

# Avaliação da Usabilidade Técnica e Pedagógica no Desempenho de Alunos em *E-Learning*

Doris Simone Reitz  
Informática na Educação - UFRGS  
Porto Alegre, RS, Brasil  
+55 (51) 99859109  
doris.r@terra.com.br

José Valdeni de Lima  
Instituto de Informática - UFRGS  
Caixa Postal 15064  
91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil  
+55 (51) 33166795  
valdeni@inf.ufrgs.br

Margarete Axt  
Faculdade de Educação - UFRGS  
Av. Paulo Gama, 110  
90046-900, Porto Alegre, RS, Brasil  
+55 (51) 33083986  
maaxt@ufrgs.br

## RESUMO

O objetivo principal do presente estudo é o de identificar os aspectos de usabilidade técnica e pedagógica significativos ao desempenho dos alunos em um contexto de e-learning. Na aplicação dos experimentos propostos pela metodologia os alunos interagem com o material de aprendizagem, respondem ao teste de desempenho, e em seguida avaliam a usabilidade técnica e pedagógica através do questionário de avaliação da usabilidade. Os resultados são apresentados de acordo com os pontos críticos e facilitadores de usabilidade segundo a avaliação dos alunos. Também são apresentados aspectos de usabilidade técnica e pedagógica significativos ao desempenho de alunos em um contexto de e-learning. Foi verificada uma interferência significativa sobre o desempenho para os alunos que utilizaram o material de aprendizagem sob condições adequadas de usabilidade técnica e pedagógica.

## Categorias e Descritores de Assuntos

H.1.2 [Information Systems]: User/Machine Systems – *Human factors*.

## Termos Gerais

Fatores Humanos, Desempenho.

## Palavras-Chaves

E-learning, Usabilidade Técnica, Usabilidade Pedagógica, Desempenho de Alunos, Interação Homem-Computador.

## 1. INTRODUÇÃO

A usabilidade representa uma função primordial para o sucesso de aplicações de *e-learning*. Se um sistema *e-learning* é difícil de usar, o aprendiz é forçado a despender muito mais tempo para entender a funcionalidade do sistema, ao invés de compreender o conteúdo de aprendizagem. Além disso, se a interface do sistema é rígida, lenta, e pouco agradável, as pessoas desejam somente deixá-la e esquecê-la. Ao utilizar-se uma interface de pouca usabilidade por um longo período, os aprendizes podem incorrer em problemas como: distúrbios de atenção e acomodação dos

novos conceitos, e dificuldades na retenção das informações quanto ao que está sendo aprendido. Assim, um produto formativo deveria ser interativo e proporcionar *feedback*; possuir metas específicas; motivar, convidando continuamente para desafios; proporcionar ferramentas adequadas; e prevenir distrações e fatores de perturbação que possam interromper o fluxo da aprendizagem [1].

Para [2], a estrutura cognitiva humana inclui uma memória de trabalho de capacidade e duração extremamente limitadas para os canais visuais e auditivos, e uma memória de longo prazo infinita capaz de reter muitos esquemas que podem variar em diferentes graus de automatismos. Tais estruturas cognitivas se adaptam no sentido de gerenciar as informações que se modificam na medida em que os elementos são processados de forma sucessiva ou simultânea impondo uma pesada carga à memória de trabalho. A Teoria da Carga Cognitiva usa esta combinação de informações e estruturas cognitivas para guiar o projeto educacional. Assim, o conhecimento da estrutura cognitiva humana é essencial para o projeto educacional, e os variados efeitos de projetos educacionais dependem decisivamente da maneira pela qual o ser humano processa a informação.

A premissa básica da teoria da carga cognitiva é a de que o foco de um material educacional deva ser a própria instrução. Um usuário de interface que se esforça para minimizar a carga cognitiva associada às operações para com a interface em si, possui menos recursos cognitivos disponíveis para a realização de suas tarefas. Assim, a instrução deve ser organizada de forma a minimizar a carga cognitiva e a diminuir a sobrecarga da memória de trabalho. Portanto, a instrução que efetivamente proporcione aprendizagem respeita as limitações humanas em termos de memória de trabalho e explora as habilidades da memória de longo prazo para proporcionar a assimilação do conhecimento [3].

A Norma ISO [4] define o termo usabilidade como “a capacidade de um produto ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico”.

A usabilidade pedagógica é definida de acordo com a classificação de [5], como um subconceito de utilidade; e a usabilidade técnica como um subconceito de usabilidade. Deste modo, além do diálogo entre um usuário e um sistema, a usabilidade pedagógica de um sistema e/ou material de aprendizagem é também dependente de metas estabelecidas pelo estudante e pelo professor em uma situação de aprendizagem.

Para [6], a avaliação da usabilidade pedagógica está relacionada com os objetivos pedagógicos elegidos e com o valor agregado esperado. Os objetivos pedagógicos são influenciados pelas metas de aprendizagem do conteúdo, assim como pelos métodos de

ensino e de aprendizagem. Na avaliação da usabilidade pedagógica deve-se considerar o projeto pedagógico do ambiente de aprendizagem com base em uma teoria de aprendizagem apropriada; e ainda, as habilidades individuais dos alunos quanto aos seus conhecimentos básicos e suas habilidades de aprendizagem na Web, tanto como suas necessidades de motivação, de diversidade e de desenvolvimento. Portanto, a usabilidade pedagógica deve fornecer suporte para a organização do ensino e estudo; suporte para os processos de aprendizagem e instrução, assim como, para o alcance dos objetivos de aprendizagem; e ainda, suporte para o desenvolvimento das habilidades de aprendizagem (ex.: interações com outros participantes, crescimento da autonomia dos alunos e da autoinstrução).

Neste presente estudo foram utilizadas as categorias de usabilidade técnica e pedagógica e definidos seus respectivos conceitos. A usabilidade técnica está relacionada aos critérios e recomendações de usabilidade que apresentam o objetivo de facilitar o uso e proporcionar eficiência às funções, aos objetos de interação e às características das interfaces gerando melhorias quanto à interação dos alunos para com as interfaces do material de aprendizagem. Já a usabilidade pedagógica diz respeito aos critérios e recomendações de usabilidade que visam satisfazer as necessidades dos alunos na realização de tarefas ou de atividades propostas por meio dos elementos da interface do material de aprendizagem.

O objetivo geral desse estudo visa identificar os aspectos de usabilidade técnica e pedagógica significativos ao desempenho de alunos em um contexto de *e-learning*. Também são analisados quais os critérios e os aspectos de usabilidade técnica e pedagógica se apresentam como problemáticos ou facilitadores conforme a avaliação dos alunos. E por fim, verifica-se a importância e a aplicabilidade da usabilidade técnica e pedagógica na elaboração de materiais de aprendizagem em *e-learning*.

## 2. ESTUDOS RELACIONADOS

As pesquisas que se referem aos estudos relacionados dizem respeito aos seguintes autores: [7] descrevem alguns critérios para avaliar a usabilidade de sistemas educacionais em hiperfídia, tais como a estética, a consistência, a autoevidência, a naturalidade das metáforas e a previsibilidade que permitem avaliar a qualidade da interface; [8] elaborou um sumário de critérios de usabilidade técnica e pedagógica; [9] estabeleceram em seus estudos um conjunto de 20 critérios dentro de duas categorias de avaliação para aplicações em Treinamento Baseado na Web; [10] comparou a usabilidade entre ambientes IDLE, WebCT e o papel com caneta; [11] realizaram um estudo piloto empregando uma metodologia denominada como Avaliação Sistemática de Usabilidade (*Systematic Usability Evaluation* - SUE). De acordo com a metodologia SUE foram definidos quatro parâmetros para a análise de módulos e plataformas de *e-learning*; e ainda, [12] apresentam um sumário de alguns modelos e teorias, esquematizam suas principais características, os tipos de abordagens que estas comprovam e como podem ser aplicadas no contexto em *e-learning*.

Corroborando com os estudos dos autores acima citados o presente estudo visa avaliar a usabilidade técnica e pedagógica em um contexto em *e-learning* de forma a contribuir na identificação de aspectos que predisponham melhorias à interação e à aprendizagem, e consequentemente proporcionem um maior desempenho aos alunos.

Pode ser considerado como um diferencial desse estudo frente aos estudos relacionados a avaliação do impacto significativo de questões de usabilidade técnica e pedagógica, seus critérios e respectivas categorias sobre o desempenho dos alunos em materiais em *e-learning*.

Como contribuições do estudo podem-se citar a identificação de aspectos de usabilidade críticos e facilitadores de usabilidade técnica e pedagógica conforme a opinião dos alunos; a identificação dos elementos da interface relativos às questões de usabilidade que contribuam para a melhoria da eficiência das funções, dos objetos de interação e das características das interfaces (usabilidade técnica); assim como, auxiliaram aos alunos na realização de tarefas ou atividades propostas pelo material de aprendizagem (usabilidade pedagógica); e também, a elaboração de uma nova lista base de 72 questões de usabilidade técnica e pedagógica, sendo 47 aplicáveis ao contexto desse experimento, com seus respectivos critérios e categorias específicas ao *e-learning*. Tais contribuições reforçam a relevância da atual pesquisa.

## 3. METODOLOGIA

As três categorias e seus respectivos critérios são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1: Categorias e respectivos critérios de usabilidade.**

<b>1. Usabilidade geral da interface</b>
Visibilidade do status do sistema
Modelo do projetista e modelo do aluno, comparação entre o sistema e o mundo real
Controle do usuário e liberdade
Consistência e aderência às normas
Prevenção de erros
Flexibilidade e eficiência de uso
Design estético e minimalista
Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros
Ajuda e documentação
<b>2. Usabilidade técnica e pedagógica específicas à websites</b>
Simplicidade de navegação, organização e estrutura
Relevância do conteúdo para a aprendizagem
<b>3. Usabilidade pedagógica</b>
Atividade do aluno
Controle do aluno
Aprendizagem colaborativa e cooperativa
Orientação a objetivos
Aplicabilidade
Valor agregado
Avaliação do conhecimento prévio
<i>Feedback</i>
Clareza das metas, objetivos e saídas
<i>Feedback</i> , orientação e avaliação
Contexto significativo ao domínio do aluno
Motivação, criatividade e aprendizagem ativa

A partir de um mapeamento das categorias, critérios e questões de usabilidade apresentados por [13] e [8] a autora desse estudo realizou uma síntese e adaptação definindo categorias de

usabilidade, seus respectivos critérios e uma base de 72 questões de usabilidade técnica e pedagógica. Algumas questões de usabilidade mostraram-se repetitivas quando da união das questões de ambos os autores *op. cit.*; portanto, essas foram excluídas ou adaptadas ao contexto de aplicação do presente estudo. As três categorias de usabilidade definidas foram: a usabilidade geral da interface, a usabilidade técnica e pedagógica específicas para *websites* e a usabilidade pedagógica.

Os instrumentos de avaliação foram aplicados no laboratório de informática da Escola de Educação Profissional SENAI de Porto Alegre, no Curso Técnico em Rede de Computadores - Módulo I. O total de participantes foi de 59 alunos, sendo que 29 alunos participaram no período da manhã e 30 alunos à tarde. Assim, 14 alunos no horário das 08h00min às 09h45min e 15 alunos no horário das 13h30min às 15h15min constituíram o grupo A; e 15 alunos no horário das 10h00min às 11h45min e 15 alunos no horário das 15h30min às 17h15min constituíram o grupo B. O tempo total da aplicação do experimento foi dividido nas seguintes etapas: 10 minutos para instruções gerais aos alunos sobre o experimento; 30 minutos para a interação com o material de aprendizagem por meio do *website*; 30 minutos para a realização do teste de desempenho em formato impresso e com o auxílio da calculadora; e 20 minutos para o preenchimento do questionário de avaliação da usabilidade em formato impresso.

As avaliações foram realizadas em uma sala de laboratório em que puderam ser empregadas condições controladas para os grupos, tais como a homogeneidade da amostra (perfil do usuário, idade, gênero); a configuração de *hardware* e *software* (resolução da tela 1024x768, tamanho da tela 15"); acesso ao curso ao mesmo tempo; e contexto educacional prescrito. O controle de tais condições foi utilizado no sentido de eliminar o impacto de qualquer variável secundária ao desempenho dos aprendizes.

O material de aprendizagem com o conteúdo programático da aula foi disponibilizado através de um *website*. O conteúdo programático elaborado para o experimento abordava dois tópicos sobre Meios Físicos para Redes de Computadores, os quais foram: Unidades de Medidas em Informática e Cálculo de Arquivos de Imagens (Resolução x Cor).

Duas versões do material de aprendizagem foram elaboradas, uma para o grupo A e outra para o grupo B. Ambas as versões continham o mesmo conteúdo programático. O diferencial quanto aos materiais de aprendizagem diz respeito ao emprego ou não de condições de usabilidade técnica e pedagógica. O material de aprendizagem do grupo B foi elaborado a partir das inspeções e melhorias nas interfaces do material do grupo A. Tal inspeção baseou-se em uma lista de verificação de 72 questões de usabilidade técnica e pedagógica, das quais 47 eram aplicáveis ao material proposto para o experimento. A definição da aplicabilidade se baseou na verificação da presença de elementos, atributos e características das interfaces. O resultado da inspeção por meio de lista de verificação serviu para definir quais as condições de usabilidade técnica e pedagógica deveriam ser implementadas para o material do grupo B, e também para definir o questionário de avaliação da usabilidade constituído de 47 questões, conforme apresentado na Tabela 2. As diferenças propostas nos materiais de aprendizagem têm por objetivo constatar a aplicabilidade da usabilidade técnica e pedagógica para a elaboração de materiais de aprendizagem em *e-learning*.

**Tabela 2: Questionário de avaliação da usabilidade.**

1.O material de aprendizagem é dividido em partes (seções), minha tarefa é aprendê-las em uma ordem pré-definida.
2.As questões para a aprendizagem não seguem sempre o mesmo modelo para suas resoluções.
3.Esqueci de tudo o que estava acontecendo ao meu redor e de quanto tempo se passou.
4.Estou orgulhoso das minhas soluções para os exercícios apresentados. Sinto que fiz algo significativo.
5.O material de aprendizagem avalia meus desempenhos com classificações (notas) de minhas atividades.
6.É mais útil aprender tópicos com este material no computador do que com livros em sala de aula.
7.Este material exige que eu tenha conhecimentos de outro material de aprendizagem anterior.
8.Este material de aprendizagem não me deixa prosseguir para o próximo ponto ou exercício antes de ter respondido corretamente a cada questão.
9.Os programas utilizados (calculadora, exercícios, jogos, etc.) são simples e práticos de usar.
10.Quando erro a solução de uma tarefa, o programa me envia um aviso amigável.
11.O <i>feedback</i> (aviso/resposta dado pelo sistema) é imediato.
12.Recebo <i>feedback</i> motivador.
13.A linguagem usada é natural. Os termos, frases, conceitos são similares àqueles usados no meu dia-a-dia ou no ambiente de estudo.
14.Não fico confuso com a forma com que os símbolos, ícones, imagens são usados.
15.As imagens ajudam a aprender.
16.As informações são organizadas em uma ordem natural e lógica.
17.Sinto como se eu estivesse no controle da minha própria aprendizagem ao interagir com o <i>site</i> .
18.Eu posso usar meus próprios caminhos para encontrar o que eu quero aprender dentro do <i>site</i> .
19.Tenho de lembrar muitas coisas ao mesmo tempo. Gostaria de usar o papel para escrever algumas anotações.
20.Cada página apresenta todos os botões de navegação ou hiperlinks necessários, tais como, anterior (voltar), próxima e página inicial ( <i>homepage</i> ).
21.Este material de aprendizagem dá inicialmente um exemplo de exercício com uma solução correta.
22.Gosto de aprender com questões de exemplo e suas soluções.
23.Este material de aprendizagem ensina habilidades e conhecimentos que necessitarei no futuro.
24.A mesma forma de apresentação e organização do conteúdo é usada em todo <i>site</i> .
25.As informações são apresentadas em um formato que os torna fácil de aprender.
26.As cores são usadas da mesma forma em todo o <i>site</i> .
27.Os <i>links</i> das páginas correspondem aos títulos das páginas as quais estão vinculadas.
28.A qualquer hora que um erro é cometido uma mensagem de erro é apresentada. Acho fácil entrar com informações no sistema.
29.As mensagens de erros indicam precisamente qual é o problema.
30.As mensagens de erro indicam um procedimento para a correção do erro.

Continuação da Tabela 2...

31. Se um erro de digitação (dados) resulta em um erro, não preciso digitar novamente o comando por inteiro, mas reparar somente a parte errada.
32. Sei onde estou e quais opções seguir, isto é, o que concluí e o que ainda devo fazer.
33. Há links que levam aos tópicos de estudos (seções) dentro da mesma página.
34. As cores para os links são consistentes com as convenções da Web, isto é, links não visitados em azul e os visitados em vermelho ou roxo.
35. As informações importantes são colocadas no topo da página.
36. Não preciso rolar (barra de rolagem) várias páginas para encontrar as informações que procuro.
37. O conteúdo mantém minha atenção.
38. O conteúdo está no nível apropriado de meu entendimento.
39. Está claro quais materiais são protegidos por leis de direito autoral e quais não são.
40. O site me permite planejar, avaliar e questionar minhas habilidades de aprendizagem.
41. Este site me encoraja a aplicar as habilidades de aprendizagem nas situações práticas da vida.
42. São empregadas tarefas autênticas e contextualizadas (tarefas práticas), mais do que instruções abstratas (conceitos teóricos).
43. O material de aprendizagem me faz querer aprender, sinto-me motivado.
44. Gosto de fazer autoavaliações neste site.
46. Gosto do visual e da aparência deste site.
47. Gosto dos testes e jogos no site.

Os aspectos de interface implementados para distinguir os materiais de aprendizagem contemplaram as questões de usabilidade técnica e pedagógica do questionário de avaliação de usabilidade. Tais aspectos foram: uso de textos contínuos ao invés de blocos de informações; distinções entre os títulos de tópicos e subtópicos; contraste entre as cores do texto e do fundo da página; compreensibilidade dos ícones (correspondência ao mundo real); descrição textual dos ícones; consistência dos links de acordo com as convenções Web; uso excessivo da barra de rolagem ao invés do uso de links que levam aos tópicos de estudo (seções) dentro da mesma página; emprego de avisos através de mensagens textuais; indicação de problemas através das mensagens de erros; mensagens com classificações de desempenho e textos motivantes; botões ou hiperlinks necessários à navegação; links das páginas correspondentes aos títulos das páginas às quais estão vinculadas; informações importantes disponibilizadas no topo da página (sumário); e a identificação dos materiais protegidos por lei de direito autoral.

Tais aspectos garantiram a usabilidade nas interações do usuário para com a interface no que se refere ao grupo B. O material do grupo A incorreu na ausência dos elementos ou na apresentação com informações que não seguiam as recomendações de usabilidade. Ambos os materiais apresentaram um exercício de "Palavras Cruzadas" que permitia aos alunos testarem seus conhecimentos enquanto jogavam e verificavam seus acertos quanto às suas respostas. Este exercício era aberto em uma nova janela e também apresentava diferenças quanto à usabilidade, conforme o grupo A e B.

O questionário de avaliação da usabilidade do material de aprendizagem foi idêntico para ambos os grupos (A e B). Os

alunos responderam às questões em formato impresso por um período máximo de tempo de 20 minutos. As respostas foram apresentadas em Escala de Likert com pontuação de 1 a 5, que seguem correspondentemente os seguintes itens de respostas: Discordo Totalmente (1 ponto); Discordo Parcialmente (2 pontos); Indeciso (3 pontos); Concordo Parcialmente (4 pontos); e Concordo Totalmente (5 pontos). Através do valor atribuído a cada questão foi possível quantificar a concordância ou discordância dos alunos quanto aos aspectos específicos de usabilidade técnica e pedagógica. Quanto mais alto foi a concordância com a questão de usabilidade respondida pelo aluno, mais importante esta questão foi considerada, portanto, apresentou um maior nível de usabilidade técnica ou pedagógica.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Avaliação da usabilidade entre os grupos

Para a verificação da normalidade dos dados foi utilizado o teste não-paramétrico Kolmogorov-Smirnov. Este teste é considerado uma prova de aderência, e diz respeito ao grau de concordância entre a distribuição de um conjunto de valores amostrais e determinada distribuição teórica específica, neste caso, a distribuição normal (SIEGEL, 1975). Para os dados deste estudo as variáveis de desempenho e de escore final de usabilidade tiveram esta condição garantida, portanto foi utilizado o teste paramétrico Teste *t-student* (*t*).

Através da análise estatística utilizando-se o Teste *t-student* para dados independentes pôde-se verificar que existe diferença significativa entre os resultados da avaliação da usabilidade entre os grupos, visto que  $t = 11,97$  e  $p = 0,000$ . Este resultado também comprova que a amostra apresentou um número suficiente de participantes. Portanto, observou-se que os estudantes do grupo B avaliaram a usabilidade do material de aprendizagem em uma média significativamente superior aos do grupo A, evidenciando a diferença dos níveis de usabilidade entre os dois materiais de aprendizagem, o que torna os resultados passíveis de comprovação de acordo com a proposição da metodologia.

**Tabela 3: Comparação do escore entre os grupos.**

Escore de Usabilidade	n	Média	Desvio-Padrão	<i>t</i>	<i>p</i>
Grupo A	29	3,24	0,26	11,97	0,000
Grupo B	30	4,21	0,36		

Através dos resultados do teste não-paramétrico Mann-Whitney verificou-se que existe diferença significativa entre os grupos para todas as questões de usabilidade respondidas pelos alunos quando estas questões foram comparadas individualmente entre os dois grupos, com exceção da questão de número 30 que afirma: "As mensagens de erros indicam precisamente qual é o problema". Para todas as outras questões os escores foram significativamente superiores para o grupo B, o que comprova o emprego da usabilidade no material de aprendizagem do grupo B. Sendo assim, a questão de número 30 apresentou um escore de 2,82 para o grupo A e de 3,31 para o grupo B. As mensagens de erros dos dois materiais de aprendizagem apresentaram instruções, sugestões e botões com textos distintos. No entanto, mesmo com o emprego de melhorias de usabilidade, não houve diferença significativa para a questão.

### 4.2 Pontos críticos de usabilidade para os grupos

Os pontos críticos da usabilidade foram analisados no sentido de definir quais aspectos de usabilidade causaram interferência na

interação dos alunos com as interfaces do material de aprendizagem impossibilitando a realização de tarefas. A avaliação da usabilidade se fez pelos próprios alunos, preenchendo um questionário de satisfação orientado às 47 questões definidas como aplicáveis ao experimento conforme inspeção do avaliador. Os pontos críticos de usabilidade foram definidos às questões de avaliação do questionário que apresentaram resultados no intervalo da média do escore de usabilidade com valores que variam entre 1 e 3 na Escala de *Likert*, e que correspondem às respostas Discordo Totalmente (1 ponto), Discordo Parcialmente (2 pontos), e Indeciso (3 pontos). A partir desta análise verificou-se que o grupo A apresentou um total de dez questões de usabilidade consideradas como críticas, e o grupo B somente uma questão.

Os pontos críticos segundo a avaliação dos alunos do grupo A para a categoria de usabilidade geral da interface referem-se ao critério de Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros (Questões 30 e 31); para a usabilidade técnica e pedagógica específicas para *websites* os critérios referem-se à Relevância do conteúdo para a aprendizagem (Q40); e à Simplicidade de navegação, organização e estrutura (Q37); e para a usabilidade pedagógica referem-se aos critérios de Avaliação do conhecimento prévio (Q8, Q7); Atividade do aluno (Q3, Q4, Q2); Motivação, criatividade e aprendizagem ativa (Q46), conforme ilustrado na Figura 1.

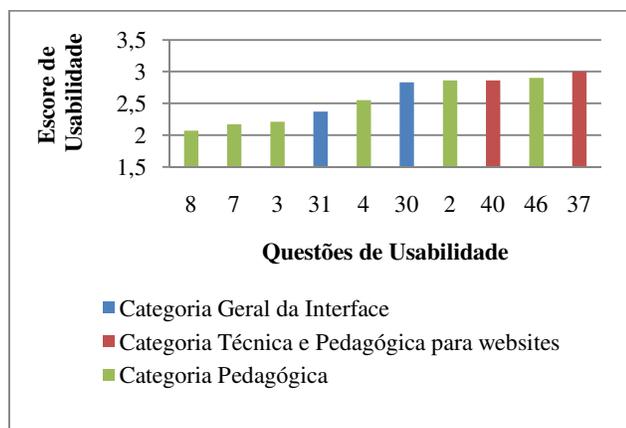


Figura 1: Pontos críticos de usabilidade para o grupo A.

As questões relativas ao critério Avaliação do conhecimento prévio foram classificadas pelos alunos em baixos escores de usabilidade, ou seja, a média do escore de usabilidade de 2,07 para a questão 8, e 2,17 para a questão 7. A este resultado atribui-se que os alunos, ao interagirem com o material de aprendizagem apresentado responderam não sentirem a necessidade de possuir conhecimento anterior obtido através de outro material de aprendizagem. Isto pode ser justificado pelo fato dos alunos não serem questionados através do material de aprendizagem proposto quanto aos seus conhecimentos relativos aos conteúdos anteriores. Os alunos também não sentiram a necessidade de responder corretamente às questões de problemas para então somente prosseguirem para um novo tópico de aprendizagem. Isto se justifica em função das tarefas de exercícios propostas terem sido apresentadas em uma nova janela do navegador. Assim, mesmo que o aluno necessitasse concluir o exercício para obter o resultado final através da mensagem do sistema, em qualquer momento a janela poderia ser fechada.

A questão 2 que apresentou a média de escore 2,86, a questão 3 de média de escore 2,21, e a questão 4 de escore 2,55, dizem respeito ao critério Atividade do aluno. Tais questões apresentaram baixos escores na avaliação de concordância por parte dos alunos, o que indica que eles não estavam suficientemente engajados na aprendizagem; não concordaram que estavam realizando algo significativo; e ainda, acharam que as questões para a aprendizagem seguiam sempre os mesmos modelos para as resoluções de problemas. Tais fatos comprovam que o material de aprendizagem do grupo A não apresentou tarefas que proporcionassem atividades interessantes aos alunos, confirmando a proposta do experimento.

Em relação às questões 30 e 31, as quais se referem ao critério Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros, pôde-se verificar que as mensagens de erros impuseram uma dificuldade em relação a quais procedimentos deveriam ser realizados pelos alunos na resolução de problemas, visto que as descrições textuais dos problemas não indicaram precisamente qual era o problema.

A questão 40 apresentou uma média de escore de usabilidade de 2,86 indicando que os alunos encontraram dificuldades em identificar quais os materiais de aprendizagem estavam protegidos por leis de direito autoral e quais não estavam. O critério Relevância do conteúdo para a aprendizagem sugere que os conteúdos apresentados em materiais de aprendizagem sejam de autores consagrados pela revisão da literatura, e que neste sentido, deveriam apresentar um conteúdo motivante, apropriado, claro e motivador aos alunos. A questão 40 comprova que o material de aprendizagem proposto para o grupo A não apresentou no rodapé do *website* as informações quanto ao direito autoral do conteúdo abordado, nem tampouco a atualização e o endereço da página em uso.

Os alunos do grupo A avaliaram com a média de 2,90 a questão 46 que se refere à satisfação quanto ao visual e à aparência do site. Os critérios de Motivação, criatividade e aprendizagem ativa definem que conteúdos e funções interativas devem ser apresentados de forma a motivar e proporcionar condições para o desenvolvimento da criatividade dos alunos. O material de aprendizagem do grupo A foi elaborado com textos contínuos ao invés de blocos de informações; sem distinção entre os títulos de tópicos e subtópicos; com cores pouco contrastantes entre texto (amarelo) e fundo da página (verde), o que dificulta a leitura e a atenção; com ícones incompreensíveis e sem descrição textual; com *links* pouco consistentes; e com a necessidade do uso excessivo da barra de rolagem.

O critério simplicidade da navegação, organização e estrutura inclui a questão 37 de média 3,00 que aborda o uso excessivo da barra de rolagem para encontrar as informações que estão sendo procuradas. Todo o conteúdo de aprendizagem foi disponibilizado em somente uma URL e desprovido da estrutura de sumário, a qual permite a navegação através de *links* textuais. A URL correspondia a seis páginas impressas. Desta forma, os alunos foram forçados a utilizar a navegação por meio da barra de rolagem.

Já para o grupo B pôde-se considerar somente a questão 8 como ponto crítico de usabilidade segundo a avaliação dos alunos. A questão 8 de média de escore de usabilidade de 2,83 está relacionada ao critério de Avaliação do conhecimento prévio, que define a necessidade de se responder corretamente às questões de problemas para somente então prosseguir para um novo tópico de

aprendizagem. Portanto, define a importância do conhecimento prévio e cumulativo ao aluno. No entanto, os alunos discordaram da necessidade de responderem corretamente à questão para somente então prosseguirem ao próximo tópico. Isto pode ser justificado em função do sistema apresentar as tarefas de exercícios em uma nova janela do navegador, sendo que a mesma poderia ser fechada pelo aluno em qualquer momento, sem impedi-lo de seguir ao próximo tópico de aprendizagem.

### 4.3 Pontos facilitadores de usabilidade para os grupos

Os pontos facilitadores da usabilidade segundo a avaliação dos alunos foram analisados no sentido de verificarem-se quais são os aspectos da usabilidade que auxiliaram aos alunos em suas interações com as interfaces do material de aprendizagem. Para tanto, foram considerados como pontos facilitadores as dez questões avaliadas com os maiores escores de usabilidade, para ambos os grupos.

Para o grupo A que interagiu com o material de aprendizagem sem condições de usabilidade técnica e pedagógica implementadas, as médias das questões dos escores de usabilidade, segundo a avaliação dos alunos, variaram entre 3,62 a 3,86, conforme mostra a Figura 3. Tais questões dizem respeito aos critérios de *Feedback*, orientação e avaliação; Visibilidade do status do sistema; Valor agregado; *Feedback*; Aplicabilidade; Atividade do aluno; Consistência e aderência às normas; e Controle do aluno.

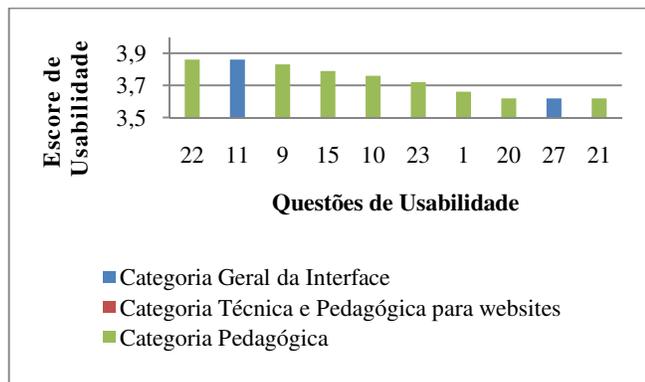


Figura 2: Pontos facilitadores de usabilidade para o grupo A.

As questões de usabilidade técnica e pedagógica avaliadas como facilitadoras pelos alunos do grupo A apresentaram os seguintes aspectos: questões de exemplo com respectivas soluções são interessantes; o *feedback* é imediato; os programas utilizados são simples e práticos; as imagens ajudam a aprender; o programa envia um aviso ao errar a solução de uma tarefa; o material de aprendizagem ensina habilidades e conhecimentos necessários para o futuro; o material de aprendizagem é dividido em partes (seções), minha tarefa é aprendê-las em uma ordem pré-definida; são apresentados todos os botões de navegação ou *hiperlinks* necessários; os *links* das páginas correspondem aos títulos das páginas às quais estão vinculadas; e ainda, é proporcionado um exemplo de exercício com uma solução correta.

Para o grupo B que interagiu com o material de aprendizagem com condições de usabilidade técnica e pedagógica implementadas verificou-se que as médias das questões dos escores de usabilidade variaram entre 3,60 a 4,93, conforme ilustra a Figura 3. Tais questões classificadas pelos alunos como pontos facilitadores de usabilidade definem os critérios de

*Feedback*, orientação e avaliação; Visibilidade do status do sistema; Valor agregado; *Feedback*; Aplicabilidade; Atividade do aluno; Consistência e aderência às normas; e Controle do aluno.

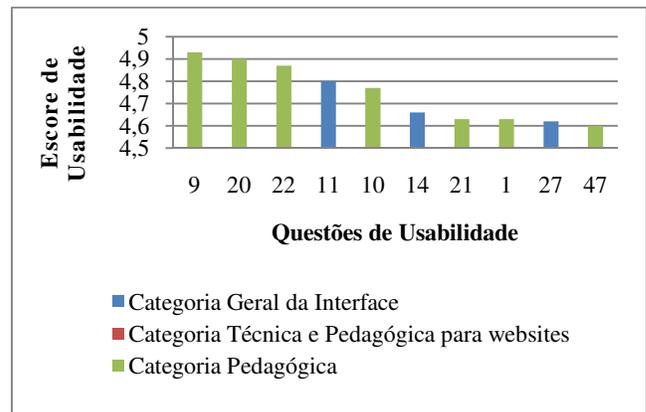


Figura 3: Pontos facilitadores de usabilidade para o grupo B.

Através da análise da classificação das questões de usabilidade avaliadas pelos alunos pôde-se verificar que os critérios que dizem respeito às questões de usabilidade que apresentaram maiores escores são os seguintes: Valor agregado; Controle do aluno; *Feedback*, orientação e avaliação; Visibilidade do status do sistema; *Feedback*; Modelo do projetista e modelo do aluno, comparação entre o sistema e o mundo real; Aplicabilidade; Atividade de aluno; Consistência e aderência às normas; e Motivação, criatividade e aprendizagem.

As questões de usabilidade que se referem à usabilidade técnica e pedagógica definem os seguintes aspectos: os programas são simples e práticos de usar; todos os botões de navegação ou *hiperlinks* necessários são apresentados; os alunos gostam de aprender com questões de exemplo e suas soluções; o *feedback* (aviso/resposta dado pelo sistema) é imediato; o programa envia um aviso ao errar a solução de uma tarefa; os símbolos, os ícones e as imagens são claros para os seus usos; o material de aprendizagem proporciona inicialmente um exemplo de exercício com uma solução correta; o material de aprendizagem está dividido em partes (seções), minha tarefa é aprendê-las em uma ordem pré-definida; os *links* das páginas correspondem aos títulos das páginas às quais estão vinculadas; os testes e jogos no site são motivantes.

### 4.4 Correlações significativas entre questões de usabilidade e o desempenho

A avaliação das correlações entre o desempenho do aluno quanto ao material estudado e as questões de usabilidade técnica e pedagógica mostrou que há correlação significativa para algumas questões de usabilidade, indicando que quanto maior o escore da questão de usabilidade, maiores foram os desempenhos dos alunos. A média de desempenho do grupo A foi de 5,03 e para o grupo B de 6,13. A partir dos resultados da análise de correlação verificou-se que existe correlação significativa entre a usabilidade e o desempenho para três questões para o grupo A, e nove questões para o grupo B, conforme apresentado na Tabela 4.

A verificação da correlação significativa entre as questões individuais de usabilidade e o desempenho foi realizada utilizando-se o coeficiente de correlação não-paramétrico de *Spearman*, visto que a distribuição apresentou-se ordinal.

**Tabela 4: Correlações significativas entre as questões de usabilidade e o desempenho para cada grupo.**

Correlação entre a questão de usabilidade e o desempenho	Coef. Corr. Spearman	p
<b>Grupo A</b>		
Q4. Estou orgulhoso das minhas soluções para os exercícios apresentados. Sinto que fiz algo significativo.	$R_s = 0,441$	0,017
Q13. A linguagem usada é natural. Os termos, frases, conceitos são similares àqueles usados no meu dia-a-dia ou no ambiente de estudo.	$R_s = 0,439$	0,017
Q39. O conteúdo está no nível apropriado de meu entendimento.	$R_s = 0,507$	0,005
<b>Grupo B</b>		
Q1. O material de aprendizagem é dividido em partes (seções), minha tarefa é aprendê-las em uma ordem pré-definida.	$R_s = 0,432$	0,017
Q4. Estou orgulhoso das minhas soluções para os exercícios apresentados. Sinto que fiz algo significativo.	$R_s = 0,568$	0,001
Q5. O material de aprendizagem avalia meus desempenhos com classificações (notas) de minhas atividades.	$R_s = 0,362$	0,050
Q6. É mais útil aprender tópicos com este material no computador do que com livros em sala de aula.	$R_s = 0,424$	0,019
Q7. Este material exige que eu tenha conhecimentos de outro material de aprendizagem anterior.	$R_s = -0,378$	0,039
Q14. Não fico confuso com a forma com que os símbolos, ícones, imagens são usados.	$R_s = 0,452$	0,014
Q17. Sinto como se eu estivesse no controle da minha própria aprendizagem ao interagir com o <i>site</i> .	$R_s = 0,454$	0,012
Q18. Eu posso usar meus próprios caminhos para encontrar o que eu quero aprender dentro do <i>site</i> .	$R_s = 0,498$	0,005
Q22. Gosto de aprender com questões de exemplo e suas soluções.	$R_s = 0,368$	0,050

A questão de usabilidade significativa ao desempenho dos alunos do grupo A para a categoria de usabilidade pedagógica, conforme o critério de Atividade do aluno se refere à aprendizagem baseada em resoluções de problemas, visto que os alunos concordaram que ao concluírem os exercícios apresentados no material de aprendizagem realizaram algo significativo, o que justifica um aumento quanto ao desempenho obtido através do teste de desempenho. Para a categoria da usabilidade geral da interface, o critério Modelo do projetista e modelo do aluno, comparação entre o sistema e o mundo real define que os termos, as frases e os conceitos abordados no material de aprendizagem foram facilmente compreendidos pelos alunos, comprovando desta forma a significância da questão para a aprendizagem. E para a categoria de usabilidade técnica e pedagógica específicas para *websites*, o critério de Relevância do conteúdo para a aprendizagem diz respeito à concordância dos alunos quanto ao

nível apropriado do conteúdo em seus entendimentos. Portanto, o *website* apresentou um conteúdo apropriado e claro aos alunos.

As questões de usabilidade significativas ao desempenho para o grupo B, na categoria de usabilidade pedagógica e que dizem respeito ao critério de Atividade do aluno definem que os alunos seguiram uma sequência de tarefas em uma ordem pré-definida e concordaram ter realizado algo significativo nas soluções dos exercícios apresentados. Isto demonstra que o material de aprendizagem interferiu positivamente na aprendizagem dos alunos. O critério de Orientação a objetivos refere-se à aprendizagem orientada às metas, indicando que ao classificarem-se os desempenhos dos alunos, foram impostas metas de aprendizagem a serem alcançadas, as quais contribuiriam desta forma para suas aprendizagens. Já o critério de valor agregado avaliou que os alunos preferiram aprender com os materiais digitais ao invés de com livros em sala de aula, visto que o computador oferece possibilidades, tais como arquivos de voz, imagens e vídeos, aprendizagem iniciada e controlada pelo aluno, além de conteúdos interessantes. Assim sendo, constatou-se que os aspectos dos materiais digitais suprimam os interesses de aprendizagem dos alunos. O critério de *Feedback* refere-se à importância da orientação para a aprendizagem dada por meio de questões de exemplo e suas soluções, visto que os alunos são orientados à medida que realizam suas tarefas, o que pôde ser considerado como um auxílio à construção de conhecimentos.

Ainda para a categoria de usabilidade pedagógica, o critério de Avaliação do conhecimento prévio, apresentou uma correlação significativa inversa, indicando que quanto menos os alunos concordaram com a questão que sugeria que conhecimentos de outro material anterior teriam sido necessários para a aprendizagem do material do experimento, maiores foram seus desempenhos. Este fato pode ser justificado em função da inabilidade do sistema em permitir que as janelas de exercícios fossem fechadas a qualquer momento, não impedindo ao aluno avançar no conteúdo disponibilizado. Outro aspecto a ser considerado está relacionado ao fato do conteúdo apresentado aos alunos referir-se aos tópicos iniciais do conteúdo programático do curso, visto que os alunos estavam cursando as aulas iniciais do primeiro ano do curso. E de outra forma, pode também ser explicado pelo fato do material de aprendizagem elaborado para o experimento não ter abordado revisões de conceitos anteriores.

E por fim, para o grupo B, na categoria de usabilidade geral da interface, o critério Modelo do projetista e modelo do aluno define que o sistema deve seguir convenções do mundo real, apresentando as informações em uma ordem lógica e natural. Seguindo este critério, pôde-se verificar que os alunos consideraram os símbolos, os ícones e as imagens claros aos seus entendimentos. As respostas às questões relativas ao critério de Controle e liberdade do usuário revelaram que os alunos tiveram controle sobre suas tarefas e utilizaram seus próprios caminhos para encontrar o que queriam aprender dentro do *website*. Desta forma, obtiveram liberdade em suas interações para com o material de aprendizagem.

## 5. CONCLUSÕES

O estudo apresenta aspectos de usabilidade técnica e pedagógica que predispoem melhorias e cuidados na elaboração de materiais de aprendizagem em *e-learning* através da avaliação dos pontos facilitadores e críticos de usabilidade conforme a opinião dos alunos.

Tendo por base a análise da correlação individual de questões de usabilidade significativas ao desempenho dos alunos comprova

também que houve correlação significativa para os aspectos de usabilidade técnica e pedagógica em ambos os grupos, sendo que houve um maior impacto de questões significativas ao desempenho para o grupo que utilizou o material de aprendizagem com condições de usabilidade técnica e pedagógica implementadas. Tais questões de usabilidade técnica e pedagógica significativas ao desempenho referem-se à elaboração de questões baseadas em resoluções de problemas; ao emprego de termos, frases e conceitos em um nível de compreensão dos alunos; à apresentação de tarefas em uma ordem pré-definida; à definição de metas de aprendizagem; à orientação dada aos alunos por meio de questões de exemplos e suas soluções; ao uso de símbolos, ícones e imagens claros ao entendimento dos alunos; e ainda, ao controle do aluno na realização de tarefas.

E por fim, conclui que a usabilidade técnica e pedagógica influencia significativamente o processo de aprendizagem e de desempenho dos alunos; contribui com melhorias para a elaboração de materiais de aprendizagem em *e-learning*; e desta forma, confirma sua aplicabilidade e importância para o *e-learning*.

## 6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A principal sugestão se refere à confrontação dos resultados obtidos neste estudo a outras pesquisas aplicando variados métodos de avaliação da usabilidade e/ou diferentes contextos em relação à área de conhecimento do material de aprendizagem. Neste sentido, pode-se também avaliar o impacto da usabilidade técnica e pedagógica sobre o processo de aprendizagem e o desempenho de alunos, além de identificar contribuições específicas para o *e-learning*.

Sugere-se também uma avaliação da correlação entre a usabilidade e o desempenho com uma ampla amostra de alunos, buscando controlar e isolar um maior número possível de variáveis que possam interferir nos experimentos, assim como, a avaliação das variáveis entre si.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Norman, Donald A. 1993. Things That Make us Smart: Defending Human Attributes in the Age of the Machine. Perseus Publishing, Cambridge: MA.
- [2] Sweller, John. 2003. Visualization and Instructional Design. School of Education, university of New South Wales, Australia.
- [3] Chalmers, Patrícia A. 2003. The role of cognitive theory in human-computer interface. Elsevier Science Ltd., Computers in Human Behavior, Crew System Interface Division, US Air Force, 19, 593-607.
- [4] ISO 9241. 1998. Ergonomic Requirements for office work with visual display terminals. Part 11: Usability Statements; Draft International Standard ISO.
- [5] Nielsen, Jakob. 1990. Evaluating Hypertext usability. Berlin: Springer Verlag, 147-168.
- [6] Silius, K.; Tervakari, A-M. 2003. The Usefulness of Web-based Learning Environments: The evaluation Tool into the Portal of Finnish Virtual University. International Conference on Network Universities and e-learning, Valencia, Spain.
- [7] Diaz, P., Sicilia, M-Á., Aedo, I. 2002. Evaluation of Hypermedia Educational Systems: Criteria and Imperfect Measures. IEEE: Proceedings of the International Conference on Computer in Education (ICCE'02).
- [8] Nokelainen, Petri. 2006. An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students. Educational Technology & Society, 9 (2), 178-197.
- [9] Ssemugabi, S.; Villiers, R. 2007. A Comparative Study of Two Usability Evaluation Methods Using a Web-Based E-learning Application. ACM International Conference Proceeding Series; 226. Proceedings of the 2007 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries (SACSIT), 132-142.
- [10] Tselios, N. K., Avouris, N. M., Dimitracopoulou, A. *et al.* 2001. Evaluation of Distance-Learning Environments: Impact of Usability on Student Performance. International Journal of Educational Telecommunications, 7(4), 355-378.
- [11] Conole, G., Dyke, M.; Oliver, M. *et al.* 2004. Mapping pedagogy and tools for effective learning design. Elsevier Ltd., Computer & Education, 43, 17-33.
- [12] Costabile, M. F., Marsico, M. De, Lanzilotti, R., Plantamura, V. L.; Roselli, T. 2005. On the Usability Evaluation of E-Learning Applications. IEEE - Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences/Multimedia.
- [13] Conole, G., Dyke, M.; Oliver, M. *et al.* 2004. Mapping pedagogy and tools for effective learning design. Elsevier Ltd., Computer & Education, 43, 17-33.
- [14] Ssemugabi, Samuel. 2006. Usability Evaluation of a Web-based E-learning Application: A Study of Two Evaluation Methods. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação, University of South Africa, 336 p.