

Um Dashboard Educacional para um Sistema Tutor baseado em Passos

Rodrigo Lemos Obach, Patricia A. Jaques

¹PPGCA - UNISINOS

pjaques@unisinós.br

Abstract. *Intelligent tutoring systems are educational applications that provide a teaching environment tailored to student needs. To achieve this, these systems collect a vast amount of data about the student learning process. This information has a great potential to help teachers understand how their students learn and to support pedagogical decisions. However, a tool is needed to make this data available to the teacher in a way that it can be easily understood. This paper presents a teacher dashboard for the intelligent tutoring system PAT2Math. PAT2Math is an algebraic tutoring system designed to teach linear equations for elementary school students. During the design process of the dashboard, teachers were interviewed to identify what indicators they needed and to understand how they use the information they have about student learning. When the development was complete, the dashboard was tested and evaluated by elementary school teachers through a qualitative questionnaire and a usability test. The evaluation showed that the information displayed on the dashboard was useful to help teachers monitor their students' progress, especially the information from the class dashboard.*

Resumo. *Os sistemas tutores são aplicações educacionais que oferecem um ambiente de aprendizado adaptado às necessidades individuais do aluno. Para isso, esse tipo de sistema coleta grande quantidade de informações sobre a aprendizagem dos estudantes. Essas informações tem um grande potencial para ajudar o professor a entender como os seus alunos aprendem e para lhe auxiliar na tomada de decisões pedagógicas. Contudo, é necessário que exista uma ferramenta que disponibilize esses dados ao professor de forma que possam ser facilmente compreendidos. Esse trabalho apresenta um dashboard do professor para o sistema tutor PAT2Math. O PAT2Math é um sistema tutor algébrico baseado em passos, criado para o ensino de equações de primeiro grau para alunos do ensino fundamental. Durante a elaboração do dashboard, foram feitas entrevistas com professores para identificar quais indicadores eles necessitam e para entender como eles utilizam as informações sobre a aprendizagem dos alunos. Após a conclusão do desenvolvimento, o dashboard foi testado e avaliado por professores de turmas de ensino fundamental através de um questionário qualitativo e um teste de usabilidade. A avaliação mostrou que as informações exibidas no dashboard foram úteis para ajudar os professores a acompanhar o progresso dos seus alunos, especialmente as informações do dashboard da turma.*

1. Introdução

Um sistema tutor inteligente é uma plataforma computacional de ensino que emprega técnicas de inteligência artificial e teorias pedagógicas para fornecer um ambiente de aprendizado adaptado às necessidades do aluno [VanLehn 2006]. Esse tipo de sistema coleta e guarda no modelo de aluno uma grande quantidade de informações sobre os estudantes, que podem ser úteis para ajudar o professor a entender as necessidades de seus alunos. Para que esses dados sejam aproveitados, é necessário que eles sejam apresentados ao professor de forma clara e de fácil entendimento. Para isso, pode ser utilizado um *dashboard*, que é uma ferramenta de visualização de dados capaz de exibir de forma clara uma grande quantidade de informações em um pequeno espaço [Few 2006].

O PAT2Math é um sistema tutor inteligente (STI) algébrico voltado ao ensino de equações de primeiro grau para alunos do ensino fundamental. Ele permite que os alunos pratiquem a resolução de equações através de exercícios agrupados em planos de aula, que são exibidos para o aluno em uma ordem determinada pelo seu nível de dificuldade. Dentro de cada plano, os alunos podem resolver as equações na ordem que desejarem, porém só podem avançar para o próximo plano após terem concluído todas as tarefas do plano atual. Durante o processo de resolução de uma equação, os alunos informam um passo da solução por vez e recebem *feedbacks* e dicas do sistema [Jaques and et al. 2013].

O sistema tutor PAT2Math já coletava vários dados sobre o desempenho dos alunos, que incluíam o histórico de exercícios resolvidos, tempo de resolução, tipos de erros, falsas concepções e o nível de domínio do conteúdo [Seffrin et al. 2011]. No entanto, esse sistema tutor não disponibilizava uma ferramenta para os professores acessarem essas informações. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver um *dashboard* do professor para o PAT2Math. Esse *dashboard* apresenta as informações coletadas pelo PAT2Math de forma gráfica e de fácil compreensão. Para isso, o *dashboard* exibe os indicadores agrupados em dois níveis de detalhe. O primeiro nível consiste de uma visão geral da turma e o segundo consiste das informações detalhadas de um único aluno. Além dos *dashboards*, o módulo do professor também contém um relatório de notas e telas de cadastro para gerenciamento de alunos, turmas e planos de aula. Para o desenvolvimento dos *dashboards*, foram necessários a integração do sistema especialista [Jaques and et al. 2013] e o desenvolvimento de novas funcionalidades baseadas em mineração de dados desenvolvidas para esse trabalho.

Existem trabalhos na área de *dashboards* educacionais e de mineração de dados educacionais, porém a maioria dos *dashboards* foram desenvolvidos para plataformas educacionais não inteligentes [Filvà and et al. 2014, Silva 2017, Diana and et al. 2017] e a maioria dos trabalhos sobre mineração de dados não disponibilizam uma interface para o professor visualizar as informações [Aleven et al. 2016, Xhakaj and et al. 2017]. Este trabalho tem como contribuição apresentar as informações obtidas de um sistema tutor inteligente diretamente ao professor através dos *dashboards* do módulos do professor. A vantagem de exibir informações de um STI é que ele possui informações específicas sobre o aprendizado do aluno. Além da parte de visualização de dados, o módulo do professor também contém um relatório de notas e telas para cadastro e gerenciamento de turmas, usuários e planos de aula.

2. Dashboards no Sistema Tutor PAT2Math

O trabalho desenvolvido consiste de *dashboards* com informações de turmas e alunos para que o professor, que adotar o sistema tutor em suas aulas ou para atividades extra-classe, possa acompanhar o progresso dos seus alunos. Para isso, os *dashboards* exibem informações do modelo do alunos do PAT2Math juntamente com dados obtidos através de mineração de dados, desenvolvidos especialmente para serem desenvolvidos nesse trabalho.

Na Seção 2.1, é descrito o processo de levantamento de requisitos do módulo do professor. Na Seção 2.2, são descritas as informações apresentadas nos *dashboards* educacionais desenvolvidos. Finalmente, na Seção 2.3, é descrito o processo de mineração de dados utilizado e na Seção 2.4 o processo utilizado para calcular as notas dos alunos.

2.1. Planejamento do Sistema

Para a elaboração do trabalho, foi realizada uma entrevista com uma professora que vem utilizando o PAT2Math durante os últimos cinco anos com duas turmas de 7º ano de um colégio particular no estado do Rio Grande do Sul. Os alunos utilizam o PAT2Math, uma vez por semana, no laboratório de informática da escola. O objetivo da entrevista foi entender como a professora utiliza o sistema durante as aulas e levantar indicadores que ela considera relevantes. Durante a reunião, foi apresentado um protótipo dos *dashboards* elaborados com dados reais extraídos da base de dados do PAT2Math. Esse protótipo incluía uma visão da turma com (1) o nível de conhecimento de cada aluno, (2) tipos *misconceptions* por aluno, (3) erros cometidos por equação e (4) um gráfico com o progresso de cada aluno dentro dos planos de aula do sistema.

Durante a entrevista também foi falado sobre a utilização do PAT2Math como ferramenta de avaliação, recurso que havia sido solicitado por professores de outra escola que utilizam o sistema. O desafio de utilizar o PAT2Math como ferramenta de avaliação é que os alunos conseguem resolver os exercícios corretamente na maioria das vezes, pois o sistema auxilia os alunos com dificuldades e permite que o aluno avance para o próximo plano de aula ao concluir todos os exercícios corretamente. Sendo assim, foi validado com a professora a possibilidade de atribuir uma nota para o aluno com base nos exercícios realizados descontando uma porcentagem da nota do exercício para cada passo errado ou dica solicitada.

Para a implementação do módulo do professor, também foram consideradas duas solicitações dos professores de um outro colégio particular. A primeira demanda consistia de uma forma de avaliar os alunos a partir das atividades realizadas no PAT2Math. Antes da implementação desta demanda, a metodologia de avaliação foi discutida na entrevista com a professora. A segunda solicitação era um gerador de equações que permitisse aos professores gerar novos planos de aula com base em um conteúdo.

2.2. Dashboards

O módulo do professor¹ conta com dois *dashboards*, um com uma a visão por turma e o outro com uma visão detalhada por aluno. O objetivo desses *dashboards* é permitir que o professor visualize os dados que o STI coleta sobre os seus alunos. Esses dados

¹Disponível para acesso pela URL <http://pat2math.unisinos.br/>.

contém informações sobre as atividades realizadas, o nível de conhecimento, o tempo de utilização e as dificuldades de cada aluno.

O *dashboard* da turma (Figura 1) é composto por cinco gráficos que permitem ao professor ter uma visão detalhada do progresso e das falsas concepções (*misconceptions*) da turma; são eles:

- **Tempo no Sistema vs Conhecimento:** consiste de um gráfico de dispersão, em que cada aluno é posicionado de acordo com o tempo de utilização do PAT2Math (eixo X) e o seu nível de conhecimento médio (eixo Y). O nível de conhecimento é obtido através de uma Rede Bayesiana desenvolvida por [Seffrin et al. 2013].
- **Alunos por plano:** gráfico de barras que exibe a quantidade de alunos que concluiu cada plano de aula.
- **Conhecimento:** exibe a média do nível conhecimento da turma em cada operação (soma, subtração, ...) em forma de gráfico de barras.
- **Tempo de resolução vs Erros:** gráfico de dispersão que posiciona os alunos de acordo com o tempo de resolução dos exercícios e a porcentagem de erros.
- **Progresso por Plano:** mapa de calor que exibe o progresso dos alunos por plano de aula, de acordo com o número de erros cometidos no plano ou pelo tempo que o estudante levou para concluir as equações.
- **Misconceptions por aluno:** mapa de calor que exibe a ocorrência de *misconceptions* por aluno, permitindo identificar as dificuldades de cada aluno, as dificuldades mais comuns na turma e os alunos com maior dificuldade.

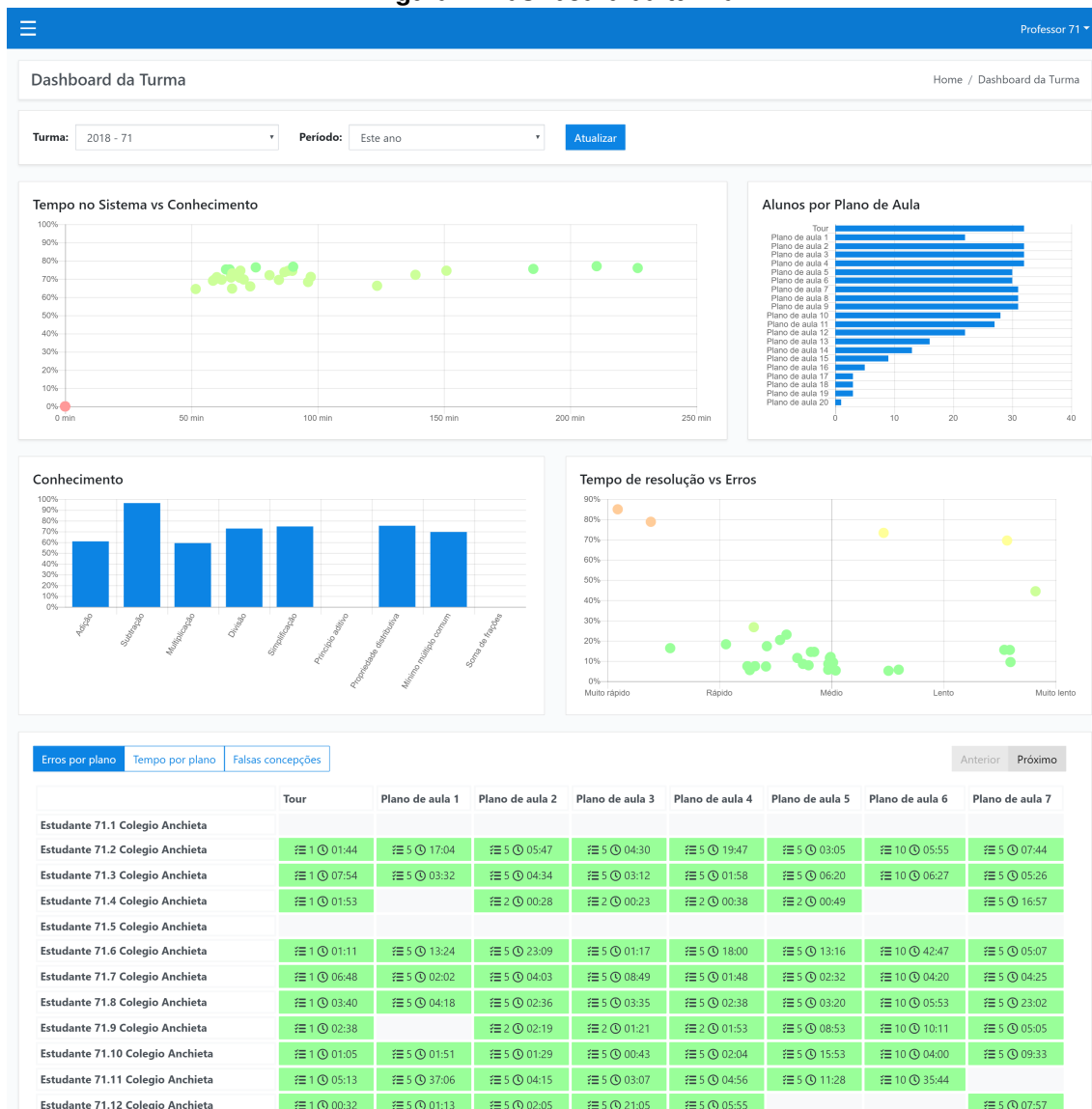
O *dashboard* do aluno é composto de dois gráficos, que exibem informações semelhantes ao *dashboard* da turma porém com um nível de detalhamento maior. O primeiro gráfico permite ao professor acompanhar o tempo de utilização do sistema e a quantidade de tarefas realizadas pelo aluno em cada dia de uso do sistema. O segundo gráfico exibe uma curva com a evolução do conhecimento do aluno em cada área.

2.3. Mineração de dados educacionais

Durante o desenvolvimento do *dashboard*, foi verificado que a maioria dos passos de resolução submetidos antes de três segundos são incorretos. Com base nesta informação, foi elaborada uma consulta SQL para comparar a taxa de erros com o tempo que o aluno levou para submeter o passo. O resultado desta consulta pode ser visto no gráfico da Figura 2. O gráfico mostra que a maior taxa de erros ocorre em passos com 3 segundos ou menos, e a maior taxa de acertos corresponde aos passos submetidos entre 4 e 13 segundos. Após 14 segundos, a taxa de erros aumenta lentamente. Provavelmente, os passos com menos de 3 segundos apresentam a maior taxa de erros porque o aluno não deve ter verificado a resposta antes de submetê-la (i.e., comportamento tentativa e erro). Após a faixa de tempo com mais acertos, a taxa de erros aumenta juntamente com o tempo porque os alunos que têm maior dificuldade e estão confusos demoram mais tempo para responder.

Para validar a correlação entre estes dados, foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman, uma vez que os dados analisados não seguem uma distribuição normal e a relação não é linear. Esses dois fatores impossibilitaram o uso de outros testes mais conhecidos, como, por exemplo, o coeficiente de Pearson. Para verificar se as informações seguiam uma distribuição normal, foi utilizado o teste de Shapiro–Wilk, que retornou o

Figura 1. Dashboard da turma



resultado 0.0035 para os dados de tempo e $7.96e - 13$ para os dados de porcentagem de erros. Ambos os valores estão abaixo de 0,05, o que significa que a distribuição é significativamente diferente de uma normal. O coeficiente de Spearman obtido para a relação foi 0,73, o que indica uma correlação forte entre os dois valores [Field et al. 2012].

Para realizar o agrupamento dos dados, foi utilizado o software WEKA e o algoritmo *k-means*. WEKA é uma ferramenta de aprendizado de máquina criada pela universidade de Waikato. Esta ferramenta foi escolhida porque é totalmente escrita em Java e pode ser utilizada facilmente com uma biblioteca. [Hall et al. 2009].

No processo de agrupamento, primeiramente são removidos os *outliers*, utilizando o filtro “*Interquartile range*”, disponibilizado pelo WEKA. Pelos testes realizados, esse filtro removeu passos com menos de 1 segundo de duração e passos com mais de 4 minutos de duração. Essa filtragem foi necessária para evitar que inconsistências causassem

Figura 2. Comparação entre o tempo e a porcentagem de erros



distorções no resultado. Na base de dados do PAT2Math existe um número significativo de passos com tempo muito alto, as vezes maior o que o período de aula, o que indica que esses passos podem ter sido causados por erros no sistema.

2.4. Cadastros básicos e Notas

Para permitir que os professores utilizem o PAT2Math como ferramenta de avaliação, foi desenvolvida uma tela que permite especificar quais planos de aula o professor deseja utilizar para avaliar os alunos e gerar um relatório de notas com bases nos planos especificados. Essa tela também fornece opções para o professor configurar o peso de cada plano e uma porcentagem de desconto quando o aluno comete um erro ou solicita uma dica. Essa abordagem foi utilizada porque o PAT2Math auxilia os alunos na resolução dos exercícios e só permite que o aluno avance para o próximo plano após ele ter respondido todas as questões do plano atual corretamente. Assim, se a avaliação considerar somente o resultado final, a maior parte dos alunos ficaria com uma nota muito próxima a 10.

2.5. Detalhes da implementação

O módulo do professor consiste de uma interface web desenvolvida com a *framework* Angular 5. Essa interface se comunica com o PAT2Math através de serviços REST (Representational State Transfer), que permitem a interação com os dados do modelo do aluno [Richardson and Ruby 2008]. Esses serviços foram desenvolvidos utilizando a linguagem Java com a *framework* Spring MVC e base de dados MySQL, seguindo as mesmas tecnologias já utilizadas no PAT2Math. Para gerar os gráficos dos *dashboards*, foi utilizada a biblioteca JavaScript Chart.js, que permite a criação de gráficos dinâmicos customizáveis.

Também foi desenvolvido um serviço para a execução do modelo de aluno desenvolvido por [Seffrin et al. 2013] e para executar as tarefas de mineração de dados. Originalmente, o modelo era integrado ao sistema especialista do PAT2Math, porém ele havia sido desativado porque causava problemas de desempenho quando muitos alunos estavam utilizando o PAT2Math simultaneamente. A alternativa encontrada para resolver este problema foi o desenvolvimento de um serviço que pode ser agendado para executar durante a noite, quando o sistema não está em uso. Uma vantagem desta abordagem é que, como este serviço utiliza os passos de resolução salvos no banco de dados do PAT2Math, foi possível processar todo o histórico de exercícios resolvidos pelos alunos, inclusive no período em que o modelo de aluno estava desabilitado.

3. Avaliação

Para a avaliação do módulo do professor, foram entrevistados professores que utilizaram ou utilizam o PAT2Math em suas aulas de matemática. As entrevistas tiveram em média 30 minutos de duração e foram realizadas presencialmente ou através da ferramenta de comunicação *Skype*. Durante a entrevista, o módulo do professor foi apresentado para o professor e, no final da apresentação, foi fornecido um usuário e senha para ele poder executar as tarefas relacionadas ao questionário de avaliação, descrito na Seção 3.2.

3.1. Participantes

A avaliação do módulo do professor contou com a participação de cinco professores que já haviam utilizado o sistema tutor inteligente PAT2Math. Os professores que participaram da avaliação foram: (1) Professora de matemática de uma universidade particular, que participou do projeto do PAT2Math quando estudava na Unisinos. Tem 31 anos de idade e 10 anos de experiência no ensino de álgebra para alunos da educação básica. (2) Professora de colégio de São Leopoldo que utiliza o PAT2Math há 5 anos com alunos 7º ano. A professora tem 53 anos de idade e 25 anos de docência do conteúdo de álgebra. (3) Professora com 52 anos de idade e 12 anos de experiência, que está começando a utilizar o PAT2Math com alunos do 7º ano de uma escola municipal em Gravataí. (4 e 5) Professores de colégio particular de Porto Alegre que utilizam o PAT2Math com alunos de 7º ano há um ano. O primeiro professor tem 39 anos de idade e 10 anos de docência, e a segunda professora tem 50 anos de idade e 24 anos de docência.

3.2. Materiais

Foi elaborado um questionário de avaliação com questões qualitativas dividido em duas partes. A primeira parte busca avaliar as funcionalidades desenvolvidas e as informações exibidas nos *dashboards*. A segunda parte consiste de um questionário de usabilidade. Esse questionário foi disponibilizado através da plataforma Google Forms para os professores preencherem.

Antes da entrega do questionário, foi realizada uma conversa inicial com o professor para explicar qual era o objetivo da avaliação e explicar o funcionamento o teste de usabilidade. Logo em seguida, foi feita uma pequena demonstração do sistema e foram fornecidos os dados de acesso para o professor poder utilizar o sistema livremente durante a realização do teste.

A primeira parte do questionário continha seis atividades para o professor realizar no módulo do professor, sendo que cada atividade tinha o objetivo de demonstrar uma

funcionalidade. Após realizar cada atividade, foi solicitado que o professor respondesse duas questões objetivas, em que ele deveria indicar, em uma escala de 1 a 5, se a funcionalidade foi útil e se as informações apresentadas estavam claras. No final de cada atividade, também havia um espaço para ele escrever dúvidas e comentários.

A segunda parte do questionário continha uma versão traduzida do questionário de usabilidade SUS (*System Usability Scale*), criado por [Brooke et al. 1996]. O questionário SUS é composto por 10 afirmações e o usuário deve indicar, em uma escala de 1 a 5, o quanto ele concorda com a afirmação. Esse questionário gera uma nota entre 0 a 100, sendo que quanto maior a nota, melhor a usabilidade do sistema [Bangor et al. 2008].

3.3. Resultados

Conforme descrito nas Seções 3.2 e 3.1, foi elaborado um questionário de avaliação, que foi respondido pelos professores. Também foi aplicado o teste de usabilidade SUS. A tabela 1 contém o resultado das perguntas "Esta funcionalidade foi útil para você" e "Ficou claro para você as informações disponíveis nessa funcionalidade?".

A partir destes resultados, é possível concluir que os professores acharam as funcionalidades do módulo do professor úteis e no geral conseguiram entender as informações exibidas. A maioria das funcionalidades obteve uma nota acima de 4 nas respostas à pergunta "Essa funcionalidade foi útil para você?"; a única exceção foi o *dashboard* do aluno, que teve uma avaliação um pouco menos favorável. Provavelmente, a nota mais baixa se deve a ele exibir informações semelhantes ao *dashboard* da turma, mas não permite que o professor tenha uma visão comparativa entre o aluno selecionado e os outros alunos da turma, como ocorre no *dashboard* da turma. A resposta à pergunta "Ficou claro para você as informações disponíveis nessa funcionalidade?" mostram que os professores conseguiram compreender a maioria dos dados apresentados com facilidade, porém tiveram um pouco mais de dificuldade com as informações do mapa de calor do *dashboard* da turma e com as informações do *dashboard* do aluno.

O teste de usabilidade SUS teve um resultado médio de 71, 25 e 4 dos 5 professores deram notas acima de 68, 2 (Os valores de cada professor foram 85; 57, 5; 95; 77, 5; 92, 5). 68, 2 foi o resultado médio obtido por sistema web no teste de usabilidade SUS de um total de 273 estudos avaliados por [Bangor et al. 2009]. Isso demonstra que o sistema desenvolvido está um pouco acima da média em termos de usabilidade e, segundo [Bangor et al. 2009], pode ser descrito pelo adjetivo "bom".

Tabela 1. Resultados das questões Q1: "Essa funcionalidade foi útil para você?" e Q2: "Ficou claro para você as informações disponíveis nessa funcionalidade?"

Funcionalidade	Média Q1	Média Q2
1. Dashboard da turma - Progresso	4,8	4,6
2. Dashboard da turma - Conhecimento	4,6	4,4
3. Dashboard da turma - Dificuldades	4,8	4
4. Dashboad do aluno	3,8	3,6
5. Notas	4,8	4,8
6. Cadastros básicos	4,8	4,6

4. Conclusão

O trabalho desenvolvido consiste de um dashboard para um sistema tutor inteligente baseado em passos. O objetivo desse módulo é permitir que o professor tenha acesso às informações coletadas pelo sistema tutor para ajudá-lo a compreender as necessidades de seus alunos.

Poucos sistemas tutores inteligentes disponibilizam dashboards e os trabalhos sobre mineração de dados não costumam disponibilizar as informações ao professor por meio de uma interface gráfica. Este trabalho teve como contribuição a utilização de mineração de dados juntamente com ferramentas de visualização para apresentar ao professor as informações obtidas sobre o aluno.

Inicialmente, foi desenvolvido um protótipo dos *dashboards* utilizando dados reais obtidos do banco de dados do PAT2Math. Esse protótipo foi apresentado para uma professora, que já utilizava o sistema tutor PAT2Math, e foi solicitado que ela fornecesse *feedbacks* sobre o protótipo. Os *feedbacks* recebidos foram considerados para fazer modificações no projeto antes do desenvolvimento da versão final.

Após o término do desenvolvimento, a solução foi apresentada para cinco professores que utilizam ou já utilizaram o PAT2Math. Durante a apresentação, os professores puderam utilizar o sistema e no final foi solicitado que eles avaliassem as funcionalidades do módulo do professor através de um questionário qualitativo com questões de múltipla escolha e um questionário de usabilidade. Esse questionário continha um lista de atividades para o professor realizar no módulo do professor antes de responder as questões de avaliação, para que o professor respondesse as suas impressões realmente baseado em sua experiência de uso.

Os resultados obtidos através do questionário de avaliação mostraram que os professores consideraram útil as funcionalidades disponibilizadas pelo módulo do professor. Através dos comentários, foi possível perceber que o *dashboard* da turma, o relatório de notas e o cadastro de plano de aula foram as funcionalidades que mais despertaram o interesse dos professores. O *dashboard* do aluno teve uma avaliação menos positiva, provavelmente porque os dados exibidos nesse *dashboard* podem ser visualizados com menor nível de detalhe no *dashboard* da turma. Outra vantagem do *dashboard* da turma é o professor conseguir visualizar o progresso de cada aluno em relação aos outros integrantes da turma.

Os resultados do teste de usabilidade mostraram que alguns professores tiveram um pouco de dificuldade de entender alguns indicadores apresentados. Esse resultado poderia ser melhorados se o sistema fornecesse um tutorial para os professores na primeira utilização ou disponibilizasse alguma forma do usuário obter ajuda através da própria interface do sistema.

Devido às limitações de tempo, não foi possível acompanhar a utilização do módulo do professor durante um ano letivo. Como trabalho futuro, sugere-se que seja feito o acompanhamento de uma turma para verificar a relação dos indicadores utilizados com as notas dos alunos e também para avaliar como estes indicadores evoluem ao longo do ano. Um período de avaliação mais longo também permitirá entender melhor como os professor utilizam as informações disponibilizadas sobre os seus alunos para tomar decisões pedagógicas. Também há espaço para melhorias de usabilidade no modulo do

professor. Durante as entrevistas, percebeu-se que alguns professores não possuíam muita familiaridade com a tecnologia e tiveram dificuldade no primeiro contato com o sistema.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da FAPERGS (Processo 17/2551-0001203-8) e CNPq (processo 309218/2017-9).

Referências

- Aleven, V., Xhakaj, F., Holstein, K., and McLaren, B. M. (2016). Developing a teacher dashboard for use with intelligent tutoring systems. *CEUR Workshop*, 1738:15–23.
- Bangor, A., Kortum, P., and Miller, J. (2009). Determining what individual sus scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, 4(3):114–123.
- Bangor, A., Kortum, P. T., and Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the system usability scale. *Intl. Journal of Human–Computer Interaction*, 24(6):574–594.
- Brooke, J. et al. (1996). Sus-a quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194):4–7.
- Diana, N. and et al. (2017). An instructor dashboard for real-time analytics in interactive programming assignments. *LAK '17*, pages 272–279.
- Few, S. (2006). *Information Dashboard Design The Effective Visual Communication of Data*. O'Reilly, 1st edition.
- Field, A., Miles, J., and Field, Z. (2012). *Discovering statistics using R*. Sage.
- Filvã, D. A. and et al. (2014). Google analytics for time behav. measurem. in moodle. *CISTI*.
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., and Witten, I. H. (2009). The weka data mining software: an update. *ACM SIGKDD explor.*, 11(1):10–18.
- Jaques, P. A. and et al. (2013). Rule-based expert systems to support step-by-step guidance in algebraic problem solving. *Expert Systems with Applic.*, 40(14):5456–5465.
- Richardson, L. and Ruby, S. (2008). *RESTful web services*. O'Reilly Media, Inc.
- Seffrin, H., Rubi, G., and Jaques, P. (2011). O modelo cognitivo do sistema tutor inteligente pat2math. In *SBIE*.
- Seffrin, H. M., Rubi, G., and Jaques, P. (2013). Uma rede bayesiana aplicada a modelagem do conhecimento algébrico do aprendiz. In *SBIE*, volume 24, page 597.
- Silva, E. V. (2017). Vla dashboard: Um mecanismo para visualização do desempenho dos estudantes de matemática no ensino médio. Mestrado em informática, UFAM.
- VanLehn, K. (2006). The behavior of tutoring systems. *IJAIED*, 16(3):227–265.
- Xhakaj, F. and et al. (2017). Effects of a teacher dashboard for an its on teacher knowledge, lesson planning, lessons and student learning. In *EC-TEL*.