

Técnicas de Visualização da Informação para Analisar o Comportamento de Alunos em um Ambiente E-Learning

Barbara Moissa, Isabela Gasparini

Departamento de Ciência da Computação
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) – Joinville – SC – Brasil
barbara.moissa@gmail.com, isabela.gasparini@udesc.br

Abstract. *This paper describes an information visualization tool to represent the data collected by a web analytics tool in an e-learning environment. The goal of this tool is allow the teacher to better comprehend his students' behavior in front of the environment and support the decision making related to the pedagogical content adapted to the students' need.*

Resumo. *Este artigo descreve uma ferramenta de visualização da informação para representar os dados coletados por uma ferramenta web analytics em um ambiente e-learning. O objetivo desta ferramenta é possibilitar que o professor compreenda melhor o comportamento de seus alunos frente ao ambiente e dê suporte a tomada de decisões em relação ao conteúdo pedagógico adaptado as necessidades dos alunos.*

1. Introdução

Em ambientes *e-learning*, uma das dificuldades enfrentadas pelos professores é conhecer e entender os alunos de forma a adaptarem os materiais didáticos de acordo com suas necessidades. Além disso, o professor também pode desejar verificar a assiduidade dos alunos, seus tópicos de interesse, seus estilos e preferências navegacionais e outros fatores que podem influenciar no modo que o professor prepara sua disciplina. O ambiente *e-learning* adaptativo AdaptWeb[®] (Ambiente de Ensino-Aprendizagem Adaptativo na Web) coleta dados navegacionais dos alunos e calcula métricas para que as informações e os padrões de comportamento dos alunos possam ser apresentados aos professores e auxiliá-los nesta tarefa.

A coleta dos dados no AdaptWeb[®] ocorre por meio de uma ferramenta *web analytics*, que coleta os dados e também os analisa e calcula os resultados para algumas métricas definidas. Além disso, a ferramenta de *web analytics* foi integrada a uma ferramenta que utiliza técnicas de visualização da informação para representar gráfica e interativamente estes resultados foi desenvolvida afim de apresentar os resultados para os professores de forma mais fácil e rápida e usável.

Inicialmente, este artigo descreve o ambiente AdaptWeb[®] e sua ferramenta *web analytics* para contextualizar a ferramenta de visualização da informação. Ainda com este objetivo são descritas as técnicas envolvidas e, através dos trabalhos relacionados, como estas podem ser aplicadas. Por fim, é apresentada a ferramenta que possibilita a análise gráfica e interativa dos dados navegacionais coletados pela ferramenta *web analytics*.

2. AdaptWeb[®]

O AdaptWeb[®] é um ambiente de ensino-aprendizagem adaptativo, com o objetivo de adaptar o conteúdo (a informação), a apresentação e a navegação em uma disciplina de acordo com o perfil do aluno [Oliveira *et al* 2003]. Essa adaptação é baseada em algumas características do aluno, entre elas o seu conhecimento sobre os conceitos da disciplina, suas preferências navegacionais e sua formação. Outra característica do ambiente é que uma disciplina pode ser oferecida para mais de um curso. Desta forma, a disciplina de Cálculo I pode ser oferecida para os cursos de Ciência da Computação, Engenharia Elétrica e Engenharia Civil com seu conteúdo adaptado de acordo com cada curso.

2.1. Ambiente do Aluno

O ambiente do aluno possui três seções: Ambiente de Aula, Mural de Recados e Fórum de Discussão. Cada uma destas três seções faz parte de uma disciplina oferecida a um determinado curso, ou seja, um aluno de Cálculo I no curso de Ciência da Computação verá, em cada uma destas três áreas, apenas o conteúdo disponível para os alunos de Ciência da Computação, enquanto um aluno de Engenharia Elétrica verá apenas o conteúdo disponível para alunos de Engenharia Elétrica.

O aluno pode acessar o conteúdo da disciplina na seção Ambiente de Aula. A partir desta seção, o aluno pode ter acesso a conceitos, exemplos, exercícios e materiais complementares. O acesso a esta área do sistema pode ocorrer por dois modos de navegação, o modo Livre e o modo Tutorial.

No modo Tutorial, o aluno verá o conteúdo de acordo com os pré-requisitos definidos pelo professor. Por exemplo, na disciplina de Matemática Básica o aluno verá o conteúdo sobre exponenciação apenas se já tiver conhecimento sobre o conteúdo de multiplicação. Já no modo Livre, os pré-requisitos definidos pelo professor são desconsiderados, o aluno tem acesso a todo o conteúdo de forma livre, podendo explorar os conteúdos da forma que achar melhor. Outra característica que difere o modo Livre do modo Tutorial, é a possibilidade de realizar buscas por palavras-chave.

No Mural de Recados o aluno pode ver os recados recebidos nos últimos 30 dias. Nesta área do ambiente do aluno, ele ainda pode enviar um recado para todos os integrantes da turma — alunos e professor — ou ainda apenas para o professor. Da mesma forma, o professor pode deixar um recado para um aluno específico (somente ele irá ver a mensagem deixada pelo professor), para um grupo de alunos ou para toda a turma.

Por fim, o Fórum de Discussão permite que o aluno interaja com os demais alunos de sua turma. Ele pode criar discussões sobre algum assunto referente ao conteúdo da disciplina e assim, conseguir auxílio para realizar os exercícios ou compreender algum conceito.

2.2. Coleta de Dados Navegacionais

A coleta dos dados navegacionais do aluno no AdaptWeb[®] é realizada através de uma ferramenta *web analytics* integrada a ele. Como o objetivo desta ferramenta é fornecer meios de conhecer os alunos que utilizam o ambiente, os dados são coletados nas três

áreas do Ambiente do Aluno: Ambiente de Aula, Mural de Recados e Fórum de Discussão. Esta coleta ocorre de forma híbrida, ou seja, através de *logs* das requisições ao servidor e também através de *page tagging*. Enquanto os *logs* são salvos pelo servidor ao processar a requisição, na técnica de *page tagging*, outros dados são capturados através de um código *JavaScript* interpretado pelo navegador do aluno e enviados para o servidor salvá-los em sua base de dados.

A partir dos dados coletados pela ferramenta, algumas métricas do sistema podem ser mensuradas. Esta mensuração é realizada através dos *Key Performance Indicators* (KPIs). Um KPI é uma variável utilizada para visualizar se o *website* está atingindo ou não os seus objetivos e, por isto, deve ter ações ou iniciativas diretamente relacionadas a ele para atingir estas metas [Waisberg e Kaushik 2009]. A verificação dos KPIs é feita através das métricas do sistema. Estas métricas estão relacionadas ao conteúdo, à navegação e ao cumprimento de metas dentro do ambiente.

As métricas e objetivos definidos para o AdaptWeb[®] foram validadas através de um questionário aplicado a vinte e dois professores que utilizam ambientes *e-learning* em suas disciplinas. Estes professores são do Rio Grande do Sul (UFRGS, PUCRS, UFPel, FURG e UCPel), Santa Catarina (UDESC, Instituto Federal Catarinense), Paraná (UFPR, UTFPR e UNIOESTE), Mato Grosso (UFMT), São Paulo (USP), Rio de Janeiro (UFF) e Pará (UFPA) [Carvalho e Gasparini 2013]. As métricas foram organizadas de acordo com três KPIs: visitas, conteúdo e conversão. No entanto, para facilitar o entendimento dos professores, as métricas foram reorganizadas em quatro categorias relacionadas ao ambiente:

- **Uso geral:** São métricas que não estão relacionadas às três seções principais do Ambiente do Aluno como, por exemplo: Total de Visitas por Aluno, Tempo Médio de Acesso dos Alunos, Frequência de Acesso, Total de Acessos a Cada Seção, Sistema Operacional, Navegadores e Resoluções de Tela;
- **Ambiente de Aula:** São métricas relacionadas ao Ambiente de Aula e a seu conteúdo: Modo de Navegação, Total de Usos do Sistema de Busca, Palavras-chave Pesquisadas, Total de Acessos aos Conceitos, Total de Acessos aos Exercícios, Total de Acessos aos Exemplos e Total de Acessos aos Materiais Complementares;
- **Fórum de Discussão:** São métricas para analisar o aluno no Fórum de Discussão: Total de Acessos aos Tópicos, Total de Tópicos Criados e Total de Respostas;
- **Mural de Recados:** São métricas para analisar a troca de recados dos alunos: Total de Recados Enviados, Tipos de Recados Enviados (se o aluno enviou para o professor ou para a turma) e Total de Visualizações.

Outra métrica, Caminho Percorrido Pelo Aluno, também foi considerada importante pelos professores que responderam o questionário. No entanto, o cálculo desta métrica ainda não está disponível na ferramenta *web analytics*.

3. Visualização da Informação

A visualização da informação é uma área de processamento gráfico que tem como objetivo auxiliar a análise de um grande conjunto de dados através de representações gráficas manipuláveis [Freitas *et al*, 2001]. Desta forma, através destas técnicas um grande conjunto de dados brutos pode ser representado graficamente de forma a facilitar sua análise. Além de representar dados de forma visual, estas técnicas permitem que o usuário manipule tanto os dados representados quanto a sua representação, a fim de que o usuário possa encontrar as informações que procura.

Alguns modelos de referência estão presentes na literatura, tais como os de Haber e McNabb (1990); Campo, Orosko e Teyseyre (1997); Chi e Riedl (1998); e o modelo de Card, Mackinlay e Shneiderman (1999) para explicar o processo da conversão dos dados brutos para representações gráficas interativas. Todos estes modelos possuem características em comum, pois em todos eles os dados brutos sofrem alterações de forma a serem mapeados em uma estrutura visual que será então mostrada ao usuário. No entanto, apenas o modelo de Card, Mackinlay e Shneiderman (1999), mostra claramente a interação do usuário com a ferramenta.

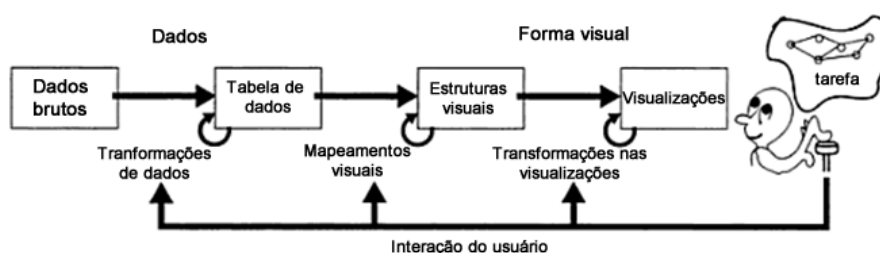


Figura 1. Modelo de referência de Card, Mackinlay e Shneiderman (1999)

Conforme pode ser visto na Figura 1 — o modelo de referência de Card, Mackinlay e Shneiderman (1999) — o processo de visualização da informação começa com os dados coletados que são então transformados de forma a criar uma tabela com os dados que serão mapeados. Freitas *et al* (2001) acreditam que a transformação dos dados não precisa obrigatoriamente criar uma tabela, pois outros tipos de estruturas de dados podem ser suficientes para mapear os dados na estrutura visual.

Após mapear os dados para a estrutura visual, esta é mostrada ao usuário. O usuário então irá analisar os dados e interagir com a visualização. Estas interações podem apenas alterar características na própria visualização ou ainda solicitar que os dados brutos sejam outros — exigindo que o processo volte ao início, ou então trocar a representação visual utilizada, exigindo que os dados transformados sejam mapeados novamente.

4. Trabalhos Relacionados

As técnicas de visualização da informação são utilizadas para permitir a descoberta de diferentes tipos de informações. A ferramenta HARVEST [Gotz *et al* 2010] é aplicada em ambientes corporativos provendo meios para a análise visual de documentos ao passo que ferramentas como a *Trail Explorer* [Shen e Sundaresan 2010] auxiliam na análise do comportamento de clientes em potencial de comércio eletrônico. Os

resultados obtidos, pela aplicação dessa ferramenta, foram tão positivos que originaram inclusive uma nova versão, a *Trail Explorer 2* [Shen *et al* 2012].

Técnicas de visualização da informação também podem auxiliar a análise de respostas de questionários que utilizam escalas de Likert [Petrillo *et al* 2011] — questionários em que as respostas são objetivas, por exemplo: "discordo totalmente", "discordo parcialmente", "neutro", "concordo parcialmente" e "concordo plenamente". A análise do comportamento de alunos frente a algum sistema *e-learning* também é possível, como mostram Pascual-Cid, Vigentini e Quixal (2010) através de um estudo de caso com a *Website Exploration Tool* (WET) [Pascual-Cid 2008], uma ferramenta que permite a análise do caminho percorrido pelos usuários em um *website*. Outra ferramenta, que evidencia a análise do comportamento dos alunos em ambientes *e-learning* através do uso de técnicas de visualização da informação, é a ferramenta de Romero *et al* [2008] que, assim como a WET, permite a análise do caminho percorrido pelos alunos.

5. Visualização dos Dados Coletados

A ferramenta desenvolvida representa cada uma das métricas calculadas pela ferramenta *web analytics* para assim possibilitar a análise das KPIs. Esta ferramenta possui quatro áreas principais, conforme a Figura 2:

1. **Filtro:** Para filtrar os dados que serão representados o professor pode definir o curso, a disciplina e o período em que os alunos acessaram o ambiente (uma data inicial e uma data final).
2. **Seleção de métricas:** Nesta área o professor pode selecionar uma das métricas calculadas pela ferramenta *web analytics* para ser analisada individualmente. Além disso, algumas destas métricas podem ser analisadas em conjunto. É caso das métricas — da categoria *Ambiente de Aula* — *Total de Acessos aos Conceitos*, *Total de Acessos aos Exercícios*, *Total de Acessos aos Exemplos* e *Total de Acessos aos Materiais* que, quando analisadas em conjunto, permitem verificar qual(is) das categorias obteve mais acessos. Outras métricas que podem ser analisadas em conjunto são *Total de Acessos aos Tópicos* e *Total de Respostas*, ambas da categoria *Fórum de Discussão* permitindo verificar a relação entre acessos e respostas (número de acessos x número de respostas).
3. **Gráfico:** As técnicas de representação definidas para representar as métricas foram o gráfico de barras, o gráfico de linhas e o gráfico de setores que podem ser alterados conforme a necessidade do professor. Cada um destes gráficos é mapeado de acordo com a(s) métrica(s) selecionada(s) utilizando os resultados retornados pela ferramenta *web analytics*. Algumas características dos gráficos são a possibilidade de agrupar a métrica *Frequência de Acessos* por dia, semana ou mês, a possibilidade de escolher se o gráfico de setores será representado com rótulos ou legendas (conforme Figura 3 e 4) e a possibilidade de obter detalhes sobre um elemento do gráfico (ponto, barra ou setor) ao descansar o ponteiro do mouse sobre ele através de um *tooltip* (área amarela da Figura 5).

4. **Tabela de detalhes:** nesta tabela o professor pode verificar informações detalhadas sobre a(s) métrica(s) em análise para compreender os motivos dos resultados obtidos. Para auxiliar na análise dos dados presentes na tabela, o professor pode filtrá-los por uma palavra-chave e também ordenar as linhas de modo ascendente ou descendente de acordo com uma das colunas.

1 Curso: Todos os cursos | Disciplina: Todas as disciplinas | Período: de 09/08/2013 a 07/11/2013

2 **Limpar métricas selecionadas**

- Uso Geral**
 - Total de Visitas por Aluno
 - Tempo Médio de Acesso dos Alunos
 - Frequência de Acesso
 - Total de Acessos a Cada Seção
 - Sistema Operacional
 - Navegadores
 - Resoluções de Tela
- Ambiente de Aula**
 - Modo de Navegação
 - Total de Usos do Sistema de Busca
 - Palavras-chave Pesquisadas
 - Total de Acessos aos Conceitos
 - Total de Acessos aos Exercícios
 - Total de Acessos aos Exemplos
 - Total de Acessos aos Materiais Complementares
- Fórum de Discussão**
 - Total de Acessos aos Tópicos
 - Total de Tópicos Criados
 - Total de Respostas
- Mural de Recados**
 - Total de Recados Enviados
 - Tipos de Recados Enviados
 - Total de Visualizações

3 **Resultados para: Ambiente de Aula - Modo de Navegação**

Gráfico: Barras

Modo	Acessos
Modo Livre	19
Modo Tutorial	4

4

Curso	Disciplina	Modo	Acessos	Tempo total
Curso de Testes 1	Disciplina de Testes - DT	Modo Livre	5 acessos	01:59:40
Curso de Testes 1	Disciplina de Testes - DT	Modo Tutorial	2 acessos	00:47:52
PPCCA	IHC - Interação Humano-Computador	Modo Livre	7 acessos	01:19:15
PPCCA	teste - teste	Modo Livre	7 acessos	01:53:57
PPCCA	IHC - Interação Humano-Computador	Modo Tutorial	2 acessos	00:15:30

Figura 2. Estrutura da ferramenta de visualização da informação do AdaptWeb®

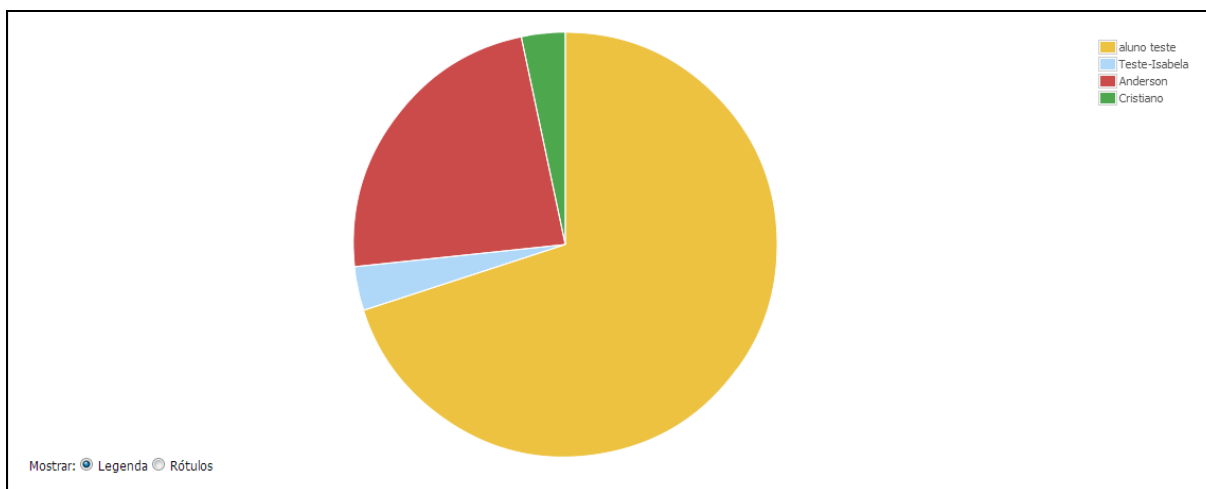


Figura 3. Gráfico de setores com legenda representando a métrica *Total de Acessos por Aluno*

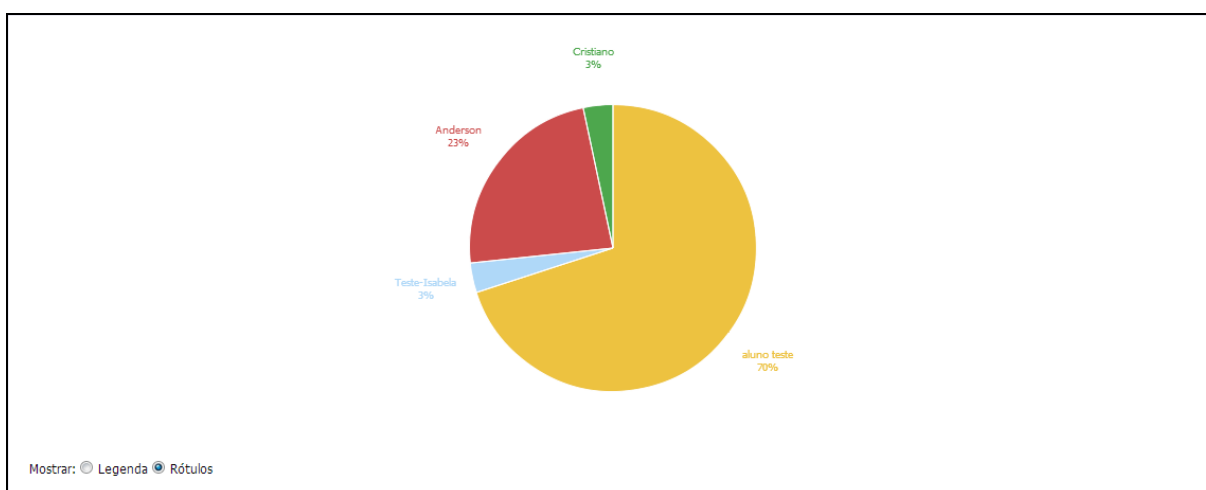


Figura 4. Gráfico de setores com rótulo representando a métrica *Total de Acessos por Aluno*

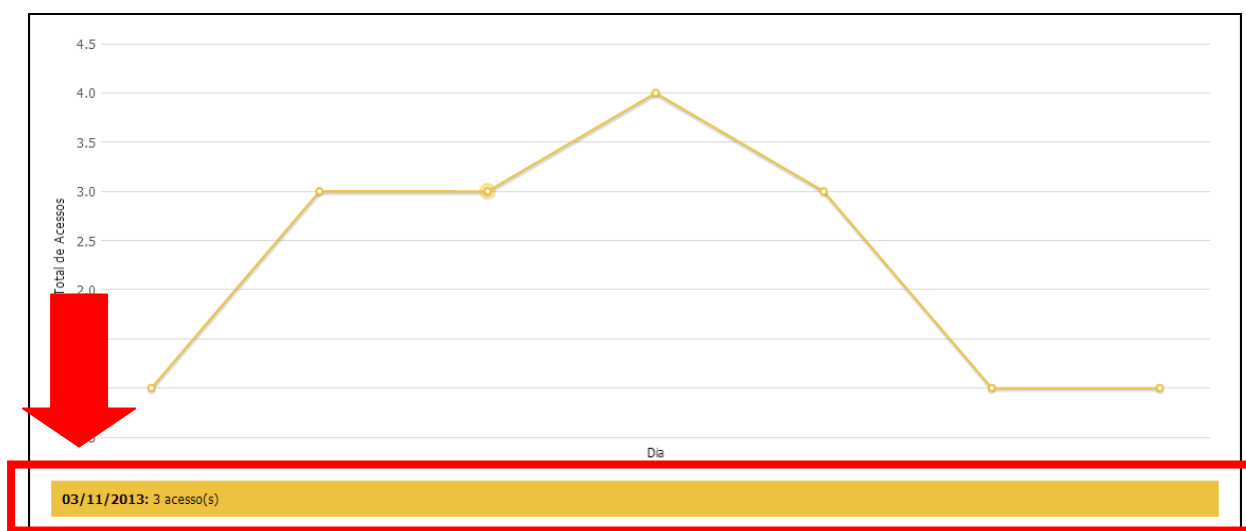


Figura 5. Tooltip sobre o ponto do dia 04/11/2013 na métrica Frequência de Acessos agrupada por dia

Um estudo de caso com um professor que utiliza o AdaptWeb[®] foi realizado para verificar se a proposta visual da interface e os gráficos gerados auxiliam a entender as informações representadas e se a ferramenta era fácil de utilizar. Os resultados obtidos a partir deste estudo de caso mostraram que as técnicas de representação definidas representam de forma clara os resultados da ferramenta *web analytics* e que podem vir a auxiliar os professores a preparem seu material didático da maneira mais adequada às necessidades de seus alunos.

No entanto, o estudo de caso realizado mostrou que o professor pode ter dificuldades em utilizar a ferramenta e suas funcionalidades devido ao posicionamento de alguns elementos. Algumas funcionalidades como o agrupamento e a ordenação da tabela de detalhes não foram percebidas, enquanto outras, como o botão para filtrar os dados, gerou confusão quanto ao seu uso.

Outros aspectos percebidos a partir do estudo de caso com este professor foi o interesse em possibilitar que mais métricas fossem analisadas em conjuntos, como por exemplo, combinações de acesso aos conceitos, exemplos, exercícios e materiais complementares com a frequência de acesso dos alunos.

6. Conclusão

Devido ao grande volume de dados coletados por diversos tipos de sistemas, as técnicas de visualização da informação estão sendo utilizadas com diversos objetivos, e auxiliam a um melhor entendimento visual da análise dos dados. Dentre estes objetivos encontra-se a utilização das técnicas para analisar o comportamento de usuários frente a sistemas e, inclusive, em ambientes *e-learning*.

Este artigo mostrou uma ferramenta de visualização da informação para representar os resultados calculados por uma ferramenta *web analytics* integrada ao ambiente *e-learning* AdaptWeb[®]. Os dados coletados e as métricas calculadas pela ferramenta *web analytics* objetivam analisar o comportamento dos usuários frente ao sistema.

Com a utilização desta ferramenta de visualização da informação os professores que utilizam o AdaptWeb[®] podem entender melhor o comportamento de seus alunos e identificar problemas de aprendizado de maneira fácil e intuitiva e, a partir das conclusões obtidas, adaptar o conteúdo pedagógico para melhor atender às necessidades de seus alunos.

Referências

- Campo, M.; Orosco, R.; Teyseyre, A. "Automatic Abstraction Management in Information Visualization Systems". Em: Proceedings of the International Visualization Conference (1997), 50-56.
- Card, S. K.; Mackinlay, J. D.; Shneiderman, B. "Readings in Information Visualization: using vision to think". Morgan Kauffman (1999).
- Carvalho, L. S. de; Gasparini, I. "Compreensão dos objetivos do professor nos ambientes *e-learning* para análise de métricas *web analytics*". *Conferência Ibero-Americana WWW/Internet (CIAWI)*, Porto Alegre, 2013.
- Chi, E. H.; Riedl, J. T. "An operator Interaction Framework for Visualization Spreadsheets". Em Proceedings of IEEE Information Visualization Symposium (1998), 63-70.
- Freitas, C. M. D. S.; Chubachi, O. M.; Luzzardi, P. R. G.; Cava, R. A. "Introdução à Visualização de Informações". Em: RITA, Porto Alegre, RS, Brasil, 2001.
- Gotz, D.; When, Z.; Lu, J.; Kissa, P.; Cao, N.; Qian, W. H.; Liu, S. X.; Zhou, M. X. "HARVEST: An Intelligent Visual Analytic Tool for the Masses". Em: Proceedings of the 1st International Workshop on Intelligent Visual Interfaces For Text Analysis (2010), 1-4.
- Haber, R. B.; McNabb, D. A. "Visualization Idioms: a conceptual model for scientific visualization systems". *Visualization in Scientific Computing* (1990), 74-93.
- Oliveira, J. P. M.; Brunetto, M. A. de O. C.; Junior, M. L. P.; Pimenta, M. S.; Ribeiro, C. H. F. P.; Lima, J. V. de; Freitas, V de; Marçal, V. S. P.; Gasparini, I.; Amaral, M. A. AdaptWeb: um ambiente para ensino aprendizagem adaptativo na Web. *Educar*, Curitiba, p. 175-197. Editora UFPR, 2003.
- Pascual-Cid, V. "An Information Visualization System for the Understanding of Web Data". Em: IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology (2008), 183-184.
- Pascual-Cid, V.; Vigentini, L.; Quixal, M. "Visualizing Virtual Learning Environments: Case Studies of the Website Exploration Tool". Em: 14th International Conference of Information Visualisation (2010), 149-155.
- Petrillo, F.; Spritzer, A. S.; Freitas, C. M. D. S.; Pimenta, M. "Interactive Analysis of Likert Scale Data Using a Multichart Visualization Tool". Em 10th Brazilian Symposium on Human Factors in Computer Systems (2011), 358-365.
- Romero, C.; Gutiérrez, S.; Freire, M.; Ventura, S. "Mining and Visualizing Visited Trails in Web Based Educational Systems". Em: Educational Data Mining (2008), 182.

- Shen, Z.; Sundaresan, N. “Trail Explorer: Understanding User Experience in Webpage Flows”. Em: IEEE VisWeek Discovery Exhibition (2010), 7-8.
- Shen, Z.; Wei, J.; Sundaresan, N.; Ma, K. “Visual Analysis of Massive Web Session Data”. Em: IEEE Symposium on Large Data Analysis and Visualization (2012), 65-72.
- Waisberg, D.; Kaushik, A. “Web Analytics 2.0: empowering customer centricity”. Em: SEM.org Journal, v. 2, n. 1, 2009.