

# *Técnicas de análise de carga mental aplicadas no Design de Interfaces Gráficas*

## **Mental load analysis techniques applied to the design of graphical interfaces**

*Aline Girardi Gobbi<sup>1</sup>;*

*Flávio Anthero Nunes Vianna dos Santos<sup>2</sup>*

## Resumo

Um dos aspectos de grande relevância para o estudo da interação humano-computador é o conceito de carga mental. Situações onde a interação exige capacidades mentais além das que o usuário pode suportar podem causar problemas de sobrecarga, resultando em irritação, frustração e até mesmo problemas de saúde. Embora o conceito de carga mental seja subjetivo, existem técnicas e ferramentas úteis para sua medição. O objetivo deste artigo é descrever as principais técnicas de avaliação de carga mental, enfatizando as que melhor se aplicam na avaliação de interfaces gráficas. Para tal, foi feita uma revisão bibliográfica e um estudo comparativo das técnicas estudadas, o que permitiu a elaboração de uma lista de orientações de avaliação de carga mental específico para interfaces gráficas.

**Palavras-chaves:** Carga Mental, Ergonomia Cognitiva, Design de Interface.

## Abstract

One aspect of great importance for the study of human-computer interaction is the concept of mental workload. Situations where the interaction requires mental abilities beyond those which the user can support can cause mental overload problems, resulting in irritation, frustration and even health problems. Although the concept of mental workload is subjective, there are tools and techniques useful for measuring this concept. The purpose of this article is to describe the main techniques of assessment of mental workload, emphasizing that best apply in the evaluation of graphical interfaces. A literature review and a comparison study was done. This study allowed the development of an useful evaluation guide for mental workload in interfaces.

**Keywords:** Mental Workload, Cognitive Ergonomics, Interface Design.

ISSN: 2316-7963

---

<sup>1</sup> Mestranda do PPG Design/UDESC na área de Fatores Humanos - Interações Comunicacionais, aline.gobbi@gmail.com. Florianópolis, SC, Brasil

<sup>2</sup> Prof. Dr. Do Curso de Design (graduação e mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina/ UDESC, flavioanvs@hotmail.com. Florianópolis, SC, Brasil

## Introdução

Uma das transformações mais importantes no aspecto trabalhista e educacional é o advento da informatização e da automação e conseqüentemente um suposto alívio da carga física com conseqüente aumento da carga mental.

Segundo Guélaud et al. (1975) apud Cardoso (2010), a carga mental de trabalho é um dos fatores pertinentes na avaliação de carga de trabalho. Para os autores existem pelo menos quatro fatores que caracterizam a carga mental de trabalho, dentre os quais: constrangimento de tempo, complexidade-rapidez, atenção e minúcia. Já os demais fatores que abrangem a carga de trabalho referem-se ao ambiente físico (ruído, temperatura, iluminação, vibrações), cargas físicas (esforços e movimentos no trabalho, posturas de trabalho e de repouso) e a carga psíquica que abrange a necessidade de valorização e estima.

Os problemas de interação humano-computador estão cada vez mais presentes na vida das pessoas, por meio do uso de programas de computador, caixas eletrônicas em bancos, terminais de autoatendimento, entre outros. Quando há sobrecarga mental na interação com esses sistemas (ex: quando há necessidade de memorizar caminhos extensos para se chegar em determinado item do menu) o usuário pode não conseguir completar uma tarefa, sentindo-se frustrado, irritado e com baixa autoestima, muitas vezes acreditando que não tem capacidade intelectual de utilizar um sistema informatizado. Faz-se necessária, portanto, a consideração dos fatores humanos na concepção do *software*. Considerando-se que a área de fatores humanos também busca estudar o relacionamento entre o homem e seu trabalho e que a mesma contempla todas as variáveis intervenientes nesse processo, dentre as quais o estudo da carga mental no trabalho, torna-se importante a investigação desta carga mental, visto que exerce influência direta na capacidade do homem em utilizar suas habilidades e competências para exercer suas atividades (CARDOSO, 2010).

Além disso, a International Organization Standardization (ISO) vem intensificando os estudos sobre os métodos de mensuração da carga mental de trabalho, com o intuito de conquistar uma padronização entre eles, considerando métodos nos quais vários índices fisiológicos provocam efeitos, como fadiga e a monotonia, e que são associados com a carga de trabalho mental (ISO, 1996), o que reforça a importância deste estudo.

Para que se obtenham dados relativos à carga mental utilizada na interação com determinado software são utilizadas técnicas específicas. Este artigo tem como objetivo fazer um levantamento das principais técnicas utilizadas no design de interfaces que tem por finalidade avaliar a carga mental de trabalho imposta ao usuário durante o uso, por meio de uma revisão de literatura e comparação das técnicas para avaliar as melhor se adequam no desenvolvimento de interfaces gráficas.

## Carga de trabalho mental

Seligmann-Silva (1994) define carga de trabalho como o conjunto de esforços desenvolvidos para atender as exigências das tarefas. Esse conceito abrange os es-

forços físicos, os cognitivos e os psicoafetivos (emocionais) (Seligmann-Silva, 1994, p.58). Já de acordo com Moura (1998), pode-se afirmar que carga de trabalho “é a relação entre constrangimentos impostos pela tarefa, pela interface, pelos instrumentos e pelo ambiente (carga funcional), em conjugação com as atividades desempenhadas e a capacidade de trabalho do operador”. (MOURA 1998, p.80).

A carga de trabalho mental é derivada da carga de trabalho e além de compreender os fatores característicos da tarefa ou atividade, compreende também fatores externos, tais como: cultura, capacidade intelectual ou nível de conhecimento, capacidade psicomotora, formação profissional, experiência anterior e fatores ambientais (ruído, calor, luminosidade, outros). Desta forma, a carga mental depende das exigências do trabalho e atrelado a isso, da capacidade do trabalhador em realizar seu trabalho (GUÉLANDET et. al., 1975).

Segundo Meshkati e Hancock (1988), a carga mental trata-se de uma avaliação do nível de atenção do operador (medida dependente da capacidade motivacional e das demandas de tarefas) ao atingir uma determinada performance na tarefa em um contexto relevante. Young e Stanton (2001) propõem uma definição parecida, ao afirmarem que a carga de trabalho mental em uma tarefa representa o nível de recursos de atenção necessários para atingir um critério de performance objetivo e subjetivo, que pode ser mediado por demandas de tarefas, suporte externo e experiências passadas.

Leplate e Cuny (1977) destacam o caráter subjetivo da definição da carga mental, dependente de como cada indivíduo interpreta as exigências do trabalho, as obrigações e constrangimentos impostos ao trabalhador. A carga mental, portanto, vem como consequência do fato do trabalhador executar a tarefa em si, levando-se em conta toda a complexidade presente na tarefa.

Toda atividade tem pelo menos três aspectos: físico, cognitivo e psíquico (WISNER, 1997). Existe uma confusão de conceitos relativos à carga mental, carga psíquica e carga cognitiva. O Quadro 1 traz uma síntese para diferenciação desses conceitos:

Conceito	Características
Carga Psíquica	Está relacionado às cargas relacionadas ao fator afetivo no trabalho ou à importância do trabalho para quem o realiza.
Carga Cognitiva ou Informacional	Refere-se às cargas provenientes das exigências cognitivas da tarefa, como o uso da memória, tomada de decisões, raciocínios e regras.
Carga Mental	Integra os aspectos cognitivos e psíquicos.

Quadro 1: Síntese de Conceitos Relativos à Carga Mental.  
Fonte: Adaptado de Corrêa (2003).

Compreende-se, portanto, que a carga mental de trabalho resume-se ao desempenho do trabalhador para com seu trabalho, e sempre que este trabalho exigir capacidades de desempenho além das que o trabalhador possui, o mesmo poderá sofrer um processo classificado como sobrecarga de trabalho. O contrário também ocorre sempre que o trabalhador tem suas capacidades subutilizadas, ou não aproveitadas, como por exemplo, quando conhece muito além do que seu trabalho exige, o que classifica uma subcarga mental de trabalho.

Hart (1999), traz os conceitos de carga, subcarga e sobrecarga em situações

operacionais de uma aeronave. No aspecto conceitual, Hart apresenta uma relação dos comportamentos dos operadores submetidos aos diversos níveis de carga mental, conforme o Quadro 2.

Tipo de Carga	Tipo de Ação do Operador
Subcarga	Quando as demandas de trabalho são muito baixas, o operador poderá distrair-se com tarefas que não têm relação com a missão (conversas casuais, por exemplo). Essas tarefas paralelas podem auxiliar o piloto a manter-se vigilante, porém tiram o foco do objetivo principal. No caso de ocorrer um evento relativo à tarefa principal, os pilotos adotam uma estratégia de reação (quando as demandas da tarefa são atendidas imediatamente).
Carga de Trabalho Moderada	Durante os períodos de baixa demanda, os pilotos antecipam o cronograma, monitorando o ambiente a fim de prever possíveis problemas e soluções, evitando sobrecarga posterior.
Alta Carga de Trabalho	Quando as demandas das tarefas são muito altas ou quando ocorrem situações inesperadas, os operadores tendem a adotar uma estratégia de reação.
Sobrecarga	A medida que as demandas das tarefas aumentam, a tendência é que os pilotos adiem tarefas menos críticas, transfiram tarefas de menor complexidade para outro membro da tripulação ou simplesmente decidam não executar a tarefa. Estas estratégias são necessárias para que o piloto possa focar nas tarefas mais críticas.

Quadro 2: Níveis de Carga Mental.  
Fonte: Adaptado de Hart (1999) apud Corrêa (2003).

Velázquez et. al. (1995), relaciona o trabalho mental a mecanismos mentais de decisão e tratamento da informação, em que são utilizados recursos como atenção, pensamento e memorização. Deste ponto de vista, os autores propõem dois tipos de trabalho mental: os qualificados e os pouco qualificados. No primeiro, a sobrecarga aparece pelo uso excessivo de funções cognitivas e intelectuais, excedendo os limites toleráveis pelo trabalhador. No segundo, a subcarga surge devido à utilização exagerada dos mecanismos sensório-motores, com pouco aproveitamento dos recursos de atenção, pensamento e memorização, acarretando diminuição das funções intelectuais, já que o tipo de trabalho executado implica pouco ou nenhum compromisso mental, tornando-se desta maneira repetitivo e monótono. Nota-se desta forma que devido a subjetividade do conceito de carga de trabalho mental, a conceituação do termo, bem como sua classificação não é unanimidade entre os ergonomistas e pesquisadores.

## Técnicas de Análise de Carga de Trabalho Mental

A carga de trabalho física é relativamente fácil de ser conceituada, medida e avaliada, diferente da carga de trabalho mental, que envolve conceitos complexos e aspectos subjetivos, envolvendo diversas variáveis.

Existem muitos métodos para avaliação de carga mental, sendo a maioria deles subjetivos, baseados em questionários e na observação. Outros tipos de métodos envolvem medições fisiológicas (frequência cardíaca, piscar de olhos e atividade cerebral, por exemplo) que podem estar associadas ao aumento da carga de trabalho mental (SALMON et. al., 2004).

Segundo Moray (1988, p. 127), a carga mental vivenciada por um indivíduo é uma função complexa e própria das condições pessoais e da tarefa. Características da tarefa, do esforço investido, da motivação, bem como outros fatores influenciam no processo de avaliação da carga mental e por isso não existe um modelo definitivo para a representação do constructo carga mental, o que existe são diversos métodos para acessá-la.

Para o mesmo autor, o constructo carga mental se divide em quatro classes: subjetiva, fisiológica, comportamental e analítica. Corroborando com Moray, os autores Jorgensen (1999); Sander e McCormick (1993) descrevem sobre as quatro classes que englobam os principais métodos de medidas de acesso à carga mental. Os autores propõem uma divisão das medidas comportamentais em duas vertentes, tarefa primária e tarefa secundária.

Para melhor ilustrar o ponto de vista dos autores em relação às quatro classes apresenta-se a Quadro 3:

Categoria dos Métodos	Definição
Medida das Tarefas Primárias (comportamentais)	Relacionado diretamente ao desempenho da própria tarefa.
Medidas das Tarefas Múltiplas	Mede o nível de carga mental por meio de duas tarefas, sendo uma mais complexa e uma menos complexa, com nível de carga conhecido.
Medidas Fisiológicas	Medem as respostas fisiológicas relativas ao desempenho da tarefa.
Medidas Subjetivas	Retorna respostas subjetivas para as experiências envolvendo carga mental de trabalho. São obtidas pela aplicação de questionários.

Quadro 3: Categorias e definições dos métodos de avaliação de carga de trabalho mental.  
Fonte: adaptado de Jorgensen (1999) e Sander e McCormick (1993) apud Corrêa (2003).

### **Medidas Comportamentais (Primárias e Secundárias)**

As medidas das tarefas primárias e secundárias estão dentro da classe de medidas comportamentais. O principal método relacionado a esta classe de Carga é o método da Tarefa Secundária. Basicamente, durante a execução de uma determinada tarefa, apresenta-se ao operador uma tarefa secundária. Da execução desta tarefa secundária faz-se uma inferência sobre a Carga Mental da tarefa primária. Contabilizam-se os erros, tempo de execução e dificuldades apresentadas na tarefa secundária. Existe uma variedade de técnicas para a aplicação deste método, que variam conforme o grau de dificuldade da tarefa secundária em relação à primária. Este método retorna um resultado bem aproximado da carga mental, servindo muito mais para estudos exploratórios e comparativos. É uma técnica importante para a determinação do nível de carga mental em sistemas Humano – Computador, mas sua aplicação não é simples. (Corrêa, 2003).

### **Medidas Fisiológicas**

Um dos efeitos da Sobrecarga ou Subcarga Mental de Trabalho é a alteração de alguns parâmetros fisiológicos. Para a obtenção de dados costuma-se mensurar a frequência cardíaca, transpiração, movimentos dos olhos e atividade cerebral através do EEG (Eletroencefalografia). A utilização de medidas Fisiológicas é um suporte para

as medidas obtidas por métodos Subjetivos ou Comportamentais. Deste modo, as variáveis fisiológicas não são confiáveis como única avaliação da Carga Mental. Neste sentido é muito interessante o trabalho de Miyake (2001), que trata de uma pesquisa em laboratório em que ocorre a execução de tarefas diferenciadas. A carga mental então é avaliada por meio do método subjetivo NASA e são mensurados determinados parâmetros fisiológicos. A conclusão de Miyake (2001) é de que os métodos subjetivos consideram o resultado da atividade enquanto o parâmetro fisiológico só tem variações significativas quando ocorrem problemas durante a execução da mesma.

Principais parâmetros utilizados:

- Frequência Cardíaca
- Pressão Arterial
- Temperatura da Pele
- Movimento dos Olhos
- EEG (eletroencefalograma)

### **Medidas Subjetivas**

Visto que carga mental é um constructo psicológico, parece apropriado que sua mensuração se dê por métodos subjetivos (CAIN, 2007). Tais métodos geralmente incluem entrevistas e/ou questionários com operadores de um determinado sistema ou máquina, a fim de se obter dados relativos à tarefa executada. As respostas desses operadores são classificadas em escalas indicativas do nível de carga mental de trabalho envolvido na tarefa.

Segundo o autor, apesar do caráter bastante subjetivo desse tipo de avaliação, tais métodos são bastante utilizados, pois permitem quantificar interpretações e julgamentos pessoais das demandas de tarefa experimentadas.

As medidas subjetivas classificam-se como as mais usadas para mensurar carga mental de trabalho e partem do princípio que o nível de desgaste mental ou carga estará associado às capacidades do trabalhador em desempenhar o seu trabalho. De modo geral acredita-se que o trabalhador e sua subjetividade seriam os indicadores mais eficientes relacionados ao nível de carga, subcarga ou sobrecarga (SOUZA, 2010).

As técnicas de avaliação subjetivas são caracterizadas como unidimensionais e multidimensionais. As medidas unidimensionais são as que proporcionam uma mensuração global da carga mental, avaliando-a a partir de uma dimensão. As escalas ou métodos classificados como multidimensionais são os mais usados por proporcionarem maior acessibilidade às características da carga mental de trabalho, já que estes avaliam a carga na sua complexidade considerando mais de uma dimensão que possa estar envolvida com a carga mental.

### **Levantamento de Técnicas para Análise de Carga de Trabalho Mental**

Existem diversas técnicas para avaliação da carga de trabalho mental, muitas delas ainda não validadas. O Quadro 5 apresenta resumo dos principais métodos já validados cientificamente:

Método	Classificação	Vantagens	Desvantagens
Medição de Performance em tarefas primárias	Comportamental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oferece uma indicação direta da performance</li> <li>- Técnica efetiva para tarefas de longa duração</li> <li>- Pode ser facilmente utilizada em conjunto com outros tipos de técnicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Em alguns testes pode não fazer distinção entre os níveis de carga mental.</li> <li>- Não é um método confiável se usado isoladamente.</li> </ul>
Medição de Performance em Tarefas Secundárias	Comportamental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensível a variações de carga mental</li> <li>- Fácil de Usar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tem mostrado precisão apenas com altas variações na carga mental.</li> <li>- Intrusiva à performance da tarefa primária.</li> <li>- Requer cuidado na elaboração da tarefa secundária, para garantir que utilizem os mesmos recursos da tarefa primária.</li> </ul>
Medições Fisiológicas	Fisiológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demonstra ser sensível às variações de carga mental.</li> <li>- Os dados são gravados continuamente durante o teste.</li> <li>- Pode ser usado para análise de tarefas reais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os dados obtidos podem ser confundidos em razão de variações externas.</li> <li>- Os equipamentos de medição são difíceis de usar.</li> <li>- Os equipamentos de medição são fisicamente intrusivos.</li> </ul>
NASA Task Load Index	Subjetiva Unidimensional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápida e fácil de usar, requer pouco tempo e custo.</li> <li>- Sub-escalas genéricas, permitindo aplicação em qualquer domínio.</li> <li>- Os dados obtidos são mais fáceis de analisar do que os obtidos com ferramentas multidimensionais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medição de carga mental simples.</li> <li>- Limitada a tarefas de controle manual.</li> <li>- Não é tão precisa como o Nasa-TLX ou o SWAT.</li> </ul>
SWAT ( <i>Subjective Workload Assessment Technique</i> )	Subjetiva Multidimensional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápida e fácil de usar, requer pouco tempo e custo.</li> <li>- Sub-escalas genéricas, permitindo aplicação em qualquer domínio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais complexo de analisar do que técnicas de avaliação unidimensionais.</li> <li>- Estudos sugerem que o NASA-TLX é mais preciso nas variações de carga mental.</li> <li>- Os níveis de carga mental podem estar relacionados à performance da tarefa.</li> </ul>
SWORD ( <i>Subjective Workload Dominance</i> )	Subjetiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápida e fácil de usar, requer pouco tempo e custo.</li> <li>- Muito efetiva para comparação de carga mental em duas ou mais interfaces.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais complexo de analisar do que técnicas de avaliação unidimensionais.</li> <li>- Os dados são coletados após a execução da tarefa. Existem muitos problemas relativos à este aspecto principalmente por causa da performance do indivíduo.</li> </ul>
DRAWS ( <i>Defence Research Agency Workload Scales</i> )	Subjetiva Multidimensional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápida e fácil de usar, requer pouco tempo e custo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais complexo de analisar do que técnicas de avaliação unidimensionais.</li> <li>- Os dados são coletados após a execução da tarefa.</li> <li>- Uso limitado.</li> </ul>
MACE ( <i>Malvern Capacity Estimate</i> )	Subjetiva Unidimensional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápida e fácil de usar, requer pouco tempo e custo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os dados são coletados após a execução da tarefa.</li> <li>- Evidências de uso e validade limitados.</li> </ul>
Workload Profile Technique	Subjetiva Multidimensional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápida e fácil de usar, requer pouco tempo e custo.</li> <li>- Baseada em uma teoria sólida (Teoria dos Múltiplos Recursos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais complexo de analisar do que técnicas de avaliação unidimensionais.</li> <li>- Os dados são coletados após a execução da tarefa.</li> </ul>

Quadro 5: Resumo de técnicas de avaliação de carga de trabalho mental  
Fonte: Adaptado de Salmon et al. (2004).



Dentre as técnicas citadas, para este artigo serão analisadas as mais utilizadas e conhecidas no desenvolvimento de interfaces humano-computador, sendo estas a técnica SWAT e a NASA-TLX. Será abordado com maiores detalhes a técnica de Avaliação das Funções Oculares (movimento dos olhos e piscar de olhos), que se situa dentro da categoria de medidas fisiológicas e vem sendo utilizada com maior frequência nos últimos anos devido ao desenvolvimento de tecnologias como o eye-tracking<sup>3</sup>. Por fim será feita uma pesquisa mais aprofundada da técnica denominada *Workload Profile Technique* por ser a relativamente mais recente dentre as técnicas de medição de carga mental e por ter um embasamento mais sólido.

### Nasa-TLX (*Nasa Task Load Index*)

O NASA TLX foi desenvolvido por Hart e Staveland (1988), sendo aperfeiçoado continuamente. É um procedimento de avaliação multidimensional que provê uma pontuação global da carga de trabalho baseado em uma média ponderada de avaliações em seis dimensões ou sub-escalas (Quadro 6):

Definição das 6 Dimensões do NASA-TLX

Dimensões	Definições
Mental	Quantidade de atividade mental e perceptiva que a tarefa exige (decidir, pensar, calcular, procurar, etc.)
Física	Quantidade de atividade física que a tarefa exige (puxar, empurrar, girar, etc.)
Temporal	Nível de pressão temporal percebida. Razão entre o tempo necessário e o tempo disponível para a execução da tarefa.
Satisfação/Rendimento	Medida em que o indivíduo se sente satisfeito com o rendimento e desempenho de seu trabalho.
Esforço	Medida de esforço físico e mental que o indivíduo precisa realizar para alcançar seu nível de rendimento.
Nível de Frustração	Nível de insegurança, estresse, irritação e outros sentimentos/estados negativos que o usuário experimenta durante a execução da atividade.

Quadro 6: Definições das 6 dimensões do NASA-TLX.  
Fonte: Adaptado de CARDOS

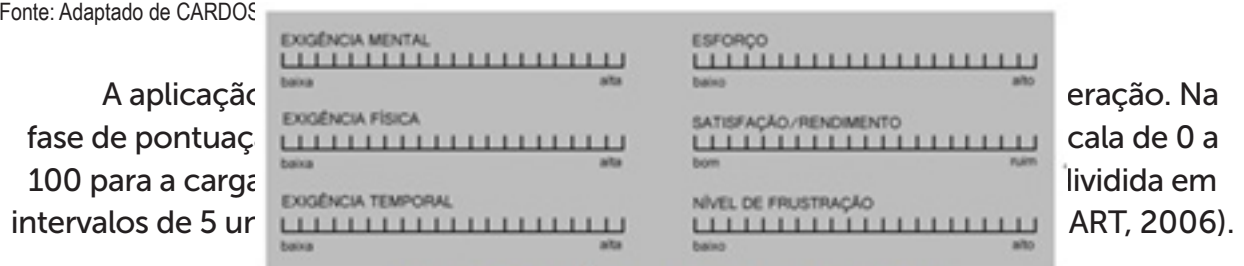


Figura 1: Dimensões da carga mental da NASA-TLX.  
Fonte: Adaptado de Hart (2006).

Na fase de ponderação o participante define os fatores relevantes de carga. São

<sup>3</sup> Eye-tracking é uma tecnologia que permite capturar o movimento dos olhos e a posição do olhos (local em uma tela ou em um determinado objeto onde o olho se mantém focado por mais tempo).

apresentados aos participantes quinze comparações binárias das seis dimensões para os quais ele deve escolher, entre cada par, qual ele percebe como maior fonte de carga (Figura 2). Obtém-se desta maneira um peso para cada um dos fatores em função do número de vezes que ele apareceu. Cada fator pode receber peso zero (não apareceu nenhuma vez e portanto não é considerado relevante) até peso cinco (o fator foi escolhido todas as vezes e, portanto, é considerado a fonte de carga mais importante) (BETIOL, 2004).

F-M	T-F	T-Fr
T-M	R-F	T-E
R-M	Fr-F	R-Fr
Fr-M	E-F	R-E
E-M	T-R	E-Fr

Figura 2: Comparações binárias das 6 dimensões de carga mental.  
Fonte: Adaptado de Hart (2006).

Conta-se o número de seleções de cada fator e pode-se obter, por exemplo:  $M=3$  (M foi selecionada em três comparações),  $F = 0$ ,  $T = 5$ ,  $R = 1$ ,  $Fr = 3$ ,  $E = 3$  (total = 15). A pontuação obtida na primeira fase da aplicação do método (convertida para uma escala de 100) é multiplicada pelo valor obtido na fase de ponderação, para cada uma das dimensões. Dividindo a soma de todos os valores por 15 (total das combinações binárias) obtém-se por fim a média ponderada da carga de trabalho global da tarefa em estudo.

Além da carga de trabalho global, por meio das sub-escalas (dimensões) é possível determinar com precisão a fonte específica da variação da carga de trabalho. A pontuação ponderada reflete a importância de cada um dos fatores como causadores de carga de trabalho e sua importância subjetiva em cada tarefa (HART, 2006).

### **SWAT (*Subjective Workload Assessment Technique*)**

O método SWAT foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa Reid et al.(1982) e utiliza-se de sub-escalas, indicando que a carga mental de uma tarefa ou atividade é determinada por três fatores ou dimensões: tempo, esforço mental e estresse. Cada dimensão é avaliada por uma escala de três pontos que é definida pelos autores conforme consta no Quadro 7 (CARDOSO, 2010).

SWAT	
Dimensões	Níveis
Tempo	<b>Normalmente sobra tempo:</b> existe a possibilidade de realizar pausas durante o trabalho.
	<b>Às vezes sobra tempo:</b> existe a possibilidade da realização de pausas, porém sem frequência definida.
	<b>Raramente sobra tempo:</b> nunca ou quase nunca sobra tempo para o operador realizar pausas.
Esforço Mental	<b>Pouca exigência mental:</b> o trabalho não exige muito da capacidade mental (atenção, concentração, memória, percepção), sendo, portanto, uma tarefa fácil.
	<b>Moderada exigência mental:</b> o trabalho exige uma capacidade mental moderada.
	<b>Elevada exigência mental:</b> o trabalho requer muito das capacidades mentais do indivíduo.
Estresse	<b>Baixo nível de estresse:</b> o ambiente de trabalho é motivador, permitindo que o trabalhador mantenha-se em equilíbrio emocional.
	<b>Moderado nível de estresse:</b> ocorrências no trabalho podem causar desequilíbrio emocional no indivíduo.
	<b>Elevado nível de estresse:</b> as ocorrências no trabalho sempre impactam no equilíbrio emocional do trabalhador.

Quadro 7: Definições dos níveis de cada uma das 3 dimensões do método SWAT.  
Fonte: Adaptado de Cardoso (2010).

As três dimensões avaliadas por meio do SWAT são subdivididas em outras 3 possibilidades de respostas, a serem selecionadas pelo avaliado, conforme sua realidade de trabalho. O método possui duas fases de aplicação. A primeira fase tem por objetivo a obtenção da escala que os indivíduos utilizam para avaliar a carga mental, segundo a importância dada para cada uma das três dimensões principais. Esta fase é feita antes da execução da tarefa a ser avaliada e requer que os participantes ordenem em ordem crescente as 27 combinações (3x3x3) resultantes em função do nível de carga estimado. Em seguida é feita uma análise de medida conjunta para as ordenações dadas pelos indivíduos, obtendo-se uma escala de intervalo onde é assinalada uma pontuação de 0 a 100 para cada uma das combinações. Por fim, os sujeitos são agrupados em função da dimensão (tempo, esforço mental ou estresse) a que deram maior importância, tendo-se, portanto, uma escala de carga mental diferente para cada grupo (CARDOSO, 2010; VALDEHITA et. al., 2007).

A segunda fase é aplicada após a realização da tarefa com o objetivo é obter a carga mental estimada para tarefas concretizadas. Para tal, os sujeitos avaliam a carga mental de cada tarefa, assinalando 1 (um), 2 (dois) ou 3 (três) em cada uma das três dimensões. Os valores obtidos se transformam em uma pontuação global de carga, aplicando a escala desenvolvida na fase anterior (VALDEHITA et. al., 2007).

### Avaliação das Funções Oculares

Segundo Valdehita et. al. (2007) existem três medidas de carga mental baseadas nas funções oculares: o diâmetro da pupila, as fixações do olhar, e o piscar de olhos. Em 1965, E.H. Hess demonstrou que o tamanho da pupila apresentava pequenas variações, mas altamente consistentes, em função de diversos fatores. Kahneman e Beatty (1966) comprovaram o valor desta técnica como ferramenta de avaliação da carga mental de tarefas que envolvem memória de curto prazo, classificação, percepção,

cálculos matemáticos, etc. A partir dos resultados obtidos em numerosas investigações, estes autores concluíram que o tamanho da pupila pode ser utilizado para avaliar a carga mental relativa a tarefas diferentes, já que o diâmetro aumenta sistematicamente a medida que a carga mental se torna mais elevada. Trata-se de uma medida bastante sensível da carga mental, mas possui problemas em sua utilização.

Um dos inconvenientes mais relevantes deste índice é que o tamanho da pupila é muito sensível às variações do nível de iluminação do ambiente e de fatores emocionais. Por este motivo, sua utilização como índice confiável é restrito a ambientes de laboratório, até porque a aplicação da técnica exige a disposição de aparelhos especiais de custo elevado, que devem ser manejados por pessoal qualificado. Além disso, sua sensibilidade elevada como medida de carga mental de diferentes tarefas limita seriamente seu poder de diagnóstico, ou seja, a capacidade de estabelecer o fator determinante da carga. Por isso, deve ser utilizada unicamente como ferramenta de avaliação global.

Os trabalhos executados para estabelecer a utilidade de padrões de fixação dos olhos como uma medida de carga mental partem da hipótese que a medida que aumenta a carga mental de uma tarefa (fundamentalmente por limitações de tempo), modificam-se os padrões de fixação do olhar. Esta modificação nas estratégias de busca da informação indica que o indivíduo está tentando reduzir seus níveis globais de carga cognitiva. Portanto, trata-se de uma medida de como os sujeitos tentam resolver o problema da carga mental que eles percebem e não da medição da carga mental em si. Os resultados das investigações realizadas mostram, em geral, que à medida que aumenta a carga mental, o olhar se fixa por mais tempo. Para a utilização do padrão de fixação do olhar como uma técnica de avaliação de carga mental, devem ser cumpridas as seguintes condições:

- a) a informação relevante para a tarefa deve aparecer em diversos locais;
- b) a importância relativa dos dados que aparecem em cada local deve ser diferente;
- c) os sujeitos poderão variar ou ajustar as demandas impostas mediante uma modificação em suas estratégias.

A maioria dos primeiros estudos realizados sobre a relação entre o piscar dos olhos e a carga mental recebeu diversas críticas pela qualidade de seu projeto, análise e controle experimental. O principal problema dessas investigações era que consideravam a medida simples do número de piscar por unidade de tempo, a qual mostra uma variabilidade tão elevada que só poderia ser considerada válida em ambientes experimentais com um controle muito rígido. Outras medidas relacionadas, como a duração do piscar (tempo que o olho permanece fechado) e o padrão do piscar, têm-se mostrado úteis para avaliar indiretamente os efeitos em longo prazo da carga mental. Aparentemente, à medida que a carga mental é maior, aumenta a duração e o número de piscadas.

Avaliações de carga de trabalho podem ser usadas não apenas para avaliar as requisições de desempenho, mas também para conformar o design de sistemas às limitações de processamento humano e para prever mudanças na carga de trabalho relativas a modificações no sistema. Uma abordagem para a avaliação da carga de trabalho que recebeu recentemente uma grande atenção envolve a medição do

campo de visão de um observador.

Macworth (1965) descreveu o campo de visão funcional como uma área em torno da fixação central a partir do qual a informação é ativamente processada durante a execução de uma tarefa visual. O campo de visão funcional mostrou-se bastante sensível à carga cognitiva, visto que muda de tamanho de acordo com as exigências de processamento. Com o aumento do processamento das demandas, tipicamente é observada a retração do campo de visão. Macworth (1965) referiu-se a esta retração como "visão de túnel", e propôs que ela serve para evitar uma sobrecarga do sistema de processamento quando há mais informações disponíveis que podem ser processados.

Outros autores (BURSIL 1958; TEICHNER 1968) também discutiram esta retração do campo de atenção com maiores demandas de processamento. Essa modificação do campo visual funcional com as exigências da tarefa foi avaliado em paradigmas de tarefas individuais, tais como a busca visual (EDWARDS e GOOLKASIAN, 1974) e combinação de carga de trabalho e movimento dos olhos, bem como em paradigmas da tarefa dupla, onde a atenção é dividida entre tarefas que envolvem o campo visual da fóvea e visão periférica (HOLMES et al., 1977; WILLIAMS, 1982, 1985).

Estes estudos empregaram medições diretas comportamentais (performance) de carga cognitiva, onde uma avaliação da tarefa comportamental do observador (ex. velocidade, acurácia ou desempenho) é feita.

Com relação ao estudo da modificação do tamanho da pupila relacionado à carga mental, Iqbal, Zheng e Bailey (2004) conduziram um estudo com o objetivo de responder o quanto o tamanho da pupila está relacionado à carga mental de tarefas do mesmo tipo, impostas a um usuário e se esse padrão de relação é consistente com outras categorias de tarefas primárias. O estudo foi baseado em 4 categorias de tarefas (manipulação de objetos, compreensão de leitura, raciocínio matemático e busca) com dois níveis de dificuldade (fácil e difícil).

Para o experimento foram utilizados um óculos HMD (*Head-Mounted Display*) que mede a dilatação da pupila e outro equipamento denominado *Eyelink II*, que possibilita rastrear o movimento dos olhos.

Uma parte importante do estudo foi identificar um conjunto de categorias de tarefas significantes que fosse representativa das tarefas de trabalho diárias. Foram determinadas categorias de tarefas com base em uma revisão de literatura, um questionário informal envolvendo vários usuários, experiência dos autores e a consideração do tempo do usuário para os testes do estudo. Quatro categorias de tarefas foram desenvolvidas, cada uma com 2 níveis de dificuldade (fácil ou difícil):

- Compreensão de leitura: O usuário lê um texto dado e responde questões a respeito. Dois textos com níveis de dificuldades diferentes foram utilizados.

- Raciocínio matemático: O usuário realiza cálculos matemáticos. Para a tarefa fácil, o usuário precisa mentalmente somar 2 números de 2 dígitos e selecionar a opção correta em uma lista com 3 opções. Para a tarefa difícil, o usuário deve mentalmente somar 2 números de 4 dígitos, reter a resposta na memória e decidir se o número ultrapassou o valor em relação a um determinado número dado.

- Busca: O usuário busca por um produto em uma lista de produtos similares de acordo com especificações dadas. Para a tarefa considerada fácil o usuário precisa encontrar o produto em uma lista de 7 produtos de acordo com um critério dado (ex.:

a câmera mais barata). Para a tarefa difícil, o usuário deve encontrar um produto de acordo com 3 especificações (ex.: a câmera 3MP com zoom digital de 3x mais barata).

- Manipulação de Objetos: O usuário deve arrastar e soltar mensagens de e-mail nas pastas apropriadas. É dado ao usuário uma lista de e-mails, quatro pastas e regras de classificação. Para a tarefa fácil a regra era simples e específica, como usar o tamanho do e-mail (1K, 2K ou 3K) na lista. Para a tarefa mais difícil a regra era menos específica, como o uso de tópicos (viagem, cursos, diversão e humor, anúncios). O usuário precisava julgar a informação contida no e-mail.

No laboratório, o usuário respondia a um questionário e recebia instruções gerais para o estudo. Os equipamentos eram colocados no usuário e calibrados. O usuário executava 8 tarefas – 1 fácil e uma difícil para cada uma das categorias, recebendo instruções específicas para cada uma delas e podendo treinar as tarefas antes do teste para familiarização com o equipamento e com a própria tarefa.

O tamanho da pupila a ser utilizado como base foi estabelecido por meio da medição do tamanho da pupila do usuário ao fixar o olhar em uma tela preta por 10 segundos. A partir de então, o usuário era encaminhado para a execução da primeira tarefa. Após completar cada categoria de tarefas, o usuário classificava a dificuldade da tarefa em uma escala de 1 a 5 (5 = Muito difícil e 1 = Muito fácil). A ordem das tarefas e das categorias era aleatória.

Os participantes foram instruídos a executarem as tarefas da forma mais rápida e precisa possível. As interações com o vídeo foram todas gravadas. Foram coletados dados como a classificação subjetiva dos usuários relativos à tarefa, bem como o tempo para completar cada tarefa para avaliação da carga mental. Os dados da pupila dos usuários (informações de movimentação dos olhos) e as atividades executadas na tela foram gravados de forma separada. Esses dois conjuntos de dados foram sincronizados baseado nos registros de data e hora. Para cada usuário, foi analisado a porcentagem de mudança no tamanho da pupila (PCPS), resultado do tamanho da pupila em cada tarefa menos o tamanho base estabelecido, dividido pelo tamanho base (Iqbal, Zheng e Bailey, 2004).

A análise de variância (ANOVA) mostrou que o nível de dificuldade da tarefa tem efeitos principais no PCPS. Este resultado sugere que a carga de trabalho mental varia de acordo com as sub-tarefas, dentro de uma hierarquia, e o tamanho da pupila corresponde a essas mudanças.

Da análise dos resultados obtidos empiricamente, conclui-se que:

- Uma tarefa hierárquica impõe variações de carga mental. Apesar de mensurações como o tempo necessário para completar a tarefa e a classificação subjetiva dada pelos usuários proverem uma medida geral da carga de trabalho para cada tarefa, eles não refletem as mudanças na carga de trabalho que o usuário experimenta durante a execução da tarefa, e, além disso, essas mudanças são significativamente diferentes durante este desenvolvimento.

- O tamanho da pupila está relacionado com a carga cognitiva para tarefas interativas. Como esperado, o tamanho da pupila do usuário aumenta no início da execução da tarefa e diminui, chegando à medida base, ao final da tarefa. Para uma tarefa que exigia um esforço constante, como a tarefa de busca, o tamanho da pupila apresentou relação com a dificuldade da tarefa global.

- Tarefas hierárquicas provocam variações de carga de trabalho mental e o tamanho da pupila está bem relacionado com essas mudanças. Utilizando apenas sub-tarefas cognitivas para comparação do tamanho da pupila, são detectadas diferenças entre as tarefas mais fáceis e as mais difíceis em cada categoria. O resultado mais relevante, porém, é que a ascensão e queda do gráfico de resposta do tamanho da pupila está de acordo com o início e conclusão das sub-tarefas (Iqbal, Zheng e Bailey, 2004).

Com base nos resultados desta pesquisa, pode-se observar que o tamanho da pupila pode fornecer uma medida confiável da carga de trabalho mental para tarefas interativas.

Ainda que as medições fisiológicas diretas tenham a vantagem de eliminar a possibilidade de distorção subjetiva e, geralmente, não interferirem com o desempenho da tarefa, KAHNEMAN (1973) sugeriu que para que seja válida, os indicadores fisiológicos de carga devem satisfazer três critérios essenciais:

1. Eles devem ser sensíveis a variações na demanda da tarefa produzidas por mudanças nos parâmetros da tarefa.
2. Eles devem refletir diferenças entre tarefas na carga de processamento provocada por operações qualitativamente diferentes do ponto de vista cognitivo.
3. Eles devem ser sensíveis às diferenças individuais de carga de processamento e às diferentes habilidades para desempenho da tarefa.

### ***Workload Profile Technique***

*Workload Profile Technique* (WPT, ou, em português, Técnica de Perfil de carga de trabalho) é uma das técnicas validadas mais recentes de avaliação de carga de trabalho mental, desenvolvida em 1996 por Tsang and Velazquez. Trata-se de uma avaliação subjetiva multidimensional de carga de trabalho mental baseada no modelo de recursos de atenção múltiplos de Wickens (1987). Os participantes classificam a demanda imposta pela tarefa sob análise para cada dimensão definida na teoria de múltiplos recursos. As dimensões de carga de trabalho são (SALMON et al., 2004):

- Processamento perceptivo/central:
- Seleção de resposta e execução
- Processamento espacial
- Processamento verbal
- Processamento visual
- Processamento auditivo
- Resposta motora
- Resposta discursiva

Ao finalizarem as tarefas dadas, os participantes assinalam uma classificação entre 0 (sem demanda) e 1 (máxima demanda) para cada dimensão de carga de trabalho (Tabela 1). As classificações para cada tarefa são então somadas a fim de determinar a carga de trabalho global da tarefa. Este método é considerado fácil de ser aplicado, porém a análise dos dados é complexa. Por ser uma técnica relativamente recente, existe pouco material a respeito de suas características e aplicações. Apesar disso, a técnica tem uma base sólida na psicologia cognitiva, o que pode gerar dados mais confiáveis (SALMON et al., 2004).

Dimensões da Carga Mental								
Estágio do Processo		Código de Processo		Entrada		Saída		
Tarefa	Perceptiva/Central	Resposta	Espacial	Verbal	Visual	Auditiva	Manual	Fala
m2								
m2s1								
m2s3								
m4								
m4s1								
m4s3								
s1								
s3								

Tabela 1: Classificação das dimensões de carga de trabalho.  
 Fonte: Adaptado de Rubio et al. (2004).

A teoria (modelo dos recursos múltiplos) em a técnica é embasada é representada por um cubo (devido à suas três dimensões), conforme a Figura 3.

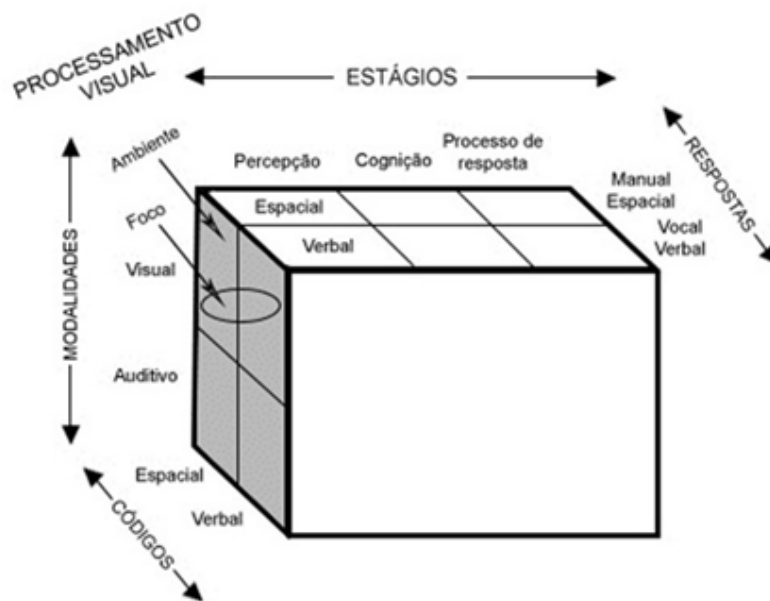


Figura 3: Modelo dos múltiplos recursos (4-D).  
 Fonte: Adaptado de Rubio et al. (2004).

A dimensão de etapa de processamento indica que tarefas perceptivas e cognitivas (ex: memória de trabalho) utiliza diferentes recursos daqueles relacionados à seleção e execução para ação (ISREAL, CHESNEY, WICKENS e DONCHIN, 1980).

A dimensão dos códigos de processamento indica que a atividade espacial utiliza recursos diferentes dos verbais/linguísticos, uma dicotomia expressa na percepção, na memória de trabalho (BADDELEY, 1986) e na ação (ex: fala vs controle manual, LIU e WICKENS, 1992).

A dimensão das modalidades (intrínseca à percepção, mas não manifesta dentro da cognição ou resposta) indica que a percepção auditiva utiliza diferentes recursos do que as utilizadas na percepção visual.



À essas três dimensões, posteriormente, foi adicionada uma quarta: os canais visuais, distinguindo a visão focal da visão ambiente, uma dimensão relacionada aos recursos visuais. A Visão focal, principalmente (mas não exclusivamente) a visão de fóvea (*foveal*, em inglês) está relacionada ao reconhecimento de objetos e, em particular, a percepção de alta acuidade, como as envolvidas em atividades como ler um texto e reconhecer símbolos. A visão ambiental, distribuída em todo o campo visual e (ao contrário da visão focal) preservando sua competência na visão periférica, é responsável pela percepção de orientação e movimento, útil para tarefas que exigem andar em direções específicas ou se manter na pista em uma estrada (HORREY, WICKENS e CONSALUS, 2006).

A justificativa para a definição dessas quatro dimensões é baseada na confluência e satisfação conjunta de dois critérios. Em primeiro lugar, as quatro dimensões que definem o modelo deve ter plausibilidade neurofisiológica, no sentido de que as dimensões definidas têm paralelos na anatomia do cérebro.

No modelo proposto (3D + 1, Figura 3) observa-se que: (a) atividade perceptivo-cognitiva está associada com a atividade neural posterior aos sulcos centrais do cérebro, enquanto que a atividade motora e a ação orientada está associada à anterior; (b) uma linha bem estabelecida de pesquisa associa o processamento de material espacial e verbal, respectivamente, com os hemisférios direito e esquerdo do cérebro da maioria dos indivíduos.

Rubio et al. (2004) realizaram dois testes experimentais utilizando a técnica WPT: (1) Tarefa de recuperação de memória de Sternberg e (2) Tarefa de busca. As duas foram implementadas por meio da utilização de um programa de computador. Os testes foram realizados com o objetivo de comparar a WPT com a NASA-TLX e a SWAT. Os resultados obtidos serão tratados no próximo tópico.

## Comparação entre técnicas

O método SWAT envolve maior número de combinações (27 combinações) que possibilitam expressar o peso das dimensões para cada tarefa, o que pode expressar significativa diferença em relação ao tempo utilizado para a aplicação do método, em relação ao NASA-TLX. Além disso, o SWAT contempla apenas 3 dimensões enquanto que o NASA-TLX considera 6 dimensões na avaliação da carga mental. Porém, ambos os métodos apresentam características muito similares por serem métodos subjetivos, multidimensionais, seguirem os mesmos procedimentos de aplicação e mesma escala de correlação (CARDOSO, 2010).

Segundo a mesma autora, em relação ao desempenho dos métodos NASA-TLX e o SWAT, ambos apresentam semelhanças na escala de classificação, bem como acessam a carga partindo do princípio que esta trata-se de um fenômeno multidimensional. Porém, diferenças foram observadas e referem-se especialmente aos seguintes aspectos:

- Através dos resultados obtidos na pesquisa de Cardoso (2010), identificou-se que o método NASA-TLX, através de seu modelo de apresentação dos resultados, mostra-se ligeiramente mais sensível em termos de dimensões associadas à carga

mental, enquanto que o SWAT mostra-se ligeiramente mais sensível no que se refere ao resultado global da carga mental de trabalho e em casos de comparação do desempenho do trabalhador em diferentes atividades.

- Alguns aspectos observados através dos resultados obtidos indicam que cada um dos métodos pode ser melhor aplicado de acordo com o objetivo do estudo. O método SWAT mostrou -se mais indicado para a comparação dos resultados da carga em diferentes tarefas, e o NASA-TLX para comparar os resultados de diferentes sujeitos para uma mesma tarefa.

- Em relação ao tempo investido para a aplicação dos métodos, a aplicação do método SWAT foi bastante cansativa para os avaliados, por contemplar maior número de possíveis combinações que representam o peso de cada dimensão para o avaliado. Por isso, a aceitação do método NASA-TLX foi maior na opinião dos avaliados.

De acordo com Rubio et al. (2004), as técnicas NASA-TLX e SWAT não proveem resultados tão satisfatórios com relação ao diagnóstico. No mesmo estudo, a validade das avaliações subjetivas da carga de trabalho foi examinada pelo grau de concordância entre a carga de trabalho e o desempenho. Nesse sentido, a NASA-TLX obteve uma correlação aceitável com as duas medidas de desempenho, indicando que este instrumento apresenta uma boa validade.

Rubio et al. (2004) realizaram um estudo para comparação da técnica NASA-TLX, SWAT e Workload Profile Technique. Segundos os autores, existem vários estudos que comparam a NASA-TLX e a SWAT, enquanto a *Workload Profile Technique* foi avaliada em apenas um estudo (Tsang & Velazquez, 1996).

Neste estudo, as três técnicas foram comparadas com relação aos seguintes critérios:

- medida do quanto a técnica é intrusiva
- sensibilidade
- validade
- possibilidade de diagnóstico
- requisitos para implementação
- aceitabilidade por parte do operador

Não houve diferenças com relação ao aspecto da intrusão na comparação entre as três técnicas.

Com relação à possibilidade de diagnóstico, os instrumentos de avaliação subjetivos não são tradicionalmente utilizados. Porém, estudos sugerem que técnicas multidimensionais podem prover informações de diagnóstico válidas relativas às fontes de carga mental (HART e STAVELAND, 1988; REID e NYGREN, 1988), embora estes instrumentos não permitam a obtenção de dados relativos aos recursos de atenção relativos à demanda da tarefa. No desenvolvimento da *Workload Profile Technique*, um dos objetivos mais importantes era a obtenção de um instrumento que pudesse prover um diagnóstico de perfil de carga que fosse útil para descrever as origens das demandas das tarefas. Tsang e Velazquez (1996) verificaram que por meio da relação de testes onde as tarefas fossem consistentes com o modelo dos múltiplos recursos, os sujeitos tinham a capacidade de reportar adequadamente a origem dos recursos que a tarefa exige. No estudo de Rubio et al. (2004), os resultados foram bastante similares, revelando que:

- Tarefas de busca exigem recursos principalmente espaciais enquanto a demanda de tarefas de memória exigem principalmente recursos verbais.

- A dificuldade dos objetivos a serem cumpridos aumenta proporcionalmente as demandas de processamento perceptivas/centrais e de resposta.

- A execução de tarefas simultâneas aumenta consideravelmente a demanda de processamento perceptivo/central, verbal e de resposta em comparação com a execução de apenas uma tarefa.

Finalmente, a sensibilidade dos três instrumentos foi avaliada por meio de análises de variância (Rubio et al., 2004). Os resultados obtidos foram consistentes com outros estudos, demonstrando que a NASA-TLX apresenta sensibilidade maior para algumas diferenças de carga mental, não avaliadas pela SWAT. A sensibilidade do WPT em relação aos dados obtidos se mostrou maior do que utilizando a SWAT e a NASA-TLX.

## **Orientações para aplicação de técnicas de avaliação de carga de trabalho mental**

A partir deste estudo propõem-se algumas recomendações para avaliação de carga mental:

- Para qualquer avaliação de carga mental complementar aos estudos em ergonomia, recomenda-se inicialmente a aplicação de algum método que contemple fatores associados à atividade de trabalho que possibilitem o conhecimento de diversos fatores que possam influenciar na carga mental de trabalho.

- Em relação à avaliação da carga mental, se o objetivo é predizer o desempenho de um indivíduo em particular em uma tarefa, o NASA-TLX mostra-se como mais recomendado. Entretanto, se o objetivo for uma análise ou comparação entre diversas tarefas e sujeitos, observou-se que a melhor opção seria o método SWAT, por possibilitar uma apresentação de resultados que melhor evidencia estes aspectos comparativos.

A aplicação de apenas um método subjetivo para a avaliação da carga mental pode não ser suficiente para o entendimento dos problemas relativos a este aspecto. Por este motivo, Moray apud Iqbal, Zheng e Bailey (2004), afirma que os melhores resultados são obtidos ao combinarmos os métodos fisiológico e subjetivo.

Ao selecionar uma técnica de avaliação de carga de trabalho, ou mais de uma, o analista deve considerar o objetivo da avaliação. Se várias opções de projeto precisam ser classificadas com relação à carga de trabalho, então talvez uma técnica unidimensional, que dá uma escala geral de carga de trabalho seja suficiente. Se mais informação de diagnóstico é necessária, não podendo ser obtida através de entrevistas, então a técnica NASA-TLX pode ser a mais apropriada (CAIN, 2007).

Farmer e Brownson (2003) recomendam a seguinte lista de técnicas:

- 1) Modified Cooper-Harper (MCH);
- 2) Instantaneous Self Assessment (ISA);
- 3) Tarefas Primárias e Secundárias;
- 4) Frequência Cardíaca;
- 5) NASA-TLX;

- 6) Defence Research Agency Workload Scale (DRAWS);
- 7) Piscar de olhos

Dentre as técnicas escolhidas, é recomendado que se tenha pelo menos uma objetiva (medição de tarefa primária e secundária, ou testes fisiológicos) e uma subjetiva. Em conjunto, recomenda-se a aplicação de uma técnica de análise subjetiva multidimensional como a Nasa-TLX ou a SWAT. A Workload Profile Technique é ainda pouco utilizada em estudos relativos à carga mental, especificamente em interfaces gráficas. São necessários mais estudos para a verificação da aplicação desta técnica em interfaces gráficas, porém, dada sua base sólida e resultados comparativamente melhores em comparação à NASA-TLX e a SWAT, de acordo com os autores citados neste artigo, existe uma indicação de que a técnica seria bastante adequada para essas avaliações.

## **Conclusão**

Considerando que a Ergonomia busca entender a relação homem-trabalho com a finalidade de proporcionar melhorias, torna-se de grande importância o estudo da carga de trabalho mental envolvida nessas tarefas. Este artigo tratou das interações homem-máquina, com o objetivo de conhecer as técnicas de avaliação de carga mental envolvida nestas. Segundo Cardoso (2010) existem poucos estudos que investigam as características da carga mental em situações reais de trabalho ou de interação. Relativo a este assunto, foram encontradas poucas referências em português, o que demonstra que a carga mental aplicada ao trabalho é uma área de estudo que carece de pesquisas científicas principalmente no Brasil. Destaca-se esta carência, pois novas possibilidades de estudos e intervenções são possíveis com maior estudo na área, evitando assim problemas relacionados à interação homem-máquina, como frustração, irritabilidade ou sentimento de incompetência, o que pode ocasionar até mesmo problemas de saúde em longo prazo. Os estudos com ênfase na investigação da carga mental também podem colaborar para o investimento e aperfeiçoamento das competências e habilidades do trabalhador.

As medidas de avaliação de carga de trabalho mental subjetivas apresentaram-se como as mais indicadas na literatura devido a sua facilidade de aplicação e a abordagem de experiências subjetivas, relatadas pelos usuários. Ainda assim, destaca-se a importância de combinar estas técnicas com outras que permitem a obtenção de dados mais objetivos, que é o caso das medições fisiológicas. No design de interfaces, percebe-se que a técnica de análise das funções oculares, que pode incluir a avaliação do diâmetro da pupila, o rastreamento do movimento dos olhos ou o ato de piscar mostrou-se mais indicada, por ser mais fácil de ser medida nestas situações, além do fato de permitir a obtenção de dados coerentes com os dados obtidos com a utilização de outras técnicas em conjunto.

Apesar do avanço de pesquisa na área das ciências cognitivas com relação ao desenvolvimento de técnicas de avaliação de carga mental, a literatura evidencia que atualmente nenhum dos instrumentos existentes cumpre todos os critérios propostos pela teoria. Este aspecto reforça a importância dos estudos na área, além do uso de mais de uma técnica para uma maior aproximação da validade dos dados. Por este

motivo, deu-se ênfase à técnica WPT, por ser relativamente mais recente e possuir uma base teórica bastante sólida, originada dos estudos da psicologia cognitiva.

Rubio et al. (2004) enfatizam a necessidade de pesquisas na área de carga mental com o objetivo de desenvolver modelos de processamento de informação humana que possibilitem a criação de novos procedimentos de medição para melhorar as propriedades das técnicas de avaliação existentes. Os autores acreditam que a WPT, assim como a NASA-TLX e a SWAT podem ser aplicadas em tarefas reais e complexas, mas para uma conclusão definitiva sobre a técnica, são necessários mais estudos.

## Referências

BETIOL, Adriana. *Avaliação de usabilidade para os computadores de mão: Um estudo comparativo entre três abordagens para ensaios de interação* Diss. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção)–UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BURSILL, A.E. The restriction of peripheral vision during exposure to hot and humid conditions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 10, 113-129, 1958.

CAIN, Brad. *A review of the mental workload literature*. DEFENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT TORONTO (CANADA), 2007.

CARDOSO, Mariane de Souza. *Avaliação da Carga Mental de Trabalho eo Desempenho de Métodos de Mensuração: NASA TLX e SWAT*. Diss. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas. Área de Concentração: Ergonomia). Universidade Federal de Santa Catarina (USFC), Florianópolis, 2010.

CORRÊA, Fábio de Paula. *Carga mental e ergonomia*. Diss. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

EDWARDS, D.C.; GOOLKASIAN, P.A. Peripheral vision location and kinds of complex processing. *Journal of Experimental Psychology* 102, 244-249, 1974.

FARMER, E.; BROWNSON, A. Review of workload measurement, analysis and interpretation methods. *European Organization for the Safety of Air Navigation*: 33. 2003.

HART, S. G. *NASA-Task Load Index (NASA-TLX): 20 Years Later*. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting, 904-908. Santa Monica: HFES, 2006.

HESS, E.H. Attitude and pupil size. *Scientific American*, 212, 46-54, 1965.

HORREY, W. J.; WICKENS, C. D.; CONSALUS, K. P. Modeling drivers' visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 12(2), 67–86. 2006.

IQBAL, Shamsi T., ZENG, Xianjun S;BAILEY, Brian P. Task-evoked pupillary response to mental workload in human-computer interaction. *CHI'04 extended abstracts on Human factors in computing systems*. ACM, 2004.

ISO 10075-2. *Ergonomic Principles Related to Mental Workload* - Part 2: Design principles, 1996.

ISREAL, J.; CHESNEY, G.; WICKENS, C. D.; DONCHIN, E. P300 and tracking difficulty: Evidence for a multiple capacity view of attention. *Psychophysiology*, 17,259–273.1980.

JORGENSEN, A. H.; GARDE, A. H.; LAURSEN, B. & JENSEN, B. R. *Applying the concept of mental workload to IT-work*. Finland, 1999 –Cyberg,1999.

KAHNEMAN, D.; BEATY, J. Pupil diameter and load on memory. *Science*, 154, 1583-1585, 1966.

LEPLAT, J.; CUNY, X. *Introdução à psicologia do trabalho*. Tradução Helena Domingos.m Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1977.

LIU, Y.; WICKENS, C. D. Visual scanning with or without spatial uncertainty and divided and selective attention. *Acta Psychologica*, 79,131–153. 1992.

MACWORTH, N.H. *Visual noise causes tunnel vision*. *Psychonomic Science* 3, 67-68, 1965.

MAY, James G. et al. Eye movement indices of mental workload. *Acta Psychologica*, v. 75, n. 1, p. 75-89, 1990.

MESHKATI, N.; HANCOCK, P. A. (Ed.). *Human mental workload*. New York: Elsevier,1988. Disponível em: < [http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang\\_en|lang\\_pt&id=ltG1YGvRJ9oC&oi=fnd&pg=PP2&dq#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_en|lang_pt&id=ltG1YGvRJ9oC&oi=fnd&pg=PP2&dq#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em nov. 2013.

MIYAKE, S. Multivariate workload evaluation combining physiological and subjective measures. *International Journal of Psychophysiology*, 40, 233-238, 2001.

MOURA, W. *Trabalho e Doença Existencial: uma visão psicossociológica das doenças ocupacionais*. Rio de Janeiro: Laboratório de Editoração da UFRJ, 1998.

MORAY, N. *Mental Workload Since*, *International Reviews of Ergonomics*, 2, p. 123-150, 1986.

REID, G. B.; EGGEMEIER, F. T.; SHINGLEDECKER, C. A. Subjective workload assessment technique. In: *Proceedings of the AIAA Workshop on Flight Testing to Identify Pilot Workload and Pilot Dynamics*, 281-288, 1982.

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.

SALMON, P. et al. *Human Factors Design & Evaluation Methods Review*. Defense Te-

chnology Centre. 2004.

SANDERS, E.; McCORMICK, E.J. *Human Factors in Engineering and Design*. New York: McGraw-Hill, 1993.

SELIGMANN-SILVA, E. *Desgaste mental no trabalho dominado*. São Paulo: Cortez, 1994.

TEICHNER, W.H. Interaction of behavioral and physiological stress reactions. *Psychological Review*, 75, 271-291, 1968.

TSANG, P. S.; VELASQUEZ, V. L. Diagnosticity and multidimensional subjective workload ratings. *Ergonomics* 39, pp 358-381. 1996.

VALDEHITA, Susana Rubio et al. Modelos y procedimientos de evaluación de la carga mental de trabajo. *EduPsykhé: Revista de psicología y psicopedagogía*, v. 6, n. 1, p. 85-108, 2007.

VELÁZQUEZ, F.F.; LOZANO;G.M.; ESCALANTE, J. N. *Manual de ergonomía*. Madrid: Fundación MAPFRE; 1995.

WIERWILLE, W.W.; RAHIMI, M. Evaluation of 16 measures of mental workload using a simulated flight task emphasizing mediational activity. *Human Factors* 27(5): 489-502. 1985.

WISNER, A. *A inteligência no trabalho: Textos selecionados de ergonomia*. São Paulo: Fundacentro, 1997.

YOUNG, M. S.; STANTON, N. *Handbook of Human Factors Methods*. UK: Taylor & Francis, 2001.