



UMA FERRAMENTA DE APOIO À ANÁLISE E AO ACOMPANHAMENTO DE PRÁTICAS INTERATIVAS COMO INSTRUMENTO METODOLÓGICO PARA O ENSINO DE DISCIPLINAS DE MATEMÁTICA

Paulo André Lima Pequeno¹ - pauloandre@virtual.ufc.br

Natália Maria Cordeiro Barroso¹ - natalia@ufc.br

José Marques Soares¹ - marques@ufc.br

Allyson Bonetti França¹ - allysonbonetti@gmail.com

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática (PPGETI/UFC)

Resumo. *O cenário de dificuldade encontrado pelos alunos de disciplinas de matemática vem motivando a busca por estratégias capazes de mitigar o insucesso e a evasão em diversos cursos universitários. A exemplo de outras áreas de conhecimento, ferramentas tecnológicas vêm sendo utilizadas nesse domínio com o objetivo de dar apoio ao processo de ensino e aprendizagem, restando ainda muitas lacunas a serem preenchidas. Contextualizado em turmas de primeiro e segundo anos de cursos de engenharia, podendo, entretanto, ser generalizado para outros ambientes, este trabalho apresenta uma ferramenta de acompanhamento e de análise associada a um ambiente virtual em que são disponibilizadas via Web listas de exercícios interativos que podem ser gerenciadas remotamente pelo professor. Características básicas do comportamento do aluno são rastreadas ao longo da resolução dos exercícios, servindo de insumo para o diagnóstico de fatores que revelem suas eventuais dificuldades e limitações. O suporte oferecido por uma ferramenta desta natureza, associada a uma metodologia baseada na realimentação contínua do processo de avaliação, oferece ao professor uma oportunidade de reação, permitindo-o adaptar suas práticas didáticas em busca de melhores resultados de aprendizagem. A ferramenta foi utilizada em disciplinas de Cálculo Fundamental e Cálculo Vetorial no 1º semestre letivo de 2012, sendo os resultados e observações preliminares apresentados neste artigo.*

Palavras-chave: *ensino de matemática, análise comportamental, avaliação formativa, engenharia didática.*

A TOOL TO SUPPORT ANALYSIS AND MONITORING OF INTERACTIVE PRACTICE AS A METHODOLOGY INSTRUMENT FOR TEACHING MATH COURSES

Abstract. *The difficult scenery faced by students of mathematical disciplines has motivated the search for strategies able to mitigate the failure and dropout in several university courses. Like in other areas of knowledge, technological tools have been used in this field in order to support the teaching and learning process, but it still leaves many gaps to be filled. Contextualized in classes of first and second year engineering courses, and possibly generalised to other environments, this paper presents a tool for monitoring and analysis associated with a virtual environment in which lists of interactive exercises are made available via web that can be remotely managed by the teacher. Basic features of the student's behaviour are tracked throughout solving exercises, serving as input for diagnosing factors that reveal their possible*

difficulties and limitations. The support offered by a tool of this nature, coupled with a methodology based on continuous feedback from the evaluation process, offers the teacher a chance to react, allowing him to adapt his teaching practices in search of better learning outcomes. The tool was used in disciplines Elementary Calculus and Vector Calculus in the 1st semester of 2012, in which the preliminary results and observations are presented in this article.

Keywords: mathematics teaching, behavior analysis, formative evaluation, didactic engineering.

1.Introdução

O número de alunos nas disciplinas de matemática ofertadas nos primeiros anos dos cursos de engenharia é, em geral, muito elevado, exigindo bastante tempo e energia do professor responsável por essas disciplinas. Este contexto de sala de aula associado ao uso de metodologias tradicionais de ensino, baseadas em modelos instrucionistas e com avaliações somativas, pode impedir a identificação de problemas de aprendizagem pelo professor. Nesta situação, a utilização de técnicas e de recursos que facilitem a identificação desses problemas de aprendizagem pode agir como elemento que permita a ação proativa de professores na compreensão das dificuldades do aluno, possibilitando ao docente a definição de diferentes estratégias que melhorem a compreensão dos alunos frente a sua disciplina. Por outro lado, face às inevitáveis pressões do desenvolvimento tecnológico, a imposição de novos paradigmas aos professores pode provocar reações e, assim, as vantagens de usar a tecnologia não são encontradas.

Em um contexto de elevado número de alunos, a avaliação se constitui em um dos principais desafios. Entretanto, como sugere Demo (2000), o professor deve ter autocrítica e saber inovar. Isso se torna um requisito indispensável em cenários de altos índices de reprovação e de evasão, situação frequentemente registrada em disciplinas de matemática nos primeiros anos dos cursos de engenharia no Brasil (Rissi e Marcondes 2011). Tendo em perspectiva este problema, Barroso *et al.* (2009) propõem um método de realimentação para o processo de avaliação. As etapas desse método se baseiam na metodologia de pesquisa denominada Engenharia Didática, proposta por M. Artigue (1989), que tem por suporte a aplicação de sequencias de ensino em salas de aula de matemática.

A Engenharia Didática, vista como metodologia de pesquisa, caracteriza-se, em primeiro lugar, por um esquema experimental baseado em realizações didáticas em sala de aula, isto é, na concepção, realização, observação e análise de sessões de ensino. Caracteriza-se também como pesquisa experimental: a comparação entre análise a priori e análise a posteriori. Tal tipo de validação é uma das singularidades dessa metodologia, por ser feita internamente, sem a necessidade de aplicação de um pré-teste ou de um pós-teste.

Neste trabalho, o WIMS -*WWW Interactive Multipurpose Server* foi utilizado como ferramenta de apoio às avaliações, experimentações e atividades. Com o objetivo de contribuir para a identificação de novos mecanismos de avaliação além das provas tradicionais, os exercícios foram classificados pela docente, registrados no WIMS e a sua execução pelos alunos foi rastreada. Para permitir a análise dos dados rastreados, muitas vezes gravados em arquivos de *log* no servidor de maneira pouco compreensível

pelo professor, foi criada uma ferramenta de análise, intitulada WIMS Score. Esta ferramenta compila dados globais e individuais dos alunos, permitindo a confrontação entre análise a priori e análise a posteriori, além de fornecer ao professor outros elementos de acompanhamento do comportamento e do aprendizado da turma.

O texto está disposto da seguinte forma: a seção 2 aborda o Método de Avaliação Continuamente Realimentado; a seção 3 mostra o ambiente integrado para oferta e gestão de exercícios de matemática; na seção 4 é explicado o Caso de Estudo; na seção 5, são mostrados e discutidos os resultados; na seção 6, apresentam-se as conclusões e as perspectivas do trabalho.

2.Método de Avaliação Continuamente Realimentado – ACR

O método ACR, proposto por Barroso *et al.* (2009), é fundamentado na Engenharia Didática, uma metodologia de pesquisa da Didática da Matemática que se caracteriza, principalmente, por ter um esquema experimental baseado em realizações didáticas em sala de aula, que inclui a concepção, a realização, a observação e a análise de sequências de ensino de matemática (ARTIGUE, 1989). Visando fornecer ao professor um instrumento de avaliação dinâmico, que considera aspectos do ambiente e os conhecimentos dos alunos, o método propõe a realimentação do processo avaliativo a partir dos resultados apresentados pelos alunos ao longo do curso, sendo dividido em quatro fases que são descritas em seguida.

Fase de Análise Geral do Problema

Nesta fase, realiza-se o estudo preliminar do problema e a identificação das dimensões críticas que definem o conjunto de hipóteses sobre as dificuldades relacionadas ao assunto tratado.

Fase de Modelagem e Implementação

Esta fase envolve inicialmente a elaboração da sequência de questões, normalmente, organizada em ordem crescente de nível de dificuldade.

É nesse momento que a fundamentação teórica utilizada nesse trabalho é valorizada, quando, na escolha dos exercícios, consideram-se enunciados que conduzem à solução de problemas nos quais a noção visada assume o *status* de ferramenta ou de objeto; ao mesmo tempo em que, a partir dessas escolhas, abrangem-se os níveis de dificuldade simples/isolado, mobilizável e disponível (ver Seção 5.1).

Outra importante ação dessa fase é a preparação do ambiente de execução da avaliação, que envolve a escolha das ferramentas de trabalho, a definição eventual das pessoas envolvidas entre técnicos, avaliadores e avaliados, o local da avaliação, o tipo de máquina e material utilizado, entre outros elementos complementares. Além das atividades iniciais, outra atividade, posterior à conclusão de avaliações anteriores, pode intervir nessa etapa, motivando uma realimentação capaz de modificar, enriquecer ou mesmo corrigir eventuais problemas detectados. Finalmente, uma análise *a priori* deve ser efetuada a fim de identificar os possíveis conhecimentos e procedimentos que os alunos poderão empregar na resolução dos problemas.

Fase de Avaliação

Na fase de avaliação, realiza-se a aplicação da avaliação e o registro de atividades, com eventuais interações adaptativas, onde são realizadas ações que venham

a complementar ou auxiliar a avaliação em pontos não previstos. A análise de resultados é então efetuada a partir dos dados registrados pela aplicação da avaliação e eventualmente das interações adaptativas.

Fase de Conclusões

Finalmente, após a apresentação dos resultados e das análises, são registradas as conclusões, podendo ser consideradas definitivas, quando o volume de informações se revelar suficiente quantitativa e qualitativamente, ou parciais, quando forem obtidas através de informações incompletas ou verificadas através de tendências, necessitando obrigatoriamente de reavaliações.

As conclusões realimentam o processo, podendo-se retrabalhar a reclassificação dos níveis dos exercícios. Em uma próxima aplicação, podem ser eliminadas ou inseridas novas questões ou, ainda, proceder-se à fragmentação de exercícios visando à identificação mais precisa do tipo de dificuldade ou limitação encontrada pelo aluno. Abaixo, a Figura 1 demonstra o funcionamento das fases.

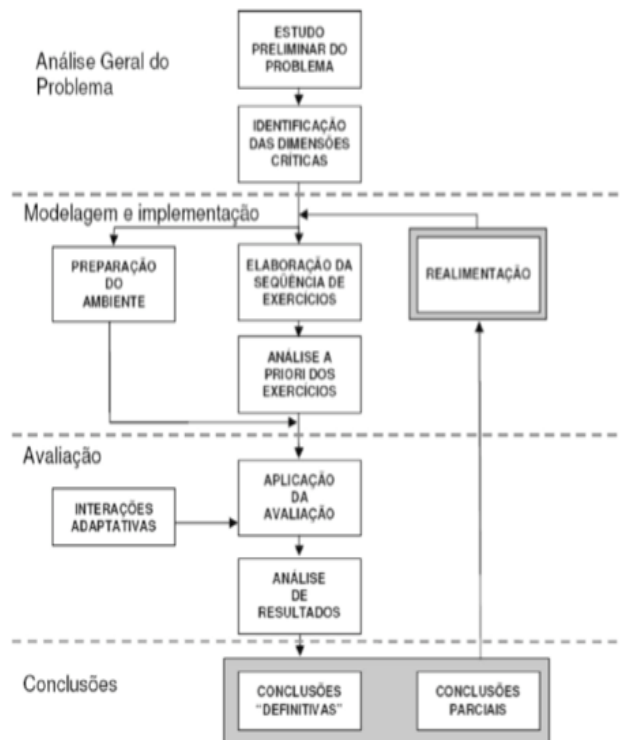


Figura 1 - Fases e atividades constituintes do processo de avaliação

2.1. O Wims como instrumento de avaliação no método ACR

O WIMS - WWW *Interactive Multipurpose Server*, é um programa *open source*¹, distribuído sob licença GNU2, que oferece recursos que podem ser acessados através de qualquer navegador web na internet. Esta ferramenta é projetada para funcionar em sistemas operacionais Linux. Desenvolvido por Xiao Gang (1998), professor da Universidade de Nice-Sophia Antipolis, esta ferramenta tem como principal funcionalidade a proposição de avaliações e listas de exercícios para os alunos em

¹<http://w3.org/Status.html>

²<http://wims.unice.fr/wims/COPYING>

diversas disciplinas. Adicionalmente, o WIMS dispõe de um banco de questões interativas, bem como recursos para a criação de novos exercícios. A ferramenta permite o emprego de questões bastante diversificadas, cujos enunciados não são comumente explorados em avaliações tradicionais feitas em sala de aula, como exercícios envolvendo animações. Além disso, os dados do enunciado de um mesmo exercício são modificados a cada interação, dificultando ao aluno copiar o resultado obtido pelo colega ao lado ou, ainda, descobrir por tentativa e erro a resposta correta.

O Wims foi integrado ao Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Moodle (Moodle 2011). O Moodle forneceu a interface e o conjunto de funcionalidades necessárias à gestão e ao acompanhamento das notas associadas às listas de exercícios. A integração desses dois ambientes foi realizada com o uso de *Web Services* (WS), que se destacam como tecnologia para a implementação de SOA e vêm sendo utilizados em sistemas educacionais como Sakai (2011). O ambiente de integração vem sendo utilizado como ferramenta de apoio ao ensino presencial em disciplinas de Cálculo Fundamental desde 2008 (Barroso, 2009).

2.2. Problematização

O método de avaliação continuamente realimentado apresenta etapas de difícil realização, como a análise *a priori* dos exercícios e a comparação de resultados. Esta dificuldade se dá pelo fato de o professor realizar a avaliação dos níveis da questão a partir, unicamente, de seus conhecimentos tácitos. A memória de outras aplicações junto aos alunos não é utilizada para subsidiar esta análise, como tempo de resposta das questões, taxa de acerto, tempo de treinamento, dentre outros aspectos do comportamento do aluno.

Este trabalho visa oferecer um instrumento capaz de auxiliar o professor a contornar as limitações citadas. Nas seções seguintes são apresentadas contribuições à metodologia do processo de avaliação continuamente realimentado proposto por Barroso *et al.* (2009).

3. Instrumentalização do ambiente de integração Moodle-WIMS para configuração e análise com o uso do método ACR

Para facilitar a configuração do ambiente e, principalmente, instrumentalizar o professor e, para a análise dos dados gerados nos processos de avaliação, foram inseridos sub-estágios correspondentes a novos blocos, conforme apresentado na Figura 2. Na fase de Modelagem e Implementação, no estágio de Análise *a Priori* dos exercícios, foi inserido um sub-estágio chamado **registro da pré-análise**, correspondente à funcionalidade em que o professor efetua o registro da pré-análise. No estágio **parametrização de dados**, foi inserido um sub-estágio de **registro de dados personalizados**, onde são armazenados os parâmetros relevantes, indicados pelo professor, que devem ser coletados nos dados rastreados pelo WIMS. Adicionalmente, na fase de Avaliação, no estágio de Análise dos Resultados, foi inserido o sub-estágio chamado **comparação de resultados a posteriori**, onde o professor pode analisar o desempenho dos alunos.

Sub-estágio – registro da pré-análise: a análise *a priori* dos exercícios é efetuada e registrada pelo professor a partir de ícones.

Sub-estágio – registro de dados personalizados: para uma atuação mais produtiva, principalmente em turmas numerosas, o professor necessita de acesso rápido

e grande organização das informações. Assim, com o registro de dados personalizados, é possível reunir, em um único local, os dados relevantes ao professor, facilitando a análise dos mesmos.

Sub-estágio – comparação de resultados *a posteriori*: este bloco corresponde à funcionalidade da ferramenta em que o professor pode confrontar a sua análise inicial aos resultados obtidos pela aplicação dos exercícios (análise *a posteriori*). Com a confrontação, é possível identificar dificuldades e melhor acompanhar o rendimento de alunos em uma interface coesa. Foram aglutinados na ferramenta WIMS Score os dados globais e individuais das turmas, separados por listas de exercícios e até por questões/assuntos. Com a comparação de resultados, é possível ao professor melhor identificar os padrões de comportamento e a compreensão da turma sobre pontos específicos do conteúdo da disciplina.

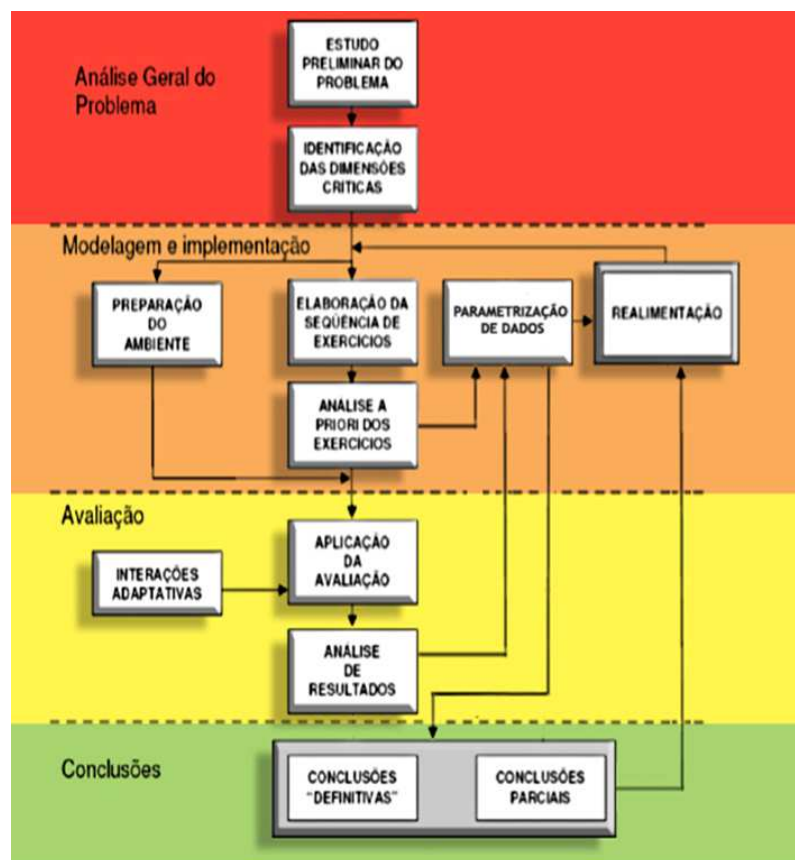


Figura 2 - Fases e atividades constituintes do processo de avaliação

3.1. WIMS Score

A implementação da metodologia proposta neste trabalho resultou na criação de uma ferramenta de relatório computacional intitulada Wims Score. A Figura 3 representa a tela inicial da ferramenta.

SHEET		TREINAMENTO				VALENDO			
#	PRÉ-ANÁLISE	QUESTÃO	VEZES FEITAS	MÉDIA	MÉDIA TEMPO	VEZES FEITAS	MÉDIA	MÉDIA TEMPO	
1	Fácil	1	90	6.7	00:00:39	437	9	00:00:38	
			<ul style="list-style-type: none">621 - Raquel Silva : 3624 - Kevin Mota Amarilo : 4625 - Isadora Castro Machado : 2626 - Ralison Adriano Oliveira : 3630 - antonio marques : 2633 - Romulo Souto : 1634 - Francisca Valdenusa Almeida Silva : 24636 - Lipi Gomes : 4637 - eiverton lalte : 18654 - Natália da Silva Lichôe : 1656 - Dayanne Nóbrega : 3657 - Eduardo Alencar Clarini : 25659 - Paulo Janderson Gonçalves Lima : 2						

Figura 3 - WIMS Score: Relatório Geral

A ferramenta WIMS registra um grande volume de dados relacionados ao desempenho dos alunos oriundos das listas de exercícios, como tempo, número de acertos e de erros. Porém, uma análise mais detalhada desses dados não é uma tarefa trivial. Tais registros são armazenadas em diversas seções distintas.

Wims Score é uma ferramenta de relatório que aglutina dados globais e individuais das turmas. Informações como tipo da questão, assunto, tempo de resolução da questão, número de tentativas, número de treinos, notas, e uma coluna de pré-análise fazem parte da ferramenta. Tal ferramenta permite ao professor analisar, comparar e até identificar alunos com dificuldades em determinados temas abordados em sala de aula.

4.Caso de Estudo

A experiência, apresentada neste trabalho conta com o apoio de uma professora com 18 anos de prática no ensino tradicional em disciplinas de matemática do primeiro e do segundo anos universitários. Foram abordados o ensino de conteúdos das disciplinas de Cálculo Fundamental e de Cálculo Vetorial com o uso da metodologia ACR adaptada com os novos módulos propostos neste trabalho e uso da ferramenta WIMS Score.

Foram realizadas duas experimentações no primeiro semestre de 2012: a primeira com uma classe de estudantes de primeiro ano do curso de graduação em Engenharia Elétrica e a segunda com uma classe de estudantes do segundo ano do curso de graduação em Engenharia de Energias e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará (UFC). A resolução das listas foram opcionais, mas, caso o aluno efetivasse sua resolução, poderia receber um bônus nas avaliações parciais da disciplina.

O interesse principal recai, particularmente, nas informações extraídas dos registros armazenados pelo programa. Tais registros não seriam facilmente observáveis a partir de avaliações escritas tradicionais.

Esse contexto constitui um elemento de base para o método de realimentação no processo de avaliação apoiado por ferramentas computacionais proposto neste artigo. Embora diversos instrumentos computacionais possam ser utilizados para esse

propósito, as experiências realizadas se apoiaram no uso da ferramenta WIMS e Wims Score.

Na pesquisa realizada, foram cadastradas duas listas de exercícios, a primeira com dez exercícios relacionados a Limite e Continuidade de funções reais para a turma de Cálculo Fundamental que é anual, a segunda com seis questões cadastradas com o assunto relacionado a Funções de várias variáveis e derivação para a turma de Cálculo Vetorial que é semestral.

5. Resultados e Discussões

O aperfeiçoamento da metodologia possibilitou o professor realizar a prática de análise *a priori* e *a posteriori* de maneira coesa, assim como registrar de maneira personalizada os dados relevantes a sua análise, como: tempo, número de questões efetuadas em treinamento, número de questões efetuadas valendo nota, média da turma, média das questões, média individual e global por assunto, trilha do aluno na resolução das questões, etc. A Figura 4, apresenta o fluxo realizado pelo aluno.



Figura 4 - Fluxo de Registro de Dados

5.1. Relatório do Professor

Os exercícios integrantes da avaliação foram organizados e classificados por nível de dificuldade, segundo um critério proposto por Aline Robert (1998). De acordo com Robert, os conhecimentos empregados na resolução de um exercício podem ser divididos em três níveis: nível simples/isolado, em que um exercício é considerado simples se os conhecimentos a serem utilizados são bem familiares ao aluno e dito isolado se um só conhecimento antigo está envolvido em sua resolução; nível mobilizável, no qual os conhecimentos empregados na resolução de um exercício podem ser identificados em seu enunciado e são suficientes para resolvê-lo, mesmo que algumas adaptações ao contexto particular do enunciado sejam necessárias; e nível disponível, em que o aluno deve procurar sozinho em seus conhecimentos o que é pertinente para a resolução do exercício.

A Tabela 1 contém as representações icônicas usadas para descrever um exercício quanto a sua facilidade de execução, bem como os códigos numéricos definidos para descrevê-los quanto à sua classificação por nível de dificuldade.

Tabela 1 - Ícones utilizados no questionário.

Ícone	Descrição	Nível	Descrição
	Fácil	1	Simples/Isolado
	Médio	2	Mobilizável
	Difícil	3	Disponível

Os resultados das análises *a priori* e *a posteriori* realizadas pela professora são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3 para a disciplina de Cálculo Vetorial e nas Tabelas 4 e 5 para a disciplina de Cálculo Fundamental.

Tabela 2 - Análise *a priori* - Cálculo Vetorial

Questão	1	2	3	4	5	6
Descrição						

Tabela 3 - Análise *a posteriori* - Cálculo Vetorial

Questão	1	2	3	4	5	6
Descrição						

Tabela 4 - Análise *a priori* - Cálculo Fundamental

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descrição										

Tabela 5 - Análise *a posteriori* - Cálculo Fundamental

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descrição										

As Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 apresentaram taxas de 60% de mudança na análise do professor na turma de Cálculo Fundamental e 50% na turma de Cálculo Vetorial. Estes resultados apontam para a importância de se ter uma ferramenta que permita a comparação entre a percepção inicial do professor quanto ao nível das questões com o resultado da interação do aluno com as mesmas. O resultado obtido será utilizado em futuras aplicações destas questões, a fim de que se possa ajustar o grau de complexidade das questões para que, na prática, elas correspondam ao nível dos alunos.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

A metodologia abordada neste trabalho vem sendo utilizada na formação de estudantes universitários para o ensino de disciplinas de matemática. O uso da metodologia de avaliação continuamente realimentada, utilizando como ferramenta de suporte o WIMS integrado ao Moodle, permitiu ao professor conhecer melhor o nível de seus alunos a partir da confrontação entre a análise *a priori* e *a posteriori*, atividade facilitada pela compilação de informações e a utilização de representações icônicas da ferramenta WIMS Score, apresentada neste artigo.

Como a interação dos alunos se dá ao longo de um período definido pelo professor e os resultados são compilados automaticamente pelo WIMS Score, é possível ao professor acompanhar os resultados parciais, podendo intervir quando é identificado

algum tipo de dificuldade para algum exercício proposto. Além disso, o professor pode, a qualquer momento, em função dos resultados parciais, reavaliar a classificação e o nível de dificuldade das questões que foram presumidas durante a análise *a priori*. Assim, a ferramenta se constitui em um instrumento de apoio para estabelecer novas estratégias acadêmicas que permitam se adaptar à realidade dos alunos.

Como trabalho futuro, têm-se em perspectiva a melhoria da apresentação dos relatórios que sumarizam os resultados da interação do aluno com os questionários interativos, bem como a comparação das estimativas *a priori* e *a posteriori*. O ambiente pode ser enriquecido, ainda, com outras informações, permitindo melhores inferências sobre a realidade acadêmica dos alunos. Como exemplo, pode-se tentar estabelecer correlações entre os resultados obtidos e informações de cunho sócio-econômico obtidas através de questionários preenchidos pelos alunos na primeira matrícula.

Ainda como trabalhos futuros, pretende-se desenvolver um sistema de recomendação capaz de fornecer *feedbacks* personalizados aos alunos em função de seus resultados.

Referências Bibliográficas

- ARTIGUE, M.(1989) Ingénierie Didactique. Recherches en Didactique des Mathématiques, Paris, v. 9 n. 3. p. 281-308.
- BARROSO, N. M.(2009) Um Modelo de Ensino dos Conceitos de Cálculo para os Cursos de Engenharia Fundamentado em uma Epistemologia Histórica e Baseado na Metodologia da Engenharia Didática: Validação por Meio do Conceito de Integral. Teses (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/Ce.
- BARROSO B, N. M. C. ; SOARES, J. M. ; MOTA, J. C. M. ; BORGES NETO, H.(2009) . Instrumentação tecnológica e realimentação no processo de avaliação para o ensino de matemática na universidade: um método baseado na Engenharia Didática. Bolema. Rio Claro.
- DEMO, P (2000). Ironias da Educação: mudanças e contos sobre mudança. Rio de Janeiro: DP&A.
- Moodle (2011) – “A Free, Open Source Course Management System for Online Learning.” Disponível em: <http://moodle.org/>. Acesso em 1o de novembro de 2012.
- Rissi, M.C.; Marcondes A.S.(2011) Estudo sobre a reprovação e retenção nos Cursos de Graduação. Londrina: UEL/DAAI.
- ROBERT, A.(1998) Outils d’analyse des contenus mathématiques à enseigner au Lycéet à l’Université. Recherches en Didactique des Mathématiques, v. 18, n. 2, p.139-190.
- Sakai (2011): Collaborative and Learning Environment for Education. Disponível em <https://confluence.sakaiproject.org/display/WEBSVCS/Home>. Acesso 20 de Outubro de 2012.
- XIAO, Gang. Context (1998) – History. Disponível em “<http://portail.unice.fr/jahia/page4694.html>”.