NumRac: Proposta de um conjunto de objetos de aprendizagem para o ensino de números racionais

Ellen F. Barbosa, Renata C. G. Meneghetti,
Tales B. A. Sampaio, João P. Tannus, Gustavo L. Martins

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC/USP
São Carlos (SP) – Brasil

{francine, rgcm}@icmc.usp.br,
{tales.sampaio, jptannus, gustavolivrare}@gmail.com

Abstract. *This paper discusses the development of alternative instructional materials for teaching mathematics through learning objects (LOs). In particular, we present a set of LOs for teaching rational numbers. The objects were developed from: (i) a pedagogical approach in which we consider the construction of the mathematical content in increasingly elaborate levels, and (ii) an approach to representation and modeling educational content in the computing environment. The evaluation of the objects was conducted considering both the computational perspective, especially usability aspects, and the educational perspective, based on the application of Piaget's Clinical Method. Although preliminary, the results appear promising as to the feasibility of adoption of the objects developed in teaching rational numbers.*

Resumo. *Este trabalho discute o desenvolvimento de materiais didáticos alternativos para o ensino de matemática através de objetos de aprendizagem (OAs). Em especial, é apresentado um conjunto de OAs para o ensino de números racionais. Os objetos foram desenvolvidos a partir de: (i) uma abordagem pedagógica em que se considera a construção do conteúdo matemático em níveis cada vez mais elaborados; e (ii) uma abordagem para representação e modelagem de conteúdos educacionais em ambiente computacional. A avaliação dos objetos foi conduzida considerando-se tanto a perspectiva computacional, sobretudo aspectos de usabilidade, como a perspectiva pedagógica, com base na aplicação do Método Clínico de Piaget. De modo geral, os resultados obtidos, ainda que preliminares, mostram-se promissores quanto à viabilidade de adoção dos objetos desenvolvidos no ensino de números racionais.*

1. Introdução

Conforme ressaltado nos Parâmetros Curriculares Nacionais [Brasil 1999], o mundo contemporâneo exige novas formas de se ensinar, aliadas à incorporação de recursos tecnológicos e computacionais. Nesse sentido, o estabelecimento de mecanismos adequados à estruturação, elaboração e disponibilização de produtos educacionais, incluindo recursos para avaliação e acompanhamento do aprendiz e apoio à condução de atividades práticas, têm sido explorados nas mais diversas áreas de atuação. Objetos de aprendizagem (OAs) inserem-se neste cenário, correspondendo a quaisquer recursos digitais que possam ser (re)utilizados como apoio ao ensino [Wiley 2000].

Por outro lado, dificuldades com ensino e aprendizagem em matemática são comuns e têm sido enfatizadas por diversos sistemas de avaliação, em particular no Brasil. Em São Paulo, o sistema de avaliação da Educação Básica (SARESP)¹ destaca que 58% dos alunos concluem o ensino médio sem saber matemática. Considerando, por exemplo, o ensino de números racionais em sua forma fracionária, Bertoni (2008) afirma que a relação parte-todo, como usualmente é tratada, não gera ideias sobre número fracionário, pois é apresentada de modo abstrato e não

¹ Resultado divulgado no jornal Folha de São Paulo de 07.03.12 (www.folha.com).

significativo. Os alunos podem até apresentar algumas habilidades em manipular os números racionais, sem necessariamente ter uma compreensão clara do conceito.

Adicionalmente, Lopes (2008) aponta cinco dos defeitos do currículo de frações: aplicações enganosas, confusão com a função dos decimais, ausência de cuidado com definições e explicações, desonestidade de apresentação e paixão pela ortodoxia. Compreende-se, assim, que é preciso inovar a forma de apresentar e trabalhar os números racionais e utilizar a relação parte-todo de modo menos abstrato e mais significativo ao aluno.

A fim de fomentar a união entre tecnologia e educação, este trabalho tem como objetivo discutir o desenvolvimento e a aplicação de materiais didáticos alternativos para o ensino de matemática por meio de objetos de aprendizagem. Mais especificamente, é apresentado um conjunto de objetos de aprendizagem, denominado NumRac, visando apoiar o ensino de números racionais em sua forma fracionária.

Tanto aspectos pedagógicos como de modelagem foram considerados na estruturação e desenvolvimento dos objetos NumRac. Do ponto de vista pedagógico, os objetos foram elaborados a partir de uma concepção construtivista na qual se considera que o aluno (sujeito) deve desempenhar um papel ativo na construção do próprio conhecimento. Para isso, utilizou-se como base a abordagem pedagógica proposta por Meneghetti & Nunes (2006). Quanto à estruturação dos objetos, foram considerados princípios de modelagem estabelecidos na abordagem AIM-CID (Abordagem Integrada de Modelagem – Conceitual, Instrucional, Didático) [Barbosa & Maldonado 2011] – uma abordagem integrada para modelagem de conteúdos educacionais, composta por um conjunto de modelos, cada um deles representando um aspecto específico do desenvolvimento de produtos educacionais.

A fim de conduzir uma avaliação inicial dos objetos desenvolvidos, duas abordagens foram utilizadas. A primeira, considerando a perspectiva computacional, consistiu na aplicação de um conjunto de heurísticas especificamente definidas para a avaliação de usabilidade em softwares educacionais voltados para crianças [Al-Osaimi & Alsumait 2010]. A segunda abordagem, focada na avaliação dos aspectos pedagógicos, consistiu na aplicação dos objetos junto a um aluno do ensino fundamental, por meio do uso do Método Clínico de Piaget [Bampi 2006]. A partir das avaliações conduzidas, foi possível identificar questões de usabilidade que necessitam ser consideradas na evolução dos objetos. Por outro lado, também se pode evidenciar o engajamento do aluno com o material e seu aprimoramento com respeito aos conceitos envolvendo frações.

O artigo está organizado como se segue. Na Seção 2 é sintetizada a construção e aplicação dos materiais didáticos em sua versão manipulável, os quais serviram como base para o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem (ou seja, dos materiais em versão digital). Na Seção 3 é apresentado o conjunto de objetos NumRac e na Seção 4 são discutidos aspectos de sua avaliação. Conclusões e trabalhos futuros são discutidos na Seção 5.

2. Construção e aplicação dos materiais didáticos: versão manipulável

Os materiais didáticos utilizados no desenvolvimento dos objetos NumRac foram elaborados segundo a abordagem pedagógica de Meneghetti & Nunes (2006). Tais materiais foram desenvolvidos por meio de atividades experimentais ou na forma de jogos, visando proporcionar a construção dos conceitos envolvidos pelos próprios alunos, dentro de uma concepção construtivista.

O passo inicial foi o levantamento dos temas que apresentavam maiores dificuldades no ensino de matemática. Participaram professores de matemática do ensino fundamental e médio, e professores e alunos de cursos de Licenciatura em Matemática. *Números racionais* foi um dos temas escolhidos. De acordo com a abordagem, os temas foram desenvolvidos em três níveis: elaboração, consolidação e expansão de conceitos. Em cada um dos níveis buscou-se

equilíbrio entre os aspectos lógico e intuitivo do conhecimento. O primeiro nível é essencial enquanto os demais são elaborações cada vez mais aprofundadas sobre o tema. Isso implica que não é preciso trabalhar os três níveis de uma só vez, sendo também possível desenvolver outros níveis além dos sugeridos.

No caso dos números racionais, o primeiro nível visa o desenvolvimento de atividades voltadas à introdução do conceito de frações e operações com frações. Foram construídos kits pedagógicos abordando a ideia intuitiva de fração, conceitos de equivalência entre frações e operações fundamentais (adição, subtração, multiplicação e divisão).

Os kits são compostos por atividades em que os alunos têm o apoio de materiais manipuláveis. Considere a atividade que aborda a soma entre frações de denominadores diferentes (Figura 1). Este kit consiste em: (1) fichas de cartolina, representando diferentes frações de um inteiro; (2) transparências, representando o inteiro dividido em diferentes quantidades iguais; e (3) um estojo vazado, representando um inteiro, servindo de encaixe para as fichas e sobre o qual se sobrepõem as transparências. Os alunos realizam a soma de duas frações pareando as fichas que representam essa soma e encaixando-as dentro do estojo. A seguir, procuram os resultados sobrepondo as transparências à figura composta, registrando-os em seus cadernos.

Figura 1. Material manipulável: estojo de frações.

O segundo nível visa consolidar os conceitos vistos na fase anterior, englobando jogos pedagógicos, com regras e dinâmicas familiares aos alunos, tais como jogo da memória, bingo, dominó, baralho, entre outros. O terceiro nível visa a expandir o conhecimento de frações e relacionar suas várias formas de apresentação. Este nível é constituído de outros jogos pedagógicos (dominó, bingo das retas fracionárias e trilha das pedras), ainda com regras familiares aos alunos, porém abordando os conteúdos e suas relações de modo mais aprofundado.

A aplicação dos kits sobre números racionais foi realizada com alunos de 5ª série, ciclo II do Ensino Fundamental, de uma escola pública. Destaca-se que na sala de aula foi estabelecido um clima favorável ao surgimento de ricas situações de ensino e aprendizagem, propiciado, sobretudo, pela adoção por parte do professor-aplicador de uma postura na linha construtivista: sempre questionando os alunos, levando-os a refletir sobre seus próprios raciocínios, expondo e discutindo as ideias com o grupo e incentivando-os a construir por si próprios os conceitos envolvidos.

O progresso quanto à aprendizagem dos alunos também foi observado. No diagnóstico inicial, observou-se que os alunos apresentavam muitas dificuldades, tanto conceituais quanto referentes à notação. Com a utilização dos kits, os alunos passaram a efetuar adições, multiplicações e simplificações de frações, atitudes dificilmente encontradas no diagnóstico inicial.

Em seu trabalho, Meneghetti e Nunes (2006) chegaram à conclusão de que a proposta metodológica que estrutura os materiais, aliada a uma postura em consonância com seu suporte teórico, mostrou-se eficiente do ponto de vista didático-pedagógico por favorecer aos alunos a construção dos conceitos matemáticos envolvidos. Estes resultados motivaram a que se investigasse o desenvolvimento dos kits pedagógicos também na forma de objetos de aprendizagem, usando recursos tecnológicos e computacionais como infraestrutura de apoio ao processo educacional. Tais aspectos são discutidos a seguir.

3. Estruturação e desenvolvimento dos objetos NumRac

Duas equipes multidisciplinares trabalharam na construção dos objetos NumRac: (i) equipe computacional, responsável pela implementação dos aspectos computacionais; e (ii) equipe pedagógica, com foco nos aspectos educacionais em questão. Como ferramenta de desenvolvimento foi utilizado o software *Adobe Flash CS3*, devido às oportunidades gráficas e de programação oferecidas.

Os objetos de aprendizagem foram desenvolvidos com base na abordagem pedagógica de Meneghetti & Nunes (2006), sintetizada na Seção 2, utilizando-se, ainda, uma abordagem de modelagem para estruturação e representação de conteúdos educacionais, denominada AIM-CID [Barbosa & Maldonado 2011]. Em especial, foi enfatizada a construção do modelo conceitual da AIM-CID, que consiste na descrição de alto nível do domínio que se deseja ensinar. Sua construção envolve a definição dos conceitos relevantes para a compreensão do domínio, suas inter-relações e o estabelecimento de uma estrutura para sua representação. O modelo baseia-se na técnica de mapas conceituais [NOVAK 1981], selecionada por possibilitar uma representação gráfica adequada do domínio e, ainda, por se tratar de uma ferramenta intuitiva mesmo para usuários não familiarizados.

O conjunto NumRac é formado por oito objetos de aprendizagem, caracterizados em função dos níveis estabelecidos pela abordagem de Meneghetti & Nunes. Os objetos *Frações do Professor Sagaz* (OA-1), *Soma e Subtração de Frações* (OA-2), *Multiplicando com o Trevo de Quatro Folhas* (OA-3) e *Dividindo Frações com Dinheiro* (OA-4) referem-se ao primeiro nível da abordagem, explorando aspectos de elaboração de conceitos. O objeto *Funções do Professor Sagaz* (OA-1), por exemplo, corresponde aos kits pedagógicos discutidos na Seção 2, sendo formado por três blocos: (1) representação do inteiro em partes; (2) comparação de frações; e (3) equivalência de frações. Os demais objetos deste nível (OA-2, OA-3 e OA-4) correspondem a operações fundamentais.

Os principais conceitos explorados no nível de elaboração de conceitos estão representados no modelo conceitual da Figura 2, construído a partir da aplicação da abordagem AIM-CID. A Figura 3 ilustra algumas telas do objeto *Frações do Professor Sagaz*; é importante ressaltar a correspondência entre o objeto e o estojo de frações ilustrado na Figura 1.

Figura 2. Modelo conceitual referente ao nível de elaboração de conceitos.

Figura 3. Objeto OA-1: *Funções do Professor Sagaz.*

Os objetos *Jogo da Memória Matemática I* (OA-5) e *Jogo da Memória Matemática II* (OA-6) correspondem ao nível de consolidação de conceitos. Por fim, os objetos e *Jogo Dominó Discreto I* (OA-7) e *Jogo Quebra-Cabeças das Frações* (OA-8) correspondem ao nível de expansão de conceitos. Os objetos OA-5 e OA-7 estão ilustrados na Figura 4, representando os níveis de consolidação e expansão de conceitos, respectivamente.

Para cada nível da abordagem de Meneghetti & Nunes (2006) foi elaborado um modelo conceitual associado. Detalhes sobre a modelagem e estruturação dos objetos NumRac, incluindo a elaboração dos demais modelos da abordagem AIM-CID (modelo instrucional e modelo didático) podem ser encontrados no trabalho de Barbosa *et al* (2009). Os objetos NumRac estão disponíveis em <http://tsampaio.com/ic>.

Figura 4. Objetos NumRac: (a) *Jogo da Memória Matemática I*; (b) *Jogo do Dominó Discreto I*.

4. Avaliação dos objetos NumRac

A fim de conduzir uma avaliação inicial dos objetos NumRac, duas abordagens foram utilizadas: (i) avaliação de usabilidade, com base nas heurísticas definidas no trabalho de Al-Osaimi & Alsumait (2010); e (ii) aplicação dos objetos segundo o Método Clínico de Piaget [Bampi 2006].

4.1. Avaliação de usabilidade

O termo “usabilidade” é definido por Nielsen (1993) como a união de um conjunto de princípios fundamentais: (i) facilidade de aprendizagem; (ii) eficiência; (iii) memorização; e (iv) satisfação. Com base em tais princípios, Nielsen estabeleceu, ainda, um conjunto de dez heurísticas para apoiar a construção e avaliação dos sistemas de software desenvolvidos quanto à usabilidade.

A partir das heurísticas de Nielsen, várias heurísticas têm sido desenvolvidas a fim de tratar problemas particulares de usabilidade. No cenário educacional, em especial, Al-Osaimi & Alsumait (2010) estabeleceram um conjunto de heurísticas para avaliação de usabilidade em softwares voltados para o ensino e aprendizagem de crianças. Ao todo, 20 heurísticas de usabilidade, classificadas em três categorias distintas, foram definidas: (i) heurísticas de usabilidade de Nielsen (HUN), correspondendo às dez heurísticas de Nielsen (1993), adaptadas ao contexto de software educacional para crianças; (ii) cinco heurísticas de usabilidade para crianças (HUC); e (iii) cinco heurísticas de usabilidade para objetos de aprendizagem virtuais (HUO). O conjunto de heurísticas proposto por Al-Osaimi & Alsumait (2010) é sintetizado na Tabela 1 (coluna 1).

A avaliação de usabilidade dos objetos NumRac consistiu em analisar cada objeto de aprendizagem conforme cada uma das 20 heurísticas de Al-Osaimi & Alsumait. O resultado de cada heurística foi apresentado com uma avaliação sucinta do especialista, seguido de sugestões de melhoria e de uma nota atribuída àquela determinada heurística, representando o nível de satisfação atingido pelo objeto. As notas atribuídas seguiram uma escala de 1 a 5:

1. **Catastrófico.** O objeto possui erros de usabilidade considerados muito graves. A correção imediata é altamente recomendável.
2. **Ruim.** O objeto possui erros de usabilidade significativos, os quais devem ser corrigidos com alta prioridade.
3. **Razoável.** O objeto possui erros de usabilidade leves, com baixa prioridade, mas que devem ser concertados.
4. **Bom.** O objeto possui erros de usabilidade pouco significativos e de baixo impacto na utilização do mesmo.
5. **Muito bom.** O objeto não possui erros de usabilidade.

Finalizada a avaliação de cada objeto, as notas atribuídas às heurísticas foram somadas, atribuindo ao objeto uma nota final, considerada para classificá-lo conforme a variação a seguir:

- **97-100.** O objeto possui uma ótima interface e não há problemas de usabilidade significativos.
- **85-96.** O objeto possui uma boa interface. Os problemas de usabilidade existentes são de baixa prioridade e dificilmente irão interferir na experiência de uso do usuário.
- **63-84.** O objeto possui uma interface satisfatória. Possui erros de usabilidade os quais precisam ser corrigidos.
- **41-62.** O objeto possui muitos erros e problemas de usabilidade. Possivelmente dúvidas irão aparecer durante o uso deste objeto.
- **20-40.** O objeto possui problemas graves de usabilidade e precisa ser totalmente reformulado.

A Tabela 1 sintetiza os resultados da avaliação do objeto OA-2 (*Soma e Subtração de Frações*). De modo geral, é possível observar que o objeto atingiu 76% da nota máxima nas heurísticas HUN, 88% nas heurísticas HUC e 84% nas heurísticas HUO, resultando em uma avaliação final de usabilidade de 81% em relação à nota máxima. Os principais problemas observados referem-se a questões de ajuda e documentação e a questões de acessibilidade. Tais aspectos, de fato, não foram considerados na primeira versão do objeto. Por outro lado, vários pontos importantes foram avaliados como positivos, tais como: similaridade entre o sistema e o mundo real, reconhecimento ao invés de lembrança, telas de exibição atrativas, *design* do conteúdo e interatividade, entre outros.

Tabela 1: Síntese da avaliação do objeto OA-2 (Soma e Subtração de Frações).

Heurísticas	Nota
HUN_1. Visibilidade do Estado do Sistema.	3
HUN_2. Similaridade entre o Sistema e o Mundo Real.	5
HUN_3. Liberdade e Controle.	3
HUN_4. Padrões e Consistência	5
HUN_5. Prevenção de Erros.	4
HUN_6. Reconhecimento ao Invés de Lembrança	5
HUN_7. Flexibilidade e Eficiência no Uso	4
HUN_8. Design Minimalista	5
HUN_9. Ajuda o Usuário a Reconhecer, Diagnosticar e se Recuperar de Erros	3
HUN_10. Ajuda e Documentação	1
Total HUN:	38 / 50
HUC_1. Projetar Telas de Exibição Atrativas	5
HUC_2. Utilizar Dispositivos Físicos Apropriados	5
HUC_3. Desafie a Criança	4
HUC_4. Use a Imaginação da Criança	4
HUC_5. Suporte a Curiosidade da Criança	4
Total HUC:	22 / 25
HUO_1. Design do Conteúdo	5
HUO_2. Avaliação	5
HUO_3. Motivação para Aprender	4
HUO_4. Interatividade	5
HUO_5. Acessibilidade	2
Total HUO:	21 / 25
Total:	81 / 100

Uma síntese das avaliações dos demais objetos NumRac é apresentada na Tabela 2. A partir das pontuações obtidas, tem-se que os objetos melhor avaliados foram o *Jogo da Memória Matemática I* (OA-5), o *Jogo da Memória Matemática II* (OA-6) e o *Jogo Dominó Discreto I* (OA-7). Em especial, observa-se que os três objetos obtiveram uma pontuação bastante próxima ao máximo valor possível em relação às heurísticas de usabilidade para crianças e para objetos de aprendizagem. Já o objeto com menor pontuação foi o *Jogo Quebra-Cabeças das Frações* (OA-8). Ainda assim, os aspectos mais penalizados deste objeto referem-se às heurísticas de Nielsen, enquanto que as heurísticas específicas para usabilidade com crianças e com objetos de aprendizagem obtiveram uma boa avaliação.

Tabela 2: Síntese das avaliações dos demais objetos.

Heurísticas	OA-1	OA-3	OA-4	OA-5	OA-6	OA-7	OA-8
HUN_1	3	3	5	4	4	5	3
HUN_2	5	5	5	5	5	5	5
HUN_3	3	4	3	5	5	5	2
HUN_4	5	5	5	5	5	5	2
HUN_5	5	5	5	5	5	5	3
HUN_6	5	5	5	5	5	5	5
HUN_7	3	3	3	5	5	5	2
HUN_8	5	5	5	5	5	5	5
HUN_9	3	3	3	4	4	4	3
HUN_10	1	1	1	3	3	3	1
Total HUN:	38/50	39/50	40/50	46/50	46/50	47/50	31/50
HUC_1	5	5	5	5	5	5	5
HUC_2	5	5	5	5	5	5	5
HUC_3	4	3	4	5	5	5	2
HUC_4	3	3	3	5	5	5	5
HUC_5	1	2	2	4	4	4	3
Total HUC:	18/25	18/25	19/25	24/25	24/25	24/25	20/25
HUO_1	5	5	5	5	5	5	5
HUO_2	5	5	5	5	5	5	5
HUO_3	4	3	3	4	4	5	3
HUO_4	5	5	5	5	5	5	5
HUO_5	5	5	5	5	5	5	5
Total HUO:	24/25	23/25	23/25	24/25	24/25	25/25	23/25
TOTAL:	80/100	80/100	82/100	94/100	94/100	96/100	74/100

A partir dos resultados obtidos com as avaliações de usabilidade realizadas, sugestões de melhoria nos objetos de aprendizagem foram propostas e atualmente vêm sendo consideradas na evolução dos mesmos.

4.2. Aplicação segundo o Método Clínico de Jean Piaget

Em complemento às avaliações de usabilidade, também foi conduzida uma aplicação preliminar dos objetos NumRac com base no Método Clínico de Jean Piaget [Bampi 2006]. Em linhas gerais, o método consiste em manter um diálogo com o aluno (sujeito) de acordo com o que este vai fazendo e respondendo. Tem-se, assim, um procedimento de entrevistas, a partir das quais se realiza a coleta de dados para posterior análise. O diálogo deve acompanhar o pensamento do sujeito (aluno) com intervenções sistemáticas, elaborando novas perguntas a partir das respostas dadas e avaliando a qualidade, abrangência e segurança destas respostas. A atitude do entrevistador deve ser flexível, interagindo espontaneamente com o sujeito antes das entrevistas para se familiarizar com o mesmo e adquirir sua confiança.

Inicialmente, um questionário a fim de compreender os conhecimentos prévios do sujeito foi aplicado. Com isso, foi possível traçar um breve perfil do sujeito, tratando de aspectos de sua vida cotidiana, do uso do computador, de sua proximidade com a matemática e dos conceitos relativos aos tratados na aplicação.

Pelas respostas obtidas, tem-se que o sujeito é um aluno de 11 anos, cursando o 6º ano do Ensino Básico de uma escola particular. Possui computador em casa e dispõe de acesso à Internet, utilizando-o de 4 a 5 vezes na semana para entretenimento. Quanto à matemática, o aluno relatou que gosta de vários aspectos da disciplina. Sobre frações, o aluno apontou conhecê-las e as definiu como “*quantas partes eu divido alguma coisa*”. Notou-se que o aluno busca conceituar as frações através da concepção parte-todo, embora não consiga fazer isso de modo totalmente correto. Além disso, o aluno não conceituou corretamente o significado da fração $\frac{1}{3}$, mas buscou explicá-la segundo a concepção parte-todo. O aluno domina o conceito de frações equivalentes. Entretanto, o mesmo não teve sucesso ao comparar frações de denominadores diferentes (Figura 5).

Figura 5. Excerto do questionário inicial.

As reações do sujeito foram observadas durante sua interação com o objeto, que durou cerca de uma hora. Ao final, realizou-se uma entrevista, questionando alguns aspectos do OA trabalhado. O aluno também foi confrontado com as respostas do questionário inicial, apontadas na Figura 5. O Quadro 1 ilustra partes da entrevista.

[...]
Olha só: aqui no questionário que você respondeu no começo, você disse que um quarto era menor que um quinto, mas depois você mudou a resposta no programa, não foi?
Ah, é verdade!! [sorriso no rosto]
Porquê?
Ah, porque eu vi que um quinto era menor, né?
E o que fez você ver isso?
As coisinhas que a gente mexia no jogo, né? Tinha aquelas de um quarto e as de um quinto também...
Você disse, antes, que um quarto era menor porque estaria em menos pedaços... E aí?
Ah, é assim, ó: quanto mais pedaços a gente divide, menores os pedaços ficam!
Então...
Então se eu divido em 5 partes e em 4 partes, as partes que eu dividi em 5 são menores do que as partes quando eu divido em 4!
Legal! Você não sabia disso?
Não... Eu achei que era por causa do número embaixo... Quando menor o número embaixo, menor a fração.
Mas agora você não pensa mais assim?
Não, né? [risos] *Agora eu já vi aquilo que eu já te falei: quanto mais partes, menor!*
[...]

Quadro 1. Trecho da transcrição da entrevista (grifos nossos).

Nota-se que o aluno reconheceu que não tinha pensado corretamente ao responder o questionário inicial, bem como se vê que o mesmo elaborou uma resposta suficiente para a pergunta. Além disso, o aluno evidencia que a utilização do OA foi o fator que o fez compreender a relação entre as frações, como se vê nas frases “[...] *eu vi que um quinto era menor* [...]” e “[...] *As coisinhas que a gente mexia* [...]”. Também se nota que um novo conhecimento foi aprendido já que o aluno alega que pensava uma coisa antes do contato com o objeto e agora pensa outra (sobre o “tamanho dos pedaços”).

De modo geral, a aplicação evidenciou o engajamento do aluno com o material e um aprimoramento do conceito de frações pelo mesmo. A interação com o objeto levou o aluno a compreender o conceito de frações e a tomar consciência de que a estratégia usada no diagnóstico inicial não correspondia ao significado do conceito de frações.

5. Conclusões

Neste artigo foi discutida a construção e avaliação de um conjunto de objetos de aprendizagem para o ensino de números racionais em sua forma fracionária – NumRac. A ideia é explorar a potencialidade do uso de recursos tecnológicos e computacionais junto a novas abordagens pedagógicas para a construção de OAs que estimulem o raciocínio e o pensamento crítico dos alunos, atuando como instrumentos enriquecedores em disciplinas de educação matemática.

A partir das avaliações realizadas, foi possível observar boa aderência dos objetos construídos com respeito às heurísticas de usabilidade específicas para crianças e para objetos de aprendizagem. Ainda, com relação aos problemas de usabilidade identificados, sobretudo referentes às heurísticas de usabilidade definidas por Nielsen (1993), sugestões de melhoria foram propostas e vêm sendo consideradas na evolução dos objetos.

Do ponto de vista pedagógico, verificou-se que houve engajamento do aluno e que, de modo geral, os objetos desenvolvidos possibilitaram um aprimoramento do conceito de fração. Ressalta-se, também, que aspectos positivos dos objetos já haviam sido destacados numa aplicação piloto realizada em um curso de Licenciatura em Matemática, fornecendo indicativos de que os princípios que fundamentam a abordagem pedagógica adotada nos materiais elaborados originalmente, em sua versão manipulável, foram preservados e evidenciados nos objetos NumRac. De modo geral, os resultados obtidos, ainda que preliminares, mostraram-se

promissores quanto à viabilidade de adoção dos objetos NumRac no ensino de números racionais.

Como trabalhos futuros ressalta-se a necessidade de aplicação e avaliação dos objetos NumRac em cenários reais voltados ao ensino fundamental. Experimentos nessa direção vêm sendo planejados, em paralelo à evolução dos objetos, e deverão ser conduzidos no contexto do Projeto Pequeno Cidadão da USP/São Carlos no primeiro semestre de 2014. Além disso, pretende-se aplicar as metodologias utilizadas neste trabalho na construção de outros OAs para o ensino de matemática.

Referências

- Al-Osaimi, A. and Alsumait, A. Usability heuristics evaluation for child e-learning applications. *Journal of Software*, 5(6), Junho 2010.
- Barbosa, E. F. and Maldonado, J. C. IMA-CID: An Integrated Modeling Approach for Developing Educational Modules. *Journal of the Brazilian Computer Society*, v. 17, n. 4, p. 207-239. 2011.
- Barbosa, E. F., Ponte, L. and Meneghetti, R. C. G. NumRac – um objeto de aprendizagem como apoio ao ensino de matemática. In: XV Workshop sobre Informática na Escola (WIE 2009) – Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2009), p. 1683–1692, Bento Gonçalves (RS), Julho 2009.
- Bampi, M. A. M. O método clínico experimental de Jean Piaget como referência para o conhecimento do pensamento infantil na avaliação psicopedagógica. Florianópolis, 2006. *Pedagogia em Foco*, Rio de Janeiro (RJ), 2006.
- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília, 1999.
- Bertoni, N. E. A construção do conhecimento sobre número fracionário. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, n. 31 (21), p. 209-237. 2008.
- Lopes, A. J. O que nossos alunos podem estar deixando de aprender sobre frações, quando tentamos lhes ensinar frações. *Bolema*, Rio Claro, n. 31, p. 1-22, 2008.
- Meneghetti, R. C. G. and Nunes, A. C. A. Aplicação de uma proposta pedagógica no ensino dos números racionais. *Educação Matemática em Revista*, v. 13, n. 20-21, p.77–86, 2006.
- Nielsen, J. *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.
- Novak, J. D. *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira, 1981.
- Wiley, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy. In: *The instructional use of learning objects*. Bloomington (EUA): Agency for Instructional Technology, 2000.