares* é desafiadora para a maioria, o que contraria o senso comum que acredita que as gerações mais jovens possuem domínio sobre as tecnologias digitais.

Os achados desta pesquisa são especialmente relevantes para o campo da Educação Profissional e Tecnológica, pois evidenciam a necessidade de estratégias pedagógicas que considerem a carga cognitiva dos(as) estudantes no uso de tecnologias digitais. Identificar as barreiras no letramento digital, revelando possíveis desigualdades no acesso às tecnologias, permite que se cobrem políticas educacionais voltadas a garantir condições mais equitativas para todos(as) estudantes.

Assim como ocorre em outras investigações científicas, esta pesquisa também apresentou limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. O tamanho da amostra utilizada na análise representa apenas uma pequena parte da totalidade de estudantes da instituição; a aplicação da pesquisa após o uso de

diferentes *softwares* e atividades também pode afetar nos resultados, já que os programas possuem interfaces e graus de dificuldade distintos, assim como as tarefas.

Com vistas a ampliar o debate e a aplicação prática dos resultados obtidos, sugere-se aplicar os instrumentos em escala maior, utilizando variáveis relacionadas a diferentes fatores sociodemográficos, que possam afetar os letramentos digitais dos sujeitos. Também, realizar testes de nivelamento em informática básica e/ou oficinas de informática básica, avaliando os resultados antes e depois.

Se salienta a importância de aplicar pesquisas como essa em diversos momentos da trajetória escolar dos(as) estudantes de Design, já que as demandas cognitivas e as habilidades destes mudam conforme avançam nos níveis de ensino. Um sistema de *feedback* contínuo entre estudantes e professores pode auxiliar a compreender o uso da carga cognitiva e o nível de letramento digital desse público, trazendo como benefícios a possibilidade de revelar padrões no uso das tecnologias, além dos períodos e conteúdos em que os(as) estudantes tendem a enfrentar mais dificuldades. Além disso, à medida que se envolvem discentes em pesquisas recorrentes e se fazem as adequações a partir dos dados coletados, eles e elas podem se sentir participantes ativos no processo educacional, contribuindo para construir uma cultura de respeito às diferenças, diálogo e inclusão dentro do ambiente escolar.

Referências

ALVES, Marcus Vinicius Costa et al. As dimensões da carga cognitiva e o esforço mental. **Revista Brasileira de Psicologia**, v. 4, n. 01, p. 2-16, 2017.

CLARK, Ruth C.; NGUYEN, Frank; SWELLER, John. **Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load**. New York: John Wiley & Sons, 2011.

CARDOSO, Mariane de Souza; GONTIJO, Leila Amaral. Avaliação da carga mental de trabalho e do desempenho de medidas de mensuração: NASA TLX e SWAT. **Gestão & Produção**, v. 19, p. 873-884, 2012.

CARVALHO, Paulo Victor Rodrigues de. Ergonomia Cognitiva. In: VIDAL, Mário Cesar; MÁSCULO, Francisco Soares (Org.). **Ergonomia: trabalho adequado e eficiente**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 196 - 211.

CETIC - Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação. **TIC Domicílios 2021**. Disponível em: https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20221121125504/tic_domicilios_2021_livro_eletronico.pdf. Acesso em: 07 fev 2023

DA COSTA, Mário Graça et al. Fatores que influenciam o bem-estar e o mal-estar dos alunos e professores: um olhar para seu impacto no processo de ensino e aprendizagem. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 5, n. 1, p. e514832-e514832, 2024.

DEVEZA, Janivalda Rocha de Jesus. **Uso das tecnologias digitais pelos estudantes da geração z: estudo em uma biblioteca escolar**. Dissertação. Universidade Federal da Bahia, 2021.

FALCADE, Andressa; ABEGG, Ilse; FALCADE, Lais. TEORIA DA CARGA COGNITIVA: APROXIMAÇÃO DE IDEIAS E CONCEITOS. **Revista Inter-Ação**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 795–810, 2021. DOI: 10.5216/ia.v45i3.64208. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/interacao/article/view/64208>. Acesso em: 2 nov. 2024.

GALY, Edith; CARIOU, Magali; MÉLAN, Claudine. What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types?. **International journal of psychophysiology**, v. 83, n. 3, p. 269-275, 2012.

GOBBI, Aline Girardi; DOS SANTOS, Flávio Anthero Nunes Vianna. Técnicas de análise de carga mental aplicadas no Design de Interfaces Gráficas. **Human Factors in Design**, v. 4, n. 7, p. 046-069, 2015.

HART, Sandra G. **NASA task load index (TLX)**. 1986. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20000021487>. Acesso em: 26 jun 2023.

HART, Sandra G. NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later. In: **Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting**. Sage CA: Los Angeles, CA: Sage publications, 2006. p. 904-908.

HILL, Susan G. et al. Comparison of four subjective workload rating scales. **Human factors**, v. 34, n. 4, p. 429-439, 1992.

IIDA, Itiro; BUARQUE, Lia. **Ergonomia: projeto e produção**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2021.

JÚNIOR, João Fernando Costa et al. A importância de um ambiente de aprendizagem positivo e eficaz para os alunos. **Rebena-Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 6, p. 324-341, 2023.

LEITE, Elnata Fernandes; LUCENA, André Duarte. **Avaliação da carga mental de trabalho e dores musculares de trabalhadores de uma empresa de telemarketing**. 2022. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/8366/1/ElnataFL_ART.pdf. Acesso em: 18 ago 2023.

LONGO, Luca; ORRÚ, Giuliano. Evaluating instructional designs with mental workload assessments in university classrooms. **Behaviour & Information Technology**, v. 41, n. 6, p. 1199-1229, 2022.

MARSHALL, Lindsey; MEACHEM, Lester. Widening access, narrowing curriculum: is the expectation of software training changing the culture within visual communications higher education?. In: **Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05)**. IEEE, 2005. p. 1052-1056.

MAYER, Richard. **Multimedia Learning**. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

MAZZAROTTO FILHO, Marco André; ULBRICHT, Vania Ribas. O ensino formal de *softwares* em cursos de design gráfico: uma presença fragmentada. **Blucher Design Proceedings**, v. 2, n. 9, p. 2832-2843, 2016.

MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Editora 2AB, 1998.

MORENO, Roxana. Cognitive load theory: More food for thought. *Instructional Science*, v. 38, p. 135, 2010.

NUNES, Ana Ignez Belém Lima; SILVEIRA, Rosemary do Nascimento. Psicologia da aprendizagem. **História**, v. 9, n. 3, 2015.

OLIVEIRA, Adriel Kelvin Dias et al. **Avaliação da carga mental em intérpretes e tradutores de libras**. S/d. Disponível em: <https://bit.ly/3OXEE65>. Acesso em: 18 ago 2023.

RIBEIRO, Ana Carolina; BEHAR, Patrícia. Competências para o letramento digital. 2013. In: BEHAR, Patrícia Alejandra. **Competências em educação a distância**. Porto Alegre: Penso Editora, 2013

RUBIO, Susana et al. Evaluation of subjective mental workload: A comparison of SWAT, NASA-TLX, and workload profile methods. **Applied psychology**, v. 53, n. 1, p. 61-86, 2004.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernandes; LUCIO, María Del Pilar Baptista. **Metodologia de pesquisa**. 5 ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTAELLA, Lúcia. Desafios da ubiquidade para a educação. **Revista Ensino Superior Unicamp**, v. 9, n. 1, p. 19-28, 2013.

SWELLER, John; AYRES, Paul; KALYUGA, Slava. **Cognitive Load Theory**. New York: Springer, 2011.

TSANG, Pamela S.; VELAZQUEZ, Velma L. Diagnosticity and multidimensional subjective workload ratings. **Ergonomics**, v. 39, n. 3, p. 358-381, 1996.

WIEBE, Eric N.; ROBERTS, Edward; BEHREND, Tara S. An examination of two mental workload measurement approaches to understanding multimedia learning. **Computers in Human Behavior**, v. 26, n. 3, p. 474-481, 2010.

YOO, Gilsang; KIM, Hyeoncheol; HONG, Sungdae. Prediction of Cognitive Load from Electroencephalography Signals Using Long Short-Term Memory Network. **Bioengineering**, v. 10, n. 3, p. 361, 2023.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution- NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

Notas

¹ Aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 11/06/2024. Certificado de Apresentação de Apreciação Ética: 79646424.4.0000.5347.