

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E**  
**TECNOLÓGICA**  
**CURSO DE MESTRADO**

**CAROLINA SOARES RAMOS**

**PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA DE *SOFTWARE* EDUCATIVO COM**  
**BASE NA ENGENHARIA DIDÁTICA: UMA PROTOTIPAÇÃO DO**  
**BINGO DOS RACIONAIS**

Recife  
2014

**CAROLINA SOARES RAMOS**

**PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA DE *SOFTWARE* EDUCATIVO COM BASE NA  
ENGENHARIA DIDÁTICA: UMA PROTOTIPAÇÃO DO BINGO DOS RACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Matemática e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Franck Gilbert René  
Bellemain

Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Verônica Gitirana  
Gomes Ferreira

Recife

25 de abril de 2014

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Andréia Alcântara, CRB-4/1460

R175p Ramos, Carolina Soares.  
Princípios de engenharia de software educativo com base na engenharia didática: uma prototipação do bingo dos racionais / Carolina Soares Ramos. – Recife: O autor, 2014.  
110 f. ; 30 cm.

Orientador: Franck Gilbert René Bellemain.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CE. Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica 2014.  
Inclui Referências e Apêndices.

1. Tecnologia. 2. Engenharia e software. 3. Engenharia didática. 4. UFPE - Pós-graduação. I. Bellemain, Franck Gilbert René. II. Título.

371.334 CDD (22. ed.) UFPE (CE2015-14)

**CAROLINA SOARES RAMOS**

**PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA DE *SOFTWARE* EDUCATIVO COM BASE NA  
ENGENHARIA DIDÁTICA: UMA PROTOTIPAÇÃO DO BINGO DOS RACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação Matemática e Tecnológica.

Aprovada em: 06/03/2015

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Franck Gilbert René Bellemain (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Verônica Gitirana Gomes Ferreira (Co-Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosinalda Aurora de Melo Teles (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Daniel Wyllie Lacerda Rodrigues (Examinador externo)  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

## Lista de Imagens

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Foto de uma das cartelas do bingo.....                        | 20 |
| Figura 2: Tabela dos Registros de Representação.....                    | 21 |
| Figura 3: Integração do Computador no Sistema Didático .....            | 36 |
| Figura 4: Esquema de orquestração instrumental .....                    | 40 |
| Figura 5: Esquema de Engenharia de Software Educativos.....             | 45 |
| Figura 6: Elicitação e implementação dos requisitos .....               | 47 |
| Figura 7: Fluxo de processos de criação de um software educativo .....  | 48 |
| Figura 8: Três Meios.....   | 50 |
| Figura 9: Modelagem da Cooperação .....                                 | 51 |
| Figura 10: Micromundo.....  | 52 |
| Figura 11: Tecnologia em Camadas.....                                   | 55 |
| Figura 12: Esquema do processo metodológico da Engenharia Didática..... | 60 |
| Figura 12: Representação dos números no bingo .....                     | 74 |
| Figura 13: Representação figurativa de um Número Racional .....         | 78 |
| Figura 14: Ladrilhamento do triângulo .....                             | 78 |
| Figura 15: Diagrama de Sequência do Bingo dos Racionais.....            | 87 |
| Figura 16: Modelagem da Arquitetura do Bingo dos Racionais .....        | 89 |

Lista de Quadro

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1: Critérios de Qualidade.....              | 48 |
| Quadro 2: Variáveis didáticas no meio digital..... | 80 |

## Lista de Abreviações

|         |   |
|---------|---|
| CBPS    | <i>Computer Based Pedagogical Setting</i> (Computador Baseado em Definições Pedagógicas)                  |
| CEEL    | Centro de Estudos em Educação e Linguagem   |
| CSS     | Cascading Style Sheets  |
| ED      | Engenharia Didática   |
| EIAH    | Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain<br>(Ambiente Informático para Aprendizagem Humana) |
| ES      | Engenharia de <i>Software</i>   |
| ESE     | Engenharia de <i>Software</i> Educativo   |
| FNDE    | Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação   |
| HTML    | <i>HyperText Markup Language</i> (Linguagem de Marcação de Hipertexto)                                    |
| LEMATEC | Laboratório de Educação Matemática e Tecnológica  |
| MEC     | Ministério da Educação e Cultura  |
| MVC     | <i>Model-view-controller</i> (Modelo-Visão-Controlador)   |
| NEMAT   | Núcleo de Educação Matemática   |
| PCN     | Parâmetros Curriculares Nacionais   |
| SE      | <i>Software</i> Educacional   |
| UFPE    | Universidade Federal de Pernambuco  |

## AGRADECIMENTOS

Tenho muito a quem agradecer pelas várias oportunidades que me fizeram chegar até aqui. Um simples obrigado nunca expressará toda a minha gratidão devido a vários fatores e variáveis que contribuíram em todo esse processo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Franck Bellemain, que de forma competente soube conduzir o trabalho até a fase final. A minha co-orientadora Profa. Dra. Verônica Gitirana, pelas orientações singulares no estágio e nos seminários.

Aos Professores Dra. Rosinalda Teles e Dr. Daniel Wylie pela disponibilidade em fazer parte da banca e pelas valiosas contribuições ao trabalho.

Ao meu pai, Wilton, pelo apoio de sempre; a minha mãe, Marillac, meu modelo a ser seguido; as minhas irmãs, Amanda, Bruna e Clarice, e aos meus lindos sobrinhos Cecília e Heitor, que são o sentido da minha felicidade.

A José Luís, pelo constante apoio, por nunca medir esforços para me ajudar. Sem dúvida, um grande companheiro.

Ao meu tio João Neto, pelas preciosas ajudas.

A todos os meus amigos. Aos demais colegas do mestrado. Às amigas Amanda, Cláudia, Janaína, Suara e Taís, sempre divertidas e presentes. Aos colegas de seminários Emerson, Mirela, Pablo, Silvano, Roberto e Rosiângela, pela partilha na construção das dissertações.

Aos professores e funcionários do Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica da UFPE.

Ao Projeto REDE e a todos que construíram o jogo do Bingo dos Racionais, por possibilitar a utilização do instrumento de estudo e pelas contribuições na etapa do experimento, em especial a Profa. Dra. Paula Baltar pelos preciosos subsídios.

Ao REUNI, pelo consentimento da bolsa por esses dois anos.

E por fim, a Deus. Sem Ele, nada disso seria possível.

*” ... e um aparelho que parecia uma calculadora eletrônica das grandes (...) possuía cerca de 100 pequenos botões planos e uma tela quadrada de dez centímetros, na qual podia ser exibida instantaneamente qualquer uma dentre um milhão de “páginas”.” (p.27)*

Douglas Adams, em O Guia do Mochileiro das Galáxias

## RESUMO

Este trabalho dissertativo teve o objetivo de investigar os aportes dos princípios teórico-metodológicos da Engenharia Didática à Engenharia de *Software* Educativo. A metodologia de concepção elaborada nesse contexto foi executada e avaliada na construção de uma versão computacional do Bingo dos Racionais. O referido jogo teve sua origem no Projeto Rede da UFPE que tinha como objetivos: a produção de jogos educacionais para o ensino da matemática a partir de sucata e a formação de professores à integração desses jogos no ensino. A pesquisa fundamentou-se nos princípios teórico-metodológicos da Engenharia de *Software* Educativa e na Engenharia Didática. O processo metodológico construído na integração da Engenharia Didática (ED) à Engenharia de *Software* Educativo (ESE) tem duas vertentes, uma destinada à elicitação dos requisitos partindo da execução das análises prévia e a *priori* da ED, a outra destinada à implementação técnica dos requisitos apoiada sobre os princípios do Model-View-Controller (MVC). Como apoio à elicitação dos requisitos, elaboramos um questionário destinado aos idealizadores do Bingo dos Racionais e formadores. Contudo, terminamos nosso trabalho com a execução da nossa metodologia para o levantamento dos requisitos da versão computacional do Bingo dos Racionais e implementação dos mesmos. Nas considerações finais, descrevemos as próximas etapas necessárias para terminar o desenvolvimento do Bingo dos Racionais digital e destacando os aportes da Engenharia Didática à Engenharia de *Software* Educativo.

Palavras – Chave: Engenharia de *Software* Educativo, Engenharia Didática, Jogos Educacionais, Bingo dos Racionais.

## ABSTRACT

This master's thesis aimed to investigate the contributions of theoretical-methodological principles of didactical engineering to educational *software* engineering. The design methodology elaborated in this context was applied and evaluated in the development of a computational version of the Rational Bingo. The referred game has its origins in the "*Projeto Rede*" of UFPE; this project was responsible to produce educational games for mathematics teaching from scrap and to empower teachers to use these games in the classroom. To accomplish our goal, we start from a theoretical background addressing the theoretical-methodological principles of Educational *Software* Engineering (ESE) and investigating the integration of Didactical Engineering (DE) to these theoretical-methodological principles. The methodological process built from the integration of DE and ESE has two sides, one based on the requirements elicitation from a previous Didactical Engineering analysis, and the technical implementation of the elicited requirements supported by the principles of Mode-View-Controller (MVC) computational standards. Supported by the requirements elicitation, we have elaborated a questionnaire aimed to the creators and to the teachers that uses the Rational Bingo. This work was finished with the implementation of the elicited the requirements in the computational version of the Rational Bingo. In the end of the work, we put some considerations regarding to possible next steps to add new features to the digital Rational Bingo, and we highlight the contributions of the Didactical Engineering to Educational *Software* Engineering.

Keywords: Educational *Software* Engineering, Didactical Engineering, Educational Games, Rational Bingo.

## SUMÁRIO

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | Introdução .....   | 13 |
| 1.1   | Apresentação do tema .....   | 13 |
| 1.2   | Focando numa questão de pesquisa .....                                     | 16 |
| 1.2.1 | O Bingo dos Racionais.....   | 18 |
| 1.3   | Questão de pesquisa .....  | 21 |
| 1.4   | Objetivos .....  | 22 |
| 1.4.1 | Objetivo Geral .....   | 22 |
| 1.4.2 | Objetivos Específicos .....  | 23 |
| 1.4.3 | Como abordarmos essa questão .....   | 23 |
| 2     | Fundamentação .....  | 25 |
| 2.1   | Engenharia de <i>Software</i> Educativos .....                             | 25 |
| 2.1.1 | Emergência .....   | 25 |
| 2.1.2 | Pluri-inter-trans-disciplinaridade .....                                   | 30 |
| 2.1.3 | Caracterizações de <i>Software</i> Educativos .....                        | 33 |
| 2.1.4 | Integração dos software no sistema didático, o caso da matemática<br>..... | 36 |
| 2.1.5 | Jogos na Educação Matemática .....   | 41 |
| 2.1.6 | Processo de Engenharia de Software Educativo .....                         | 44 |
| 2.2   | Elicitação dos requisitos .....  | 47 |
| 2.3   | Transposição Didática Informática .....                                    | 49 |
| 2.4   | Modelagem da interface .....   | 51 |
| 2.4.1 | Identificação das necessidades do contexto de uso .....                    | 52 |
| 2.5   | Engenharia Didática .....  | 53 |
| 2.5.1 | Elementos teórico-metodológicos da análise <i>a priori</i> .....           | 53 |
| 2.6   | Engenharia de Software .....   | 55 |
| 3.    | Percurso Metodológico .....  | 57 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 3.1   | Análise <i>a priori</i> .....                                   | 59  |
| 3.2   | Princípios Metodológicos da Engenharia de <i>Software</i> ..... | 60  |
| 3.2.1 | MVC – Modelo Visão e Controle .....                             | 60  |
| 3.3   | Princípios Metodológicos da Engenharia Didática .....           | 63  |
| 3.3.1 | Análise Prévia .....  | 63  |
| 3.3.2 | Análise <i>a priori</i> .....                                   | 67  |
| 3.4   | Experimento .....   | 70  |
| 4.    | Operacionalização da Engenharia Didática.....                   | 72  |
| 4.1   | Análise Prévia .....  | 72  |
| 4.2   | Análise <i>a priori</i> .....                                   | 76  |
| 4.3   | Pertinência das variáveis.....                                  | 81  |
| 4.4   | Análise do questionário .....                                   | 81  |
| 4.5   | Elicitação dos requisitos .....                                 | 84  |
| 5.    | Considerações Finais.....                                       | 90  |
| 6.    | Referências.....  | 93  |
|       | APÊNDICES.....  | 98  |
|       | APÊNDICE A.....   | 99  |
|       | APÊNDICE B.....   | 101 |

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação do tema

A Engenharia de *Software* em termos gerais é uma área de conhecimento que se propõe a estabelecer princípios teóricos e metodológicos para o desenvolvimento de *software*. Estes princípios estão relacionados, entre outras, às questões de organização, manutenção e qualidade do *software*. A Engenharia de *Software* identifica-se como um

Conjunto de técnicas, métodos, ferramentas e processos utilizados na especificação, construção, implementação e manutenção de um *software* que visa a garantir a gerência, o controle e a qualidade dos artefatos<sup>1</sup> gerados através de recursos humanos. (MAGELA, 2006, p.24)

Sendo assim, a Engenharia de *Software* tem a função de assegurar que estas técnicas sejam devidamente implantadas, de acordo com a necessidade de cada projeto, a fim de obter-se um *software* de *qualidade*, dentro dos prazos estabelecidos. A Engenharia de *Software* é “[...] a maneira mais eficaz de produzir *software* de alta *qualidade*” (SOMMERVILLE, 2007, p.5).

Quando nos referimos à qualidade de um *software*, é importante estarmos atentos ao que a Engenharia de *Software* entende por qualidade e, sobretudo, quais são os critérios utilizados para avaliar a qualidade de um *software*. Tipicamente, a qualidade de um *software* pode ser julgada através do seu processo de desenvolvimento, do comprimento dos seus objetivos e especificações, de seu desempenho, ou ainda se ele está sendo útil para o usuário.

A qualidade do *software* pode ser vista como um conjunto de características que devem ser alcançadas em um determinado grau para que o produto atenda às necessidades de seus usuários. (AMARAL e GUEDES, 2005, p. 2)

A Engenharia de *Software* desenvolve modelos e técnicas que visam a sistematizar o desenvolvimento de um *software* de qualidade.

No caso específico dos *software* educativos, é natural estabelecer critérios específicos que, além dos critérios de qualidade aplicáveis a qualquer *software*, permitem avaliar a qualidade do suporte para o ensino ofertado pelo artefato

---

<sup>1</sup> Vários tipos de subprodutos produzidos durante o desenvolvimento do *software*. Por exemplo: documentos de projeto que ajudam a descrever a função, arquitetura e o design do *software*.

tecnológico. Particularmente, é necessário incorporar aos princípios que regem a engenharia de *software*, princípios psicológicos, cognitivos, pedagógicos, didáticos, etc. que vão fazer com que o *software* venha a ser um instrumento para o ensino. É nesse contexto que a Engenharia de *Software* Educativo (ESE) emerge como elaboração de princípios teórico-metodológicos para a concepção e o desenvolvimento de *software* educativos. Essa engenharia não substitui a Engenharia de *Software*, mas completa, enriquece a mesma de elementos provenientes de reflexões, estudo e modelos de áreas ligadas ao ensino e aprendizagem.

A ESE estuda:

[...] questões relativas ao design e à implementação de *software* educativos. Ela enfoca noções, métodos, teorias, técnicas, tecnologias ou lições aprendidas<sup>2</sup> que podem facilitar o design, a implementação, a avaliação e a difusão de CBPSs<sup>3</sup>, *software* educativos e *software* de suporte a ambientes pedagógicos".<sup>4</sup> (TCHOUNIKINE, 2011, p.113 – tradução nossa)

Além do processo de engenharia propriamente dito que visa a elaboração efetiva de artefatos, a ESE constitui-se como um verdadeiro campo científico objetivando a produção de novos conhecimentos, teorias, técnicas, tecnologias, métodos ou mesmo procedimentos investigatórios. No contexto da ESE, o desenvolvimento de um *software* chega a ser mais para produzir novos conhecimentos a favor da concepção e construção daquele *software*, do que no objetivo de disponibilizar um novo artefato. Os trabalhos de ESE:

[...] não tem como finalidade construir EIAH<sup>5</sup> utilizados nas salas de aula ou em formações (mesmo se alguns deles transformam-se para evoluir para tais objetivos, e que uma utilização banalizada pode ser necessária para o estudo de certas problemáticas de pesquisa), mas de melhor compreender os desafios a abordar, os fenômenos a considerar, os meios (noções, modelos, processos, ferramentas, etc.) úteis para a concepção dos EIAHs.<sup>6</sup> (TCHOUNIKINE, 2009, p.1, tradução nossa).

---

<sup>2</sup> Lições aprendidas são análises simples das experiências vividas em projetos, que deram certo ou não.

<sup>3</sup> Computer Based Pedagogical Setting - Configurações pedagógicas baseadas em computador.

<sup>4</sup> “[...]js to study the issues related to educational *software* design and implementation. It is concerned with the notions, methods, theories, techniques, technologies or lessons learned that may facilitate the design, implementation, evaluation or diffusion of CBPSs, educational *software* and pedagogical-setting support *software*”.

<sup>5</sup> Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain – Ambiente Informático para Aprendizagem Humana.

<sup>6</sup> Ces travaux n'ont pas pour finalité de construire des EIAH utilisés dans les classes ou les lieux de formation (même si certains travaux de recherche se transforment pour évoluer vers ce type d'objectif, et qu'une utilisation banalisée peut être nécessaire à l'étude de certaines problématiques de recherche), mais de comprendre les enjeux à considérer, les phénomènes à prendre en compte, les moyens (notions, modèles, processus, outils, etc.) utiles à la conception des EIAH.

Por ser uma engenharia, ela é construída em cima de articulações entre a reflexão teórica sobre os fenômenos de ensino-aprendizagem e a elaboração efetiva e técnica de artefatos. Nesse sentido, ela interroga os modelos teóricos para fundamentar a concepção, provocando assim a evolução desses modelos. Os artefatos desenvolvidos também criam um contexto de ensino-aprendizagem novo com especificidades próprias que necessitam um novo entendimento dos fenômenos de ensino, provocando a elaboração de novos modelos de compreensão desses fenômenos. *A engenharia dos EIAH é o domínio de pesquisa cujo objeto é a elaboração dos conhecimentos relativos à concepção dos EIAH*<sup>7</sup> (TCHOUNIKINE, 2009, p.14).

A ESE que visa à produção de algum artefato ou a “*melhor compreensão aos desafios da concepção dos EIAH*” (TCHOUNIKINE, *ibid.*), é uma atividade complexa. Ela é complexa como qualquer atividade de engenharia, por essa necessidade de articulação entre teoria e prática. Ela é complexa devido à riqueza crescente dos recursos de *hardware* e *software*. A essa complexidade, acrescentam-se a formalização da compreensão dos fenômenos de ensino-aprendizagem e a multiplicidade de abordagens dos mesmos.

Para abraçar essa complexidade e tentar contemplar as diversas dimensões da concepção e do desenvolvimento de *software* educativos, equipes pluridisciplinares são frequentemente reunidas, associando profissionais das diversas áreas envolvidas.

Os trabalhos sobre os EIAH são por natureza multidisciplinares e implicam a ciência da computação e diversas disciplinas das ciências humanas e sociais como a pedagogia, a didática, a psicologia, a ergonomia e as ciências da informação e da comunicação.<sup>8</sup> (TCHOUNIKINE, 2004, p.4)

Entretanto, para a concepção e o desenvolvimento de um *software*, não se trata somente de somar as competências, mas de integrá-las. A concepção de um *software* educativo não se reduz a um trabalho de engenharia realizado a partir de especificações produzidas pela educação, ou seja, essa concepção não pode ser recortada transdisciplinar, mas em problemas, podendo ser tratados por cada

---

<sup>7</sup>L'ingénierie des EIAH est le domaine de recherche dont l'objet est d'élaborer des connaissances relatives à la conception des EIAH.

<sup>8</sup> Les travaux sur les EIAH sont par nature pluridisciplinaires et impliquent l'informatique et différentes disciplines des sciences humaines et sociales comme la pédagogie, la didactique, la psychologie, l'ergonomie ou les sciences de l'information et de la communication.

disciplina envolvida. O *software* produzido cria um meio específico à concepção do ambiente e não pode ser separada da compreensão dos fenômenos ligados à dimensão informática. A concepção e o desenvolvimento de *software* educativos caracterizam-se como uma atividade

A transdisciplinaridade como o prefixo “trans” indica, diz respeito àquilo que está ao mesmo tempo **entre** as disciplinas, **através** das diferentes disciplinas e **além** de qualquer disciplina. Seu objetivo é a compreensão do mundo presente para o qual um dos imperativos é a unidade do conhecimento. (NICOLASCU, 1999, p.51)

Além disso, um dos papéis da ESE é o de favorecer e gerenciar essa atividade transdisciplinar. Um dos primeiros passos é o de tentar ultrapassar a constante complexidade da concepção de *software* educativo e transpor as questões subjacentes a essa concepção entre os diversos domínios.

Assim, descrever e analisar como um avanço tal ou tal modelo ou *software* necessita mais que uma referência geral à complexidade do domínio: tem que descrever seu objeto, suas propriedades, as questões aprofundadas, os fundamentos da abordagem subjacente aos trabalhos e o impacto sobre esses trabalhos, a forma como as problemáticas específicas do domínio foram consideradas, etc.<sup>9</sup> (TCHOUNIKINE, 2009, p.2, *tradução nossa*)

É nesse quadro da ESE que construímos nosso projeto de pesquisa e desenvolvimento, tentando incorporar à engenharia de *software* aos princípios teórico-metodológicos relativos ao ensino-aprendizagem.

## 1.2 Focando numa questão de pesquisa

A problemática da concepção e desenvolvimento de *software* educativos tal que apresentada sucintamente acima é extremamente geral. Ela é geral do ponto de vista do conteúdo desde que ela procure desenvolver princípios, noções, métodos essencialmente independentes de conteúdos específicos. Ela é também geral do ponto de vista do que se compreende como *software* educativo:

[...] todo aquele que possa ser usado para algum objetivo educacional, pedagogicamente *defensável*, por professores e alunos, qualquer que seja a natureza ou finalidade para a qual tenha sido criado. (LUCENA, 1998).

---

<sup>9</sup> Ainsi, décrire et analyser comme une avancée tel ou tel modèle ou logiciel nécessite plus qu'un référence générale à la complexité du domaine: il faut décrire son objet, ses propriétés, les questions sur lesquelles ont porté les efforts, les fondements de l'approche sous-jacente aux travaux et leur impact sur ces travaux, la façon dont les problématiques spécifiques du domaine ont été prises en compte, etc.

Nesse contexto muito amplo da ESE, efetuamos vários recortes a fim de delimitar uma questão mais específica a ser investigada.

O primeiro diz respeito ao conteúdo: nossa investigação interessa-se pelo ensino da matemática. Mesmo se a ESE visa sobretudo a construção princípios gerais de concepção e desenvolvimento, consideramos que existem também princípios específicos a cada domínio de conhecimento. No caso da matemática, por exemplo, a importância que os sistemas de representações têm na atividade matemática conduz a investigar especialmente as contribuições do computador na utilização desses sistemas ou na criação de novos sistemas. A noção de transposição informática, que podemos caracterizar como uma reformulação *transdisciplinar* da transposição didática incorporando a problemática computacional, é, a nosso ver, um elemento importante da ESE para o ensino da matemática, fundamentando a elaboração de versões “digitais e dinâmicas” dos sistemas de representação utilizados na matemática.

Por focar nosso trabalho no ensino da matemática, orientamos naturalmente nosso olhar sobre as possíveis contribuições das teorias educativas à ESE para os aportes da didática da matemática. Um desses aportes é a transposição informática, já evocada, que constitui um dos focos da nossa reflexão. Outros aportes existem também sendo explicitamente resultados de uma reflexão de caráter *transdisciplinar* computação-didática como a didática computacional (BALACHEFF, 1994b) ou o modelo CKc (BALACHEFF, 1995). Além dessas noções claramente desenvolvidas para enraizar a ESE na didática da matemática ou vice-versa, acreditamos que o conjunto das reflexões e dos desenvolvimentos teórico-metodológicos da didática da matemática podem colaborar para a ESE no caso do ensino da matemática. Encontraremos tal contribuição, por exemplo, no trabalho de Chaachoua et al. (2013), que utilizam a abordagem antropológica na concepção de um ambiente informatizado de aprendizagem. É nesse quadro mais específico dos aportes da didática da matemática à ESE que situamos nossa questão de pesquisa.

O segundo recorte diz respeito à natureza da intervenção no ensino-aprendizagem que escolhemos para o *software* educativo. Como já foi evocado anteriormente, a caracterização de *software* educativo pode ser algo bastante amplo e vago. Poderíamos até considerar que qualquer *software* pode ser utilizado com fins educativos. Entretanto, no nosso caso, na perspectiva de investigar e sistematizar as possíveis contribuições do computador ao processo de ensino-aprendizagem de

conceitos matemáticos, interessar-nos-emos à caracterização de uma Engenharia de *Software* subjacente à concepção e desenvolvimento de uma situação didática no contexto computacional. A situação didática, nesse caso, deve ser compreendida no sentido de Brousseau (1986):

BROUSSEAU coloca no centro da sua abordagem da didática a noção de situação didática. O termo de situação designa o conjunto das circunstâncias nas quais um indivíduo encontra-se, e as relações que as unam a seu "*milieu*". Uma situação didática é uma situação onde manifesta-se diretamente ou indiretamente uma vontade de ensinar.<sup>10</sup> (KUZNIAK, 2004 - *tradução nossa*)

Nesse trabalho específico de caracterização de uma engenharia de *software* numa situação didática, entre outro, devido o nosso perfil de engenheiro da computação, mas também para "*melhor compreender os desafios a abordar, os fenômenos a considerar*" (TCHOUNIKINE, 2009, p.1), queríamos poder observar e avaliar a operacionalização da engenharia especificada no caso concreto de concepção e desenvolvimento de um *software* educativo. Para isso, escolhemos conceber e desenvolver uma versão digital da situação do "Bingo dos Racionais" criada no contexto do Projeto Rede (GITIRANA et al., 2013). É importante destacar que, como a "*course a 20*" ou a situação do *puzzle* de Brousseau, o Bingo dos Racionais indica uma situação onde a noção de jogo é explorada como viés para criar um ambiente *adhoc*.<sup>11</sup>

Antes de explicitar melhor nossa questão de pesquisa, vamos apresentar o jogo "Bingo dos Racionais".

### 1.2.1 O Bingo dos Racionais

#### Projeto Rede

O Projeto Rede foi um projeto financiado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) em parceria com o Núcleo de Educação Matemática (NEMAT) e o Centro de Estudos em Educação e Linguagem (CEEL), ambos da UFPE. Isto aconteceu nos anos de 2010 e 2011 e teve como objetivo a

---

<sup>10</sup> "BROUSSEAU met au cœur de son approche de la didactique la notion de situation didactique. Le terme situation désigne l'ensemble des circonstances dans lesquelles une personne se trouve, et des relations qui l'unissent à son milieu. Une situation didactique est une situation où se manifeste directement ou indirectement une volonté d'enseigner."

<sup>11</sup> Expressão usada para definimos um jogo ou o *software* para uma certa finalidade.

formação contínua de professores da educação básica, promovendo uma série de cursos e oficinas destinados a prepará-los para a criação, produção e integração de jogos educativos no ensino da matemática.

Os cursos oferecidos abordavam temas para a concepção, desenvolvimento e uso de jogos didáticos, utilizando sucata, todos direcionados para professores licenciados em Matemática ou em Pedagogia. Ao todo foram quatro cursos, divididos em dois módulos que funcionavam como uma rede.

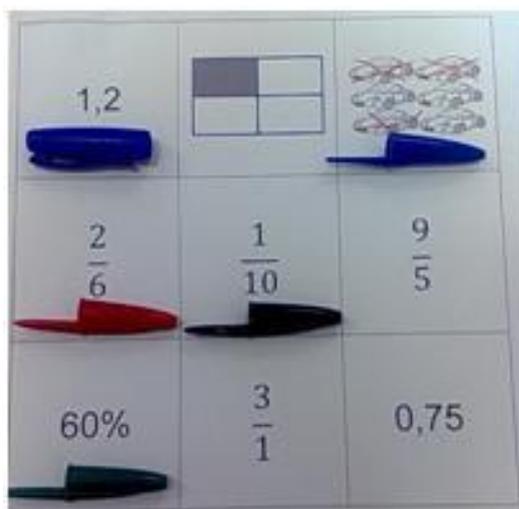
No módulo I, no Curso 1, cinco formadores e dois coordenadores da UFPE estudando o “Desenvolvimento e Análise de jogos didáticos”, capacitaram 20 professores para desenvolverem jogos para o ensino da matemática com o uso de sucata. Esse material, por sua vez, serviu como texto base para a formação desses professores. Os 20 professores foram formados também para atuarem como formadores para 600 professores cursistas, resultando no desenvolvimento do segundo curso, com a proposta de estudar sobre “Concepção e uso de jogos didáticos”. No módulo II, foram desenvolvidos mais cursos: o terceiro e o quarto. “Desenvolvimento e elaboração de jogos”, com a participação de 100 professores, formando 3000 professores cursistas, para atuarem em atividades presenciais e em outro momento, a distância.

Dos jogos desenvolvidos pelo projeto, o jogo “Bingo dos Racionais” teve o objetivo de trabalhar com as diferentes representações dos números racionais. Além do bingo, o projeto também resultou em mais sete jogos, com a finalidade de trabalhar conteúdos da educação matemática: Bingo das Grandezas e Medidas, Desafio das Operações, Jogo da Velha com Figuras Geométricas, Jogo do Nim, Jogo dos Polígonos, Mankala Colhe Três, Jogo dos Sinais. Todas as informações estão disponíveis no site do Laboratório de Ensino da Matemática e Tecnologia (LEMATEC): <http://lematec.net/projetorede/> e no livro produzido pelo projeto (GITIRANA et al., 2013).

### **Apresentando o Bingo dos Racionais**

O Bingo dos Números Racionais (VIEIRA et al., 2013) é um jogo que foi concebido e desenvolvido por um grupo de colaboradores, sob a orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Paula Moreira Baltar Bellemain no contexto do Projeto Rede.

**Figura 1: Foto de uma das cartelas do bingo**



**Fonte:** Retirada do artigo: “BINGO DOS NÚMEROS RACIONAIS – INDICAÇÕES DIDÁTICAS”. Disponível em <http://lematec.net/projetorede/uploads/Textos/Bingo-orienta%C3%A7%C3%B5es%20did%C3%A1ticas-para%20enviar.pdf> Acesso 22/08/2012.

O objetivo deste jogo é explorar as diversas representações dos números racionais. Portanto, apresenta-se uma cartela de nove quadrinhos, Figura 1, e cada um deles poderá ser preenchido usando o conteúdo com diferentes tipos de linguagem, que seriam as suas representações diferenciadas, podendo ser na linguagem natural (um meio, dois terços, etc), na linguagem simbólica ou na linguagem simbólica-numérica, como podemos observar na Figura 2: Tabela dos Registros de Representação Figura 2, logo a seguir:

Figura 2: Tabela dos Registros de Representação

| REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO  |  |  |
|---|--|--|
| Linguagem natural   | Linguagem Figural  | Linguagem Simbólica-numérica   |
| Um meio<br>Metade<br>Três sextos<br>Cinquenta centésimos<br>Cinquenta por cento | Exemplo de representação figural de quantidade contínua <sup>2</sup> :<br><br>Exemplo de representação figural de quantidade discreta <sup>3</sup><br> | Representação fracionária:<br>Fração irredutível: $\frac{1}{2}$<br>Frações equivalentes: $\frac{2}{4}$ ;<br>$\frac{3}{6}$ ; $\frac{5}{10}$ ; $\frac{5}{100}$ .<br>Decimal: 0,5; 0,50; 0,500<br>Percentual: 50% |

**Fonte:** Tabela retirada do artigo: "BINGO DOS NÚMEROS RACIONAIS – INDICAÇÕES DIDÁTICAS". Disponível em <http://lematec.net/projetorede/uploads/Textos/Bingo-orienta%C3%A7%C3%B5es%20did%C3%A1ticas-para%20enviar.pdf> Acesso 22/08/2012

Para a construção do bingo, o objetivo foi favorecer as articulações entre diversas representações dos Números Racionais, compondo uma grade de elementos e a lista dos números sorteados, sendo elaborada a partir de um estudo da didática da matemática.

Neste Jogo, os alunos desempenharam diferentes papéis nos momentos das partidas, Chamador, Marcador e Escriba, que serão importantes para a compreensão a respeito dos Números Racionais. O jogo, suas regras e as implicações didáticas, serão apresentadas posteriormente na parte das análises deste trabalho.

### 1.3 Questão de pesquisa

Para abordar a montagem da situação didática do "Bingo dos Racionais", a equipe do Projeto Rede empregou os princípios teórico-metodológicos da Engenharia Didática de Artigue (1990). Particularmente, foi efetuada uma análise *a priori* detalhada da situação do "Bingo dos Racionais". Nosso estudo foi a de retomar essa análise para investigar os aportes da engenharia didática à engenharia de *software* educativo para a concepção de situações didáticas no contexto computacional.

Além de poder aproveitar os resultados dessa análise *a priori* para conceber e desenvolver a versão digital do "Bingo dos Racionais", consideramos outros aportes

da Engenharia Didática à Engenharia de *Software* Educativo vindo notadamente da própria escolha do termo "engenharia" feito por Artigue (1990, p.283). Com efeito, a autora utiliza esse termo se referindo explicitamente ao trabalho do engenheiro:

Tratava-se de rotular por esse termo uma forma do trabalho didático comparável ao trabalho do engenheiro que, para realizar um projeto preciso, apoia-se sobre os conhecimentos científicos do seu domínio, aceita se submeter a um controle do tipo científico, mas ao mesmo tempo, é obrigado a trabalhar com objetos muito mais complexos que os objetos apurados da ciência e conseqüentemente enfrenta praticamente, por todos os meios que ele tem à disposição, problemas que a ciência não quer ou não pode considerar.<sup>12</sup> (*tradução nossa*).

Reforçando essa ideia de aproximação entre as duas engenharias, Tchounikine (2004, p.6) considera que a Engenharia Didática fornece um quadro metodológico para a ESE:

Nos trabalhos focalizados sobre o processo didático e a epistemologia, o ponto de entrada é a noção de "*enjeu de connaissance*" e a modelização da situação que permite a aquisição dos conhecimentos, a teoria das situações didáticas (BROUSSEAU, 1998) fornecendo um quadro geral de análise e os trabalhos da engenharia didática um quadro geral para as dimensões ligadas à concepção<sup>13</sup>.

Finalmente, é por essa proximidade nos objetivos e métodos entre a Engenharia Didática e a ESE que situamos nossa questão de pesquisa na investigação dos aportes da Engenharia Didática à Engenharia de *Software* Educativos no caso da criação de situações didáticas digitais em matemática. A partir desse levantamento de algumas questões relativas à concepção e desenvolvimento de *software* educativos, podemos traçar o objetivo do trabalho apresentado nesse texto.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo Geral

---

<sup>12</sup> : Il s'agissait d'étiqueter par ce terme une forme du travail didactique: celle comparable au travail de l'ingénieur qui, pour réaliser un projet précis, s'appuie sur les connaissances scientifiques de son domaine, accepte de se soumettre à un contrôle de type scientifique mais, dans le même temps, se trouve obligé de travailler sur des objets beaucoup plus complexes que les objets épurés de la science et donc de s'attaquer pratiquement, avec tous les moyens dont il dispose, à des problèmes que la science ne veut ou ne peut encore prendre en charge.

<sup>13</sup> : Dans les travaux focalisés sur le processus didactique et sur l'épistémologie le point d'entrée est la notion d'enjeu de connaissance et la modélisation de la situation qui en permet l'acquisition, la théorie des situations didactiques (Brousseau 98) fournissant un cadre général d'analyse et les travaux de l'ingénierie didactique un cadre général pour les dimensions liées à la conception...

Integrar os princípios teórico-metodológicos da Engenharia Didática à Engenharia de *Software* Educativos no contexto da concepção e do desenvolvimento de uma versão digital do Bingo dos Racionais.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Investigar os princípios teórico-metodológicos da Engenharia de *Software* Educativos e os aportes potenciais da Engenharia Didática a esses princípios.
- Investigar os princípios teórico-metodológicos da engenharia didática aplicada à elicitação dos requisitos de um *software* educativo para a matemática.
- Aplicar esses princípios à elicitação dos requisitos de uma versão digital do Bingo dos Racionais.
- Validar esses princípios na concepção da versão do bingo definida.

#### 1.4.3 Como abordarmos essa questão

Para essa investigação dos aportes da Engenharia Didática à ESE, propomos o roteiro seguinte.

Iniciaremos com um estudo teórico no qual apresentaremos alguns elementos teóricos e metodológicos da engenharia de *software* educativos. Esse quadro teórico-metodológico fornece uma sistemática de questionamentos e investigações que abordaremos parcialmente como questões relativas aos seguintes itens:

- Características e contribuições dos *software* educativos, particularmente no caso da matemática,
- Jogos educativos e suas contribuições para a aprendizagem,
- Critérios de avaliação da qualidade e das contribuições de *software* educativos,
- Engenharia didática para a concepção de situações didáticas em um ambiente computacional,

- Transposição didática informática para investigar a problemática da "digitalização" do saber de referência e/ou a ensinar.
- Engenharia de *software* para a implementação técnica do Bingo dos Racionais na sua versão digital.

Esse estudo teórico é o objeto do primeiro capítulo.

Em seguida, apresentaremos os princípios metodológicos em duas vertentes: uma delas relacionadas à execução dos princípios da ESE, e mais especificamente da Engenharia Didática Informática, na definição dos requisitos do *software* a ser concebido. A outra vertente diz respeito ao desenvolvimento empregado para a elaboração do *software*. Essas questões são abordadas no segundo capítulo.

Depois, descrevemos os procedimentos metodológicos empregados na elaboração dos requisitos do Bingo dos Racionais numa versão digital e na implementação do mesmo. Isto será apresentado no terceiro capítulo. E finalizaremos o trabalho apresentando algumas considerações.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO

O quadro teórico-metodológico sobre o qual nos apoiaremos é o da Engenharia de *Software* Educativos. Não se trata de considerar que a ESE engloba as diversas abordagens didáticas, psicológicas, cognitivas, pedagógicas etc., mas no contexto específico da concepção e do desenvolvimento de um *software* educativo, ela nos oferece um quadro estruturante das reflexões e contribuições das diversas áreas envolvidas nessa concepção. Mesmo não englobando as abordagens dos campos ligadas à educação, ela necessita de respostas específicas que consideram a dimensão informática a seus questionamentos em direção a essas áreas. De qualquer forma, no nosso caso, a Engenharia de *Software* Educativos fornece os princípios teórico-metodológicos para responder ao problema da concepção e do desenvolvimento de uma versão digital do Bingo dos Racionais.

### 2.1 Engenharia de *Software* Educativos

#### 2.1.1 Emergência

A emergência da ESE enquanto domínio científico é difícil de situar no tempo. Se, por um lado, restringimos nossa procura à aparição do termo ESE nas comunicações científicas, provavelmente situaremos a sua emergência no início dos anos 1990 com as publicações de Galvis (1992). Por outro lado, se considerarmos a produção de *software*, situaremos a emergência da ESE junto com as primeiras realizações de *software* educativos em torno dos anos 50. Com efeito, mesmo se as abordagens correspondentes do ensino-aprendizagem são bastante questionadas hoje, e a especificidade da engenharia que permitia as realizações não era necessariamente explicitada, veremos no ensino programado dos anos 1950-1960, fortes interações entre teorias educativas da época, a concepção e o desenvolvimento de tecnologias computacionais.

Todos os autores do domínio concordam em dizer que o ensino pelo computador encontra suas raízes no ensino programado dos anos 1950-1970. O nível de adequação entre as teorias behavioristas de

Skinner e as possibilidades técnicas do computador fazia dele a "máquina de ensinar" ideal.<sup>14</sup> (REZEAU, 2002, p.243 - *tradução nossa*)

Fazemos a distinção entre a origem da ESE com as primeiras realizações de tecnologias educativas computacionais, e seus fundamentos, com as investigações sobre os processos subjacentes a essas realizações.

Situando as reflexões iniciais sobre a ESE no período do final dos anos 80 ao início dos anos 90, apontamos uma época particular da informática educativa. Nos anos 80, apareceram e foram rapidamente introduzidos os primeiros microcomputadores nas escolas. Como para a maioria dos setores de atividades, essa introdução provocou na informática educativa uma mudança de paradigma importante e levantou novas questões, como:

- não se tratava apenas de uma informática educativa confidencial desde que não precisava levar os alunos aos computadores, os computadores chegavam a eles. Mais alunos podiam ter acesso a *software* educativos em meios ecológicos bastante diferentes. Saindo de condições de laboratório, ou quase, tratava-se de refletir sobre os elementos (eventualmente embutidos no *software*) que beneficiavam a integração de *software* educativos no ensino e que favoreciam a reprodutibilidade das situações de uso.
- os microcomputadores chegavam com poucos *software*, mas disponibilizavam, em geral, uma linguagem de programação simples de uso: o *BASIC*<sup>15</sup>. A realização de um *software* não era mais reservada a alguns especialistas, mas podia ser feita pelos professores, e às vezes pelos alunos, e em função de necessidades mais próximas de práticas do ensino. Ampliando o leque de perfis podendo se envolver na realização de *software* educativos, tratava-se de avaliar a qualidade técnica dos *software* produzidos, assim como das contribuições efetivas desses *software* ao ensino, abordando entre outras, as questões de descontextualização das realizações do contexto que favoreceu o desenvolvimento desses *software*.

---

<sup>14</sup> : Tous les auteurs du domaine s'accordent à dire que l'enseignement par ordinateur trouve ses racines dans l'enseignement programmé des années 1950- 1970. Le niveau d'adéquation entre les théories behavioristes de Skinner et les possibilités techniques de l'ordinateur faisait en effet de celui-ci la « machine à enseigner » idéale.

<sup>15</sup> : O BASIC foi concebido originalmente por John George Kemeny et Thomas Eugene Kurtz para permitir aos estudantes que não trabalham em cursos científicos de utilizar os computadores. Nos anos 1980, a maioria dos microcomputadores eram distribuídos com um interpretador BASIC (fonte wikipedia).

- os microcomputadores tinham *recursos* gráficos, como *Windows*<sup>16</sup>, por exemplo, acompanhando os novos conceitos de *interface*, notadamente aqueles introduzidos por *Rank Xerox*<sup>17</sup> e pelo *Macintosh*<sup>18</sup> da *Apple*. Essas novas *interface* facilitavam o uso do computador, sobretudo, para usuários que não dominavam a ciência da computação, e permitiam a realização de um leque muito maior de atividades, notadamente, por esses usuários não especialistas. Tratava-se de investigar os possíveis aportes deste recurso à aprendizagem e implementar os algoritmos que realizam tais aportes.
- os microcomputadores podiam ser conectados em redes<sup>19</sup> e o acesso à informação se generalizava. Atividades (com suporte computacional ou não) que favoreciam a transformação para o aluno das informações disponíveis em conhecimentos precisavam ser criadas.

Foi nesse contexto que foram concebidos, entre outros e nos restringimos ao ensino da matemática: *LOGO*, *software* de geometria dinâmica (como *Cabri-géomètre*), *software* de cálculo formal (CAS<sup>20</sup> como *Derive*), *software* de representação gráfica de função, etc. Os *software* citados: *LOGO*, *Derive*, *Cabri-géomètre* podem ser considerados como experiências bem sucedidas da informática educativa, pela quantidade de usuários, quantidade de publicações em torno da concepção ou do uso, existência de eventos nacionais ou internacionais sobre esses *software*, longevidade, quantidade de *software* desenvolvidos retomando as ideias inovadoras criadas. Esse sucesso, pelo menos por uma parte, é devido ao fato de que respostas apropriadas e originais imbricando conhecimentos relativos aos conteúdos específicos, à educação e à informática foram dadas às questões levantadas por essas realizações. É importante destacar que esses *software* bem sucedidos foram geralmente inventados por pesquisadores-desenvolvedores que tinham no mínimo uma dupla competência de engenharia de *software* e de um outro domínio, como, por exemplo, a matemática (David Stoutmeyer para *Derive*), a psicologia (Seymour Papert para *LOGO*), a didática da matemática (Baulac, Bellemain e Laborde para *Cabri-*

---

<sup>16</sup> : A primeira versão 1.01 de *Windows* foi lançada no dia 20 de novembro de 1985 (fonte wikipedia).

<sup>17</sup> : O *Xerox Alto* (e depois o *Xerox Star*) era uma pré-versão do computador pessoal desenvolvida a *Xerox PARC* em 1973. Foi o primeiro computador a utilizar a metáfora do desktop e uma *interface* utilizador controlada pelo mouse (GUI).

<sup>18</sup> : O primeiro *Macintosh* foi lançado por *Apple* no dia 24 de janeiro de 1984. Foi o primeiro sucesso comercial de um computador com um mouse e uma *interface* gráfica (fonte: Wikipédia).

<sup>19</sup> : A *World Wide Web* foi publicamente anunciada em 1990.

<sup>20</sup> : *Computer Algebra System*

*géomètre*). Nessa leitura da concepção de um *software* educativo, entendemos que ela não é resultado de uma simples justaposição de competências, mas de uma integração das mesmas.

Desde logo, percebe-se que a engenharia de *software* educativos é um campo complexo, com características próprias, que demanda um conhecimento amplo por parte do projetista, principalmente quando são consideradas as características básicas de um sistema computacional para uso pedagógico. (SANTOS, 2009, p.21)

Do nosso ponto de vista, esse contexto favoreceu a emergência da engenharia de *software* educativos como campo de conhecimentos permitindo compreender e fundamentar experiências de desenvolvimento e integração de tecnologias computacionais educativas. Trata-se de capitalizar sobre as experiências que funcionaram como sobre as que não funcionaram, e procurar, já pelo desafio tecnológico e científico que isso representa, tirar maior proveito das inovações elaborando e executando os princípios teórico-metodológicos de uma ESE.

O que dizer, então, da engenharia de *software* educativos (ESE)? Será apenas uma mudança no campo para o qual o *software* é elaborado, ou envolve também uma mudança estrutural na maneira de conceber e desenvolver as soluções, o que faz dele um campo de pesquisa e praxe privilegiado?[...]

A resposta a esse tipo de questões é mais importante agora do que há dez ou mais anos quando a pergunta-chave era se o computador tinha algum sentido na educação. Atualmente fala-se de como tirar o maior proveito dele, uma vez que a sua presença é inevitável. (GALVIS, 1997)

De fato, as coisas não são simples. Desde a introdução dos primeiros microcomputadores nas escolas, foram trinta anos de inovações tecnológicas, e de produção de *software* educativos. Se as consequências dessa evolução tecnológica sobre nosso cotidiano e sobre a escola são óbvias e gerais, as melhorias no que diz respeito ao ensino-aprendizagem, notadamente em matemática, não são tão claras.

A própria aplicação da informática na educação é um campo de pesquisa e desenvolvimento de poucas incursões vitoriosas, tendo em vista justamente a complexidade do fenômeno educativo, a necessidade da promoção adequada do desenvolvimento de competências cognitivas, motoras e afetivas e a velocidade com que o ser humano trata informações, transformando-as em conhecimento. (SANTOS, 2009, p.19)

Não se trata nesse trabalho de procurar as razões profundas do descompasso entre a tremenda evolução tecnológica e os resultados em termo de melhoria do ensino-aprendizagem, os próprios critérios de avaliação dessa melhoria podem ser

questionados. Entretanto, uma das hipóteses levantadas é que a tecnologia informática não contribua para uma melhoria do ensino na altura do que se pode esperar devido à uma abordagem da concepção de *software* educativos essencialmente tecnocentrada: seria mais a inovação tecnológica que puxaria o desenvolvimento de *software* educativos que uma aprofundada reflexão sobre as contribuições efetivas das inovações ao processo de ensino-aprendizagem ou sobre a adequação das soluções técnicas às efetivas necessidades.

Se essa hipótese pode ser em parte verificada, ela não se confirma. Com efeito, podemos constatar que:

- a utilização de conhecimentos científicos não garante a qualidade e adequação do que é produzido:

Atualmente, a evolução dos conhecimentos científicos não é o fator que mais influencia a utilização efetiva dos EIAH. Além do mais, o fato que o processo de concepção de um EIAH não seja ligado a conhecimentos científicos não significa nada no que diz respeito a sua qualidade ou eficiência.<sup>21</sup> (TCHOUNIKINE, 2009, p.1 - *tradução nossa*)

- a introdução de novas tecnologias na educação, mesmo sem uma reflexão aprofundada dos seus aportes efetivos, pode constituir um vetor para a elaboração de soluções interessantes e inovadoras. Tchounikine (*ibid.*, p.1) continua:

Inúmeras realizações sustentadas ou acompanhadas por comunidades de prática notadamente mostram-se perfeitamente satisfatórias, encontram seus usuários e, frequentemente mais que projetos apoiados sobre pesquisas, favorecem a evolução das práticas.<sup>22</sup> (*tradução nossa*)

Ao final, para o sucesso de um projeto, é importante considerar as três dimensões: tecnológica, educativa e do contexto de uso. Nesse sentido, para poder contemplar todas as dimensões da concepção e desenvolvimento de um *software* educativo, uma solução é de reunir profissionais das diversas áreas de conhecimento envolvidas nesse processo.

---

<sup>21</sup> : Actuellement, l'évolution des connaissances scientifiques n'est pas le facteur qui influe le plus sur l'utilisation effective des EIAH. Par ailleurs, le fait que le processus de conception d'un EIAH ne soit pas lié à des connaissances scientifiques ne dit rien de sa qualité ni de son efficacité.

<sup>22</sup> : De nombreuses réalisations portées ou accompagnées par des communautés de pratiques notamment, s'avèrent parfaitement satisfaisantes, rencontrent leurs utilisateurs et, plus que les projets issus de la recherche souvent, font évoluer les pratiques.

### 2.1.2 Pluri-inter-trans-disciplinaridade

Benitti et al (2005) propõem que os atores que caracterizam um grupo multidisciplinar voltado ao desenvolvimento de software educacional (ibid., p.2) sejam:

- *Profissionais da Educação...*
  - *Profissionais (pesquisadores) das áreas de psicologia e pedagogia...*
  - *Professores...*
- *Profissionais da área computacional...*
- *Designer...*
- *Aluno (usuário)...*

E propõem organizar o processo de concepção-desenvolvimento, explicitando as ações nesse processo de cada um dos profissionais citados, considerando quatro etapas:

- a primeira é a etapa de concepção que norteia o projeto de produção do *software*. Ela diz respeito à elicitación dos requisitos.

Concepção: Etapa destinada a definir as diretrizes gerais do *software* educacional. Compreende a definição dos objetivos de aprendizagem e requisitos do *software* educacional. (ibid., p.2)

- a segunda etapa diz respeito à implementação. Trata-se da fase de engenharia de *software* onde a validação técnica é completada de uma validação pelos profissionais da educação e pelo terreno representado por alunos e professores em exercício na equipe de desenvolvimento.

Elaboração/construção: Etapa centrada na implementação do *software* e concebida com base no modelo de prototipação evolutiva. Compreende também aspectos de especificação e avaliação/validação. (ibid., p.2)

- a terceira e quarta etapas dizem respeito à finalização e viabilização. Embora essas duas últimas sejam de grande importância desde que elas criem condições para auxiliar a integração do *software* realizado no ensino (elaboração da documentação, formação de professores), as consideramos como na periferia da nossa investigação que são referentes a um produto final e nos interessamos à fase de prototipação.

Nesse trabalho, Benitti et al (ibid.) propõem essencialmente uma distribuição geral dos papéis e das interações e indicam, nas grandes linhas, elementos a serem definidos nas fases de concepção, desenvolvimento e integração. *De fato, a constituição e a organização da equipe de concepção e desenvolvimento de um software, mesmo se podermos supor que cada domínio de conhecimento vai necessitar profissionais e interações entre eles específicos, é uma preocupação geral para a elaboração de qualquer software.* Vemos, particularmente, essa preocupação como um elemento central dos métodos ÁGEIS<sup>23</sup> de produção de *software*, métodos que procuram integrar os usuários finais no processo de concepção-desenvolvimento desde seu princípio e elaborar de forma rápida e incremental o *software*, permitindo avaliações frequentes do que é produzido.

Não se têm dúvidas da importância da abordagem pluridisciplinar e de endereçar as questões específicas aos profissionais competentes. Entretanto, a constituição e a organização de uma equipe pluridisciplinar não são suficientes para o sucesso de um projeto de concepção de software educativo.

A pluridisciplinaridade da equipe é uma riqueza, é às vezes um argumento utilizado para atestar a qualidade de um produto, apesar de que, isto não seja uma garantia:

[...] situamos o processo de desenvolvimento do SE no contexto de uma equipe multidisciplinar. Entretanto, a formação de uma equipe multidisciplinar não garante a qualidade de um software educativo. (SANTOS et al, 2002, p. 3 )

Podem também ser um bloqueio:

O campo científico dos EIAH e, particularmente, as questões relativas à concepção dos EIAH são abordadas pelas diversas disciplinas e campos científicos envolvidos (principalmente: ciência da computação, didáticas, ciências da educação e pedagogia, psicologia, ergonomia, ciências da comunicação), no centro das disciplinas, e as vezes dentro de um mesmo projeto, com pontos de vista extremamente distintos. Isto é, no mesmo tempo uma riqueza e, no estado atual, um dos bloqueios do domínio.<sup>24</sup> (TCHOUNIKINE, 2009, p.14 - tradução *nossa*)

---

<sup>23</sup> : Indivíduos e interação entre eles mais que processos e ferramentas  
*Software* em funcionamento mais que documentação abrangente  
 Colaboração com o cliente mais que negociação de contratos  
 Responder a mudanças mais que seguir um plano  
 (fonte manifesto agil: <http://manifestoagil.com.br/>)

<sup>24</sup> : Le champ scientifique des EIAH et, en particulier, les questions relatives à la conception des EIAH, sont abordés par les différentes disciplines et champs scientifiques concernés (principalement: informatique, didactiques, sciences de l'éducation et pédagogie, psychologie, ergonomie, sciences de la communication), au sein des

Ou seja, não se trata somente de montar uma equipe pluridisciplinar, mas também de elaborar e empregar uma metodologia, uma ESE, que favoreça o caráter transdisciplinar das produções dessa equipe, aproximando os pontos de vista.

Faz-se necessário pensar em uma metodologia adequada para esta produção, embasada em uma proposta pedagógica transparente e não resumida a uma abordagem meramente técnica e tecnicista (SANTOS et al, 2002, p. 3).

Tchounikine (2009, p.16) faz a distinção seguinte entre pluri-, inter- e transdisciplinaridade:

Pluridisciplinaridade: enriquecimento de uma reflexão disciplinar pelo aporte de outras disciplinas (o problema é abordado pelo suporte de várias disciplinas, mas num esquema de justaposição).

Interdisciplinaridade: transferência e adaptação de métodos de uma disciplina a outra (os aportes respectivos e os cruzamentos podendo conduzir as disciplinas a evoluir).

Transdisciplinaridade: integração de diferentes abordagens científicas num quadro próprio ultrapassando os quadros disciplinares (elaboração de conceitos ou métodos próprios, etc.).<sup>25</sup> (tradução nossa)

E considera que a ESE é de natureza transdisciplinar (ibid., p.17):

A transdisciplinaridade postula o estudo dos objetos considerando a complexidade deles, utilizando quadros disciplinares mas sem se limitar a eles. Essa hipótese deixa aberta a possibilidade de constituição de um quadro teórico ou de conhecimentos próprios, se isso for necessário [...] <sup>26</sup> (tradução nossa)

Do nosso ponto de vista, a Transposição Informática tal que introduzida por Balacheff (1994a, p.364) é um resultado de uma tal abordagem transdisciplinar da Transposição Didática de Chevallard (1985):

Às exigências ("constraints") da transposição didática acrescentam-se, ou melhor combinam-se, aquelas da modelização e implementação informática: exigências de uma modelização computável, exigências materiais e de programação dos suportes informáticos de realização. O que

---

disciplines, et parfois au sein d'un même projet, avec des points de vue extrêmement différents. Ceci est à la fois une richesse et, en l'état actuel, l'un des verrous du domaine.

<sup>25</sup> Pluridisciplinarité: enrichissement d'une réflexion disciplinaire par l'apport d'autres disciplines (le problème est abordé à l'aide de plusieurs disciplines, mais dans un schéma de juxtaposition).

Interdisciplinarité: transfert et adaptation de méthodes d'une discipline à une autre (les apports respectifs et les croisements pouvant amener les disciplines à évoluer).

Transdisciplinarité: intégration de différentes approches scientifiques existantes en un cadre propre dépassant les cadres disciplinaires (élaboration de concepts ou de méthodes propres, etc.).

<sup>26</sup> : La transdisciplinarité postule l'étude des objets dans leur complexité, en utilisant les cadres disciplinares mais sans se limiter à ceux-ci. Cette hypothèse laisse le champ ouvert à la constitution d'un cadre théorique ou de connaissances propres si ceci s'avère nécessaire... (TCHOUNIKINE, 2009, p.17)

colocamos por trás do termo de informatização não constitui de uma simples transliteração. Os ambientes informatizados de aprendizagem resultam de uma construção que é um espaço de novas transformações dos objetos de ensino. Chamamos de Transposição Informática esse processo.<sup>27</sup> (Tradução nossa)

Reconhecemos em outros trabalhos de Balacheff, contribuições na direção dessa mesma abordagem da ESE, notadamente quando ele introduz a didática computacional (BALACHEFF, 1994b) ou o modelo CKc de representação do conhecimento (BALACHEFF, 1995).

Sem pretender a uma contribuição na altura daquela de Balacheff com a Transposição Informática, como ele, queremos ter o mesmo olhar cruzado quando ele observa noções de didática da matemática de um ponto de vista informático.

De fato, no processo de ESE, as disciplinas envolvidas e as noções abordadas diferem dependendo da natureza do projeto de concepção-desenvolvimento. Por exemplo, não se precisa das mesmas competências, para conceber e desenvolver um LMS<sup>28</sup>, um micromundo, uma simulação ou um tutor inteligente. Para precisar e situar melhor a nossa contribuição relativa à ESE, abordamos algumas das diversas possibilidades de suporte computacional ao ensino-aprendizagem.

### 2.1.3 Caracterizações de *Software* Educativos

Falamos de suporte computacional ao ensino-aprendizagem no lugar de *software* educativos ou educacional desde que pretendemos situar nossa contribuição relativamente a um ou alguns aspectos do processo educativo. A noção de *Software* Educativo é muito ampla e imprecisa e, em geral, diz respeito a ambientes que consideram o processo educativo na sua globalidade, como é o caso do ensino programado ou dos ITS<sup>29</sup>. Essa noção fica ainda mais geral desde que o substantivo educativo pode caracterizar *software* que não foram concebidos inicialmente com tais fins. Nesse sentido, Santos (2009) faz uma distinção entre *software* educativo e *software* educativo propriamente dito, onde ele diferencia o artefato que foi

---

<sup>27</sup> : Aux contraintes de la transposition didactique s'ajoutent, ou plutôt se combinent, celles de modélisation et d'implémentation informatiques : contraintes de la modélisation computable, contraintes logicielles et matérielles des supports informatiques de réalisation. Ce que l'on place habituellement sous le terme d'informatisation ne constitue pas une simple translittération, les environnements informatiques d'apprentissage résultent d'une construction qui est le lieu de transformations nouvelles des objets d'enseignement. Nous appelons transposition informatique le processus ainsi à l'œuvre.

<sup>28</sup> : LMS: Learning Management System

<sup>29</sup> Intelligent Tutoring System

programado com fins educativos daquele que não foi programado com os mesmos fins mas pode ser utilizado como tal (ibid., p.21):

O *software* educativo é, primeiramente, um espaço para proporcionar a construção de conhecimentos. Nesse sentido, qualquer *software* pode ser considerado educativo, como um *software* aplicativo (um tratamento de textos ou uma planilha de cálculos), um *software* lúdico (um jogo, um simulador) ou um *software* de autoria (uma meta-linguagem de programação). Até um *software* básico (como o *Windows* ou o *DOS* ou, ainda, o *Linux* pode ser utilizado com finalidades educativas. Entretanto, o *software* educativo propriamente dito é aquele desenvolvido com à finalidades educativas explícitas demandando, para subsidiar sua produção, procedimentos específicos, relacionados a um conhecimento aprofundado dos processos cognitivos humanos, seja ele de natureza lúdica (um jogo educativo) ou de conteúdo escolar (um *software* para o ensino de química, por exemplo), seja ele estático (em *CD-ROM*) ou distribuído (para a *Internet*).

Tchounikine (2004, 2011), para integrar os artefatos assim como a utilização dos mesmos, considera as noções de EIAH ou CBPS, no lugar de *software* educativos, contemplando, entre outros casos, a utilização de *software* de uso comum em situação de ensino. Tchounikine et al. (2004, p.2) destaca que:

Alguns trabalhos de pesquisa em EIAH dizem respeito ao uso pedagógico de sistema informática que não foram inicialmente concebidos com algum objetivo de aprendizagem, por exemplo a utilização de uma planilha eletrônica como ferramenta de simulação [...] Fala-se então de EIAH quando é o sistema mais amplo (o artefato informático, a situação pedagógica criada, os diversos atores e seus papéis) que é considerado [...] <sup>30</sup> (tradução nossa).

No sentido de definir os *softwares* educativos pelos papéis que eles podem desenvolver e pelos métodos empregados, encontraremos em Valente (1999) uma proposta de tipologia de *software* educativos correspondendo a diversos suportes computacionais ao ensino-aprendizagem. Ele distingue, por exemplo:

- Tutoriais multimídias: são *software* que contêm informações específicas voltadas para o conteúdo proposto.
- *Software* de Programação: são desenvolvidos com o objetivo de ensinar o aluno a programar, e através disso algorítmica e raciocínio lógico.
- Simuladores: têm o objetivo de simular uma situação real no computador, a exemplo dos simuladores de direção, ou de voo.

---

<sup>30</sup> : Certains travaux de recherche en EIAH portent sur l'usage pédagogique de systèmes informatiques qui ne sont pas initialement conçus avec un objectif d'apprentissage, par exemple l'utilisation d'un tableur comme un outil de simulation ... Il y a alors EIAH si c'est le système « élargi » (l'artefact informatique, la situation pédagogique créée, les différents acteurs et leurs rôles) qui est considéré.

- Jogos: “Em geral, os jogos tentam desafiar e motivar o aprendiz, envolvendo-o em uma competição com a máquina ou com colegas” (VALENTE, 1999, s/p).
- Enciclopédias Eletrônicas: funcionam basicamente sob forma de livros dinâmicos permitindo a busca de conteúdos e uma atualização regular dos assuntos.
- Objetos de Aprendizagem: é qualquer material utilizado com objetivo voltado para aprendizagem, com o aporte da tecnologia, variando de uma simples imagem, ou até recursos mais complexos, como um simulador virtual. Exemplos podem ser visitados em um repositório criado pelo MEC, a partir deste site: <http://rived.mec.gov.br/>.

Nessa tipologia, a nosso ver, a característica de ser jogo é algo que é transversal em relação aos outros tipos descritos por Valente (ibid.) desde que um simulador, um *software* de programação, um tutorial, etc. podem ser concebidos com essa característica.

Mais recentemente, na perspectiva de conceber artefatos informáticos com funcionalidades ligadas a objetivos de favorecer aprendizagens, Tchounikine (2011) propõe também uma lista<sup>31</sup> indicativa de tipo de ambientes educativos para ilustrar características que ele procura definir para sistematizar, numa perspectiva de engenharia, a concepção e utilização de um *software*. Ele define tarefa, atividade, configuração e objetivo pedagógico, configuração de ensino, cenário pedagógico, entre outros. Não pretendemos reproduzir essas definições aqui, propondo ao leitor a consulta do texto de Tchounikine (ibid.). Entretanto, destacaremos o que, segundo o autor, permite uma caracterização de um ambiente educativo informatizado - EIAH (ibid., p.39):

1. Um ou vários objetivos pedagógicos.
2. Uma tarefa, ou algo que o aprendiz deve fazer.
3. Os atores (aprendizes, professores).
4. Um contexto (tempo, lugar, artefatos envolvidos).

---

<sup>31</sup> : - Micromundo, simulação e ambiente de realidade virtual para a imersão do aprendiz num mundo virtual.  
 - Ambiente hipermídia baseado na integração organizada segundo diversas semânticas de diversos recursos: textos, imagens, vídeos, som).  
 - Tutor Inteligente acompanhado (tutorando) o aprendiz na realização de tarefas e resolução de problemas.  
 - Ambiente de aprendizagem colaborativo feito para favorecer a emergência de interações entre aprendizes.  
 - Ferramenta de comunicação específica dando o suporte a interações específicas e envolvendo eventualmente diversos sistemas de representação.  
 - Ambiente virtual de aprendizagem dando acesso a recursos (cursos, exercícios, links) e funções associadas (comunicação, moderação, etc).  
 - Ambiente de aprendizagem móvel para dar suporte a aprendizagem.

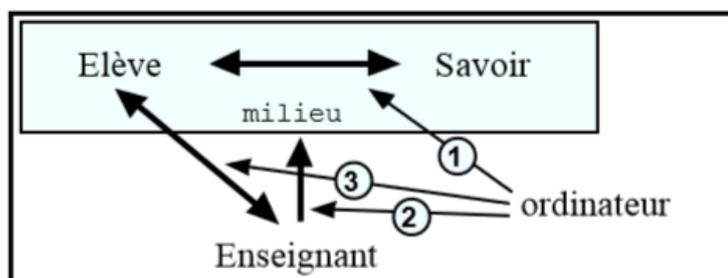
5. Uma tarefa de ensino que garante a consistência desses elementos.<sup>32</sup> (*tradução nossa*).

Esses elementos, de uma certa forma, discriminam diversas possibilidades de suportes computacionais ao ensino-aprendizagem. Entretanto, eles não dizem respeito a questões ligadas a conteúdos específicos. E para situar nossa contribuição relativamente a essa caracterização, propomos revisitar a mesma, tomando um ponto de vista da didática no caso do conteúdo específico da matemática.

#### 2.1.4 Integração dos software no sistema didático, o caso da matemática

Nossa orientação inspira-se naquela já escolhida por Bellemain (1992) quando o autor se interessa nas diversas possibilidades de integração do computador no sistema didático (Figura 3), investigando mais especificamente, para a concepção do Cabri-géomètre, o caso da integração do computador e dos artefatos como elemento do meio.

**Figura 3: Integração do Computador no Sistema Didático**



- ①: O computador como elemento do meio
- ②: O computador participa à organização do meio
- ③: O computador participa à avaliação das aprendizagens ou à institucionalização dos conhecimentos.

Fonte: Bellemain (1992, p.75)

Essa proposta de Bellemain é antiga e apoia-se sobre uma compreensão da didática da matemática, da escola francesa que evolui desde o início dos anos 90 quando foi apresentada. Entretanto, mesmo com leituras, formulações e

<sup>32</sup> 1. One or more pedagogical objectives

2. A task, i.e., something that learners must do.

3. The actors, i.e., a learner and potentially, several learners and one or more teachers.

4. A context that defines the timing, the place, the concerned artifacts (etc.).

5. A teaching task that ensures consistency of these elements.

especificações diferentes nas abordagens teóricas mais recentes como a teoria antropológica do didático (CHEVALLARD, 1998), várias noções como sistema ou triângulo didático, meio, situação didática e a-didática continuam tendo um papel central na teoria. Trata-se então de promover a atividade do aprendiz na interação com um meio organizado para favorecer as aprendizagens visadas.

O aluno aprende adaptando-se a um meio que é fator de contradição, de dificuldades, de desequilíbrios, um pouco como a sociedade humana. O saber, fruto da adaptação do aluno, manifesta-se por respostas novas que são a prova de aprendizagens.<sup>33</sup> (BROUSSEAU, 1986, p.48-49 - *tradução nossa*)

É a importância das interações com o meio na construção dos conhecimentos pelo aprendiz que conduziu à concepção de Cabri-géomètre como elemento do meio.

É pelo meio que mediatiza-se a relação ao saber e, [...] é o meio que o professor configura, condiciona na sua encenação do saber. Por isso existe esse interesse em analisar a ação de tal ou tal ambiente sobre o meio.<sup>34</sup> (ARTIGUE, 1991, p.11 - *tradução nossa*)

Essa configuração, esse condicionamento do meio pelo professor é feito no sentido de criar situações (a-didáticas) onde o motor da atividade do aprendiz não é mais a intenção didática, mas os questionamentos (provocados) do próprio aprendiz, e onde, pelo menos por parte, a validação dessa atividade é acessível ao aprendiz.

A noção de situação a-didática, importante no quadro teórico da didática da matemática e da configuração clássica do ensino esquematizada pelo triângulo didático, toma uma importância particular se consideramos outras modalidades de ensino-aprendizagem como o ensino a distância, os MOOCs<sup>35</sup>, a aprendizagem colaborativa ou a aprendizagem com dispositivos móveis, onde o comprometimento e a autonomia dos aprendizes são necessários para que ocorram aprendizagens.

A proximidade entre a estruturação da matemática, e das ciências "duras", e a computação, assim como a importância e a diversidade dos sistemas de representação utilizados em matemática, fazem com que se possa conceber

---

<sup>33</sup> : L'élève apprend en s'adaptant à un milieu qui est facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres, un peu comme le fait la société humaine. Ce savoir, fruit de l'adaptation de l'élève, se manifeste par des réponses nouvelles qui sont la preuve d'apprentissage.

<sup>34</sup> : C'est par le milieu que se médiatise le rapport au savoir et, ..., c'est le milieu qu'apprête, que conditionne l'enseignant dans sa mise en scène du savoir. D'où l'intérêt d'analyser l'action de tel ou tel environnement informatique sur le milieu.

<sup>35</sup> : Massive Open Online Course

facilmente artefatos computacionais que intervêm como elemento de um meio didático que favorece aprendizagens matemáticas. Em outros termos, é razoavelmente fácil conceber artefatos que permitam ter uma atividade matemática no âmbito computacional. Nesse contexto, segundo o site Educação Matemática e Novas Tecnologias<sup>36</sup>, os *software* matemáticos podem ser diferenciados em quatro tipos:

- *Software* de Álgebra
- *Software* de Funções
- *Software* de Geometria
- *Software* Recreativos

Destacando a importância que os *software* educacionais proporcionam no processo educativo; pesquisas que envolvem tecnologia e matemática apresentam conclusões positivas para a integração dos mesmos. Sendo assim, Gitirana (2009, p. 239) destaca a potencialidade que os *software* educacionais têm revelado, sendo utilizados como objetos virtuais manipuláveis por professores e alunos, possibilitando a estes, “pensarem sobre os elementos da matemática”, ocasionando um diferencial para o ensino.

Retomando a discussão do parágrafo anterior sobre as características de *softwares* educativos, podemos classificar micromundo, simulação, ambiente de realidade virtual, ambiente de programação como tipo de *software* que intervêm com elemento do meio. Procurando aproximar mais ainda a problemática didática de condicionamento e gerenciamento do meio integrando artefatos computacionais e a problemática de concepção dos EIAHs tal que abordada por Tchounikine (ibid.), propomos olhar o quadro teórico-metodológico da orquestração instrumental (TROUCHE, 2005). Com efeito, a noção de orquestração instrumental aparece como uma necessidade para o professor em ambientes tecnológicos complexos propondo uma multiplicidade de ferramentas. No esquema abaixo (Figura 4), encontramos diversas interseções possíveis entre elementos descritivos da orquestração instrumental e a caracterização de um ambiente informatizado - EIAH. Desta forma, é importante destacar que:

[...] pode ter variações importantes sobre as orquestrações feitas pelo professor, ou que ele pode fazer, em função do ambiente tecnológico. Com efeito, as escolhas de orquestração (ou uma ou várias configurações didáticas iniciais, um ou vários modos de exploração,

---

<sup>36</sup> <http://www2.mat.ufrgs.br/edumatec/index.php>

orquestrações *in situ*) podem estar embarcadas no ambiente tecnológico. Trata-se para o professor de compor com essas escolhas. A noção de orquestração continua pertinente desde que ela pode, do nosso ponto de vista, caracterizar o trabalho do engenheiro desenvolvedor assim como aquele do professor quando eles concebem um EIAH. O processo de orquestração fica distribuído assim entre o engenheiro e o professor.<sup>37</sup> (BELLEMAIN, 2013 - tradução nossa)

Na mesma ideia, Santos (2009) quando emprega a modelagem de cooperação, interessa-se à organização do processo educativo em torno de tarefas para serem executadas pelos diversos atores: aluno, professor e computador. Nesse sentido, ele não considera como necessário que todas as tarefas sejam realizadas no âmbito computacional. Falando dos *software* desenvolvidos no Ábaco<sup>38</sup>: “Nos *software* educativos mencionados, muitas tarefas não eram “informatizadas”, mas induzidas a serem realizadas fora do computador.” (ibid., p.25).

Nesse sentido, consideramos que existe uma ligação entre a Engenharia de Software Educativos e a engenharia do professor ou dos profissionais da educação para integrar no ensino os *software* educativos realizados. É a preocupação de Benitti et al (2005) quando ele integra no seu processo de engenharia a fase de viabilização.

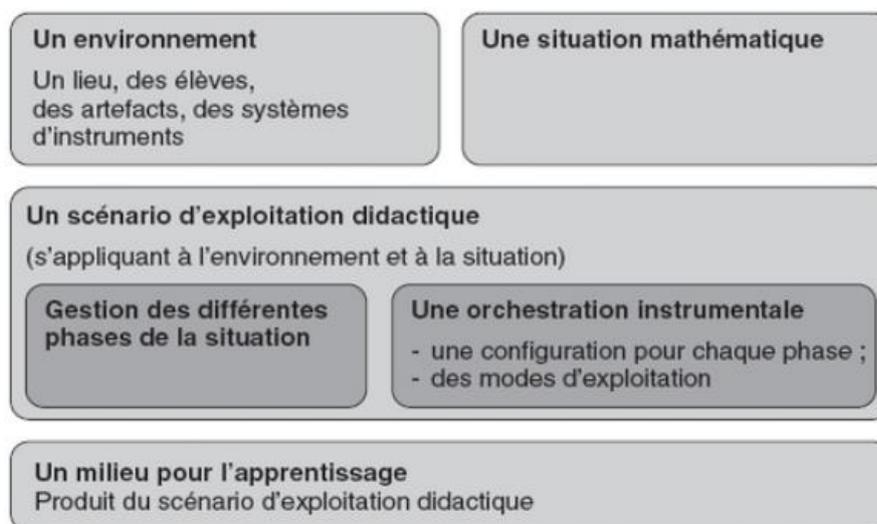
---

<sup>37</sup> : Il est important de souligner qu'il peut y avoir des variations importantes sur les orchestrations faites par l'enseignant, ou qu'il peut faire, en fonction de l'environnement technologique. En effet, des choix d'orchestration (une ou des configuration didactique initiale, un ou des modes d'exploitation, des orchestrations in situ) peuvent être embarquées dans l'environnement technologique. Il s'agit pour l'enseignant de composer avec ces choix.

La notion d'orchestration reste pertinente dans le sens où elle peut aussi bien, de notre point de vue, caractériser le travail de l'ingénieur que celui de l'enseignant lorsqu'ils conçoivent un EIAH (au sens de Environnement Informatisé d'Apprentissage Humain). L'orchestration est ainsi distribuée entre l'ingénieur et l'enseignant.

<sup>38</sup> : Laboratório Ábaco da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília.

**Figura 4: Esquema de orquestração instrumental**



Fonte: Trouche (2007, p.31)

No nosso caso preciso do desenvolvimento de uma versão digital do Bingo dos Racionais. Considerando o esquema de orquestração instrumental acima (Figura 4), temos uma situação matemática. Nesse caso, nossa investigação de suportes computacionais ao ensino-aprendizagem focaliza-se:

- Na análise dessa situação na perspectiva da engenharia que vai transpor essa situação no contexto computacional,
- Assim como na análise dos elementos que permite a configuração do meio onde essa situação é inserida,
- E, finalmente, no que vai dar suporte à orquestração necessária a integração e gerenciamento dessa situação em um processo de ensino-aprendizagem.

Para investigar uma situação como a do Bingo dos Racionais, no quadro da didática da matemática, nossa escolha teórico-metodológica orienta-se naturalmente para a Engenharia Didática (ARTIGUE, 1992). Ao mesmo tempo, dado que o Bingo dos Racionais é um jogo e que a noção de jogo fornece um viés de condicionar o meio, abordamos a noção de jogo no ensino-aprendizagem da matemática.

### 2.1.5 Jogos na Educação Matemática

Atribui-se à noção de jogo na educação uma função motivadora, resultado dos elementos lúdico, estético ou desafiador que o caracterizam. Para Santos (2008, p.25), o jogo educativo tem sempre duas funções: a lúdica, na qual a criança encontra prazer em jogar, e a educativa, ajudando a desenvolver o conhecimento. Os aspectos lúdico e estético sofrem um desgaste com a repetição das partidas e a instalação de uma cultura de jogo que aumentam as suas exigências. No que trata do aspecto desafiador, ele é dentre os elementos motivadores, o principal motor da atividade do jogador. Nesse sentido, Barros (2012, p. 26) destaca que:

[...] podemos evidenciar o jogo educativo como um dos recursos que proporcionam o desenvolvimento cognitivo no educando. E oferece ao professor ricos elementos que facilitam a sua ação. O primeiro destacado em todo o texto é o fator motivacional, os alunos sentem-se desafiados a buscar por estratégias, tomando decisões, criando hipóteses, aprendendo a partir de seus erros e acertos. Os jogos, em especial os de regra, contribuem também com a socialização do indivíduo, e quando trabalhadas da maneira correta leva o aluno a um sadio espírito competitivo e de equipe.

A partir da fala de Barros, destacamos alguns dos elementos que caracterizam o aspecto desafiador do jogo:

- O aluno entende as regras e o objetivo do jogo e é capaz de jogar (buscar estratégias, tomar decisões),
- O aluno recebe retroações que lhe permitem uma validação (erros e acertos), em geral pragmática, das suas estratégias que favorecem a evolução das mesmas,
- Ganhar de outros é um elemento do desafio que pode favorecer as interações sociais.

No contexto educativo e, mais especificamente, da educação matemática, reencontramos nessa descrição, elementos característicos do meio didático e a noção de jogo permite a criação dentro do meio de situações a-didáticas<sup>39</sup> onde o desafio, motor da aprendizagem, não pertence ao professor, mas à situação. Foi com o objetivo de permitir a criação de situação a-didáticas (desafiadores, problemáticas), na qual o aluno aceita o problema como sendo dele e não mais do professor, que

---

<sup>39</sup> : Uma situação a-didática é uma situação que pode ser vivida pelo aluno enquanto pesquisador de um problema matemática, independente nesse sentido do sistema do professor ou do ensino. (Margolinas, 1989, p.46 - *tradução nossa*)

Brousseau (1986) introduziu a noção de jogo. Retomando aos princípios de Brousseau, Bellemain (1992) propôs as seguintes características para jogos educativos em matemática:

- O aluno é capaz de jogar o jogo, ou seja, seus conhecimentos permitem que ele efetivamente consiga jogar, elaborar e utilizar estratégias,...
- Ele deve entender o sentido do jogo, saber quando ganhou ou perdeu, e ter acesso às razões da derrota ou da vitória.
- Os conhecimentos visados pela aprendizagem devem emergir das estratégias que permitam ao aluno de ganhar o jogo.<sup>40</sup> (Bellemain, 1992, p.79 - *tradução nossa*)

É nesse sentido que entendemos a noção de jogo na educação matemática.

Se podemos ver, pela descrição acima, a noção de jogo como uma forma de organizar o meio didático pela elaboração de situações a-didáticas "*ad hoc*" que favorecem a construção pelos jogadores (alunos) dos conhecimentos que justificam as estratégias vencedoras, é importante destacar o caráter contextualizado desses conhecimentos. A descontextualização, e a recontextualização em novas situações, dos conhecimentos que emergem de atividades em um jogo devem ser consideradas.

Um elemento importante que Barros (ibid.) destaca e que Bellemain (ibid.) não aborda diz respeito à dimensão social que existem com jogos.

### **A importância da socialização através dos jogos**

Não podemos deixar de pensar numa característica importante que envolve o jogo do Bingo: a *socialização*. Não nos reportamos especificamente no Bingo dos Racionais, mas em qualquer outra situação que envolva jogos, ou seja, a socialização entre os participantes.

Papalia, Olds e Feldman (2010 *apud* Oliveira et al. 2012, s/p) ressaltam que o processo de socialização:

---

<sup>40</sup> : - L'élève est capable de jouer au jeu, c'est-à-dire que ses connaissances lui permettent effectivement de jouer, d'élaborer et mettre en œuvre des stratégies....

- Il doit comprendre le sens du jeu. Il doit savoir lorsqu'il a gagné ou perdu, et avoir accès aux raisons d'un gain ou d'une perte.

- Les connaissances visées par l'apprentissage doivent émerger des stratégies qui permettent à l'élève de gagner au jeu.

[...] é compreendido como fundamental para o desenvolvimento humano. Brincando a criança experimenta, descobre, inventa, aprende e também confere habilidades. Além disso, é estimulada pela curiosidade, autoconfiança e autonomia. Desta forma, descobre a linguagem, o pensamento, a concentração e a atenção.

Especificamente sobre os jogos, Kutova e Oliveira (2006, pg. 233) apontam a importância dos jogos para os processos fundamentais de socialização do indivíduo, “[...] a criação experimental lúdica no meio digital representada pelos jogos pode ser capaz de promover uma nova maneira de produzir e difundir conhecimento”.

Ao imaginarmos um modelo computacional para o Bingo, em que o usuário possa jogar sozinho, (modo *off-line*), iria haver a perda dessas interações com outros participantes, como também as trocas de conhecimento, as discussões e o prazer da colaboração de estar jogando junto.

Porém, num contexto de interação, podemos pensar que o computador desempenhará a função social e de interação com o usuário. O sujeito poderá jogar sozinho, mas o Bingo digital criará condições e formas de jogo para que ele tenha a interação social promovida pelo computador.

Macedo (2014, pg. 136) fala a respeito das possibilidades de interações no jogo:

Qualquer jogo só se realiza em um contexto interativo entre duas ou mais pessoas, ou de uma pessoa ou mais pessoas, em relação a um programa, que, muitas vezes combina duas funções: é o próprio jogador e o oponente com quem se joga. Essas interações têm dupla característica.

Pensando nesse sentido, poderíamos acrescentar ao Bingo digital, ferramentas que façam com que os alunos possam socializar seus interesses, conhecimentos, descobertas. Uma das formas seria no desenvolvimento de um *chat online*, onde poderia haver trocas de mensagens entre duas ou mais pessoas. Outra funcionalidade a ser desenvolvida no modelo computacional, que iria contribuir para as questões de socialização, seria a proposta de desafios e competições *on-line*. Nessa opção, o aluno poderia elaborar cartelas para outro jogador.

Não podemos deixar de pensar numa característica importante que envolve o jogo do Bingo: a *socialização*. Não nos reportamos especificamente no Bingo dos Racionais, mas em qualquer outra situação que envolva jogos que estaria relacionada a socialização entre os participantes. Os jogos na educação têm o objetivo de

favorecer a aprendizagem, desenvolver características como a socialização e interação entre os participantes. E sobre esses processos de socialização, Papalia, Olds e Feldman (2010 *apud* Oliveira et al. 2012, s/p) ressaltam que:

[...] é compreendido como fundamental para o desenvolvimento humano. Brincando a criança experimenta, descobre, inventa, aprende e também confere habilidades. Além disso, é estimulada pela curiosidade, autoconfiança e autonomia. Desta forma, descobre a linguagem, o pensamento, a concentração e a atenção.

Especificamente sobre os jogos, Kutova e Oliveira (2006, p. 233) apontam a importância destes para os processos fundamentais de socialização do indivíduo, “[...] a criação experimental lúdica no meio digital representada pelos jogos pode ser capaz de promover uma nova maneira de produzir e difundir conhecimento”.

Macedo (2014, pg. 136) fala a respeito das possibilidades de interações no jogo:

Qualquer jogo só se realiza em um contexto interativo entre duas ou mais pessoas, ou de uma pessoa ou mais pessoas, em relação a um programa, que, muitas vezes combina duas funções: é o próprio jogador e o oponente com quem se joga. Essas interações têm dupla característica.

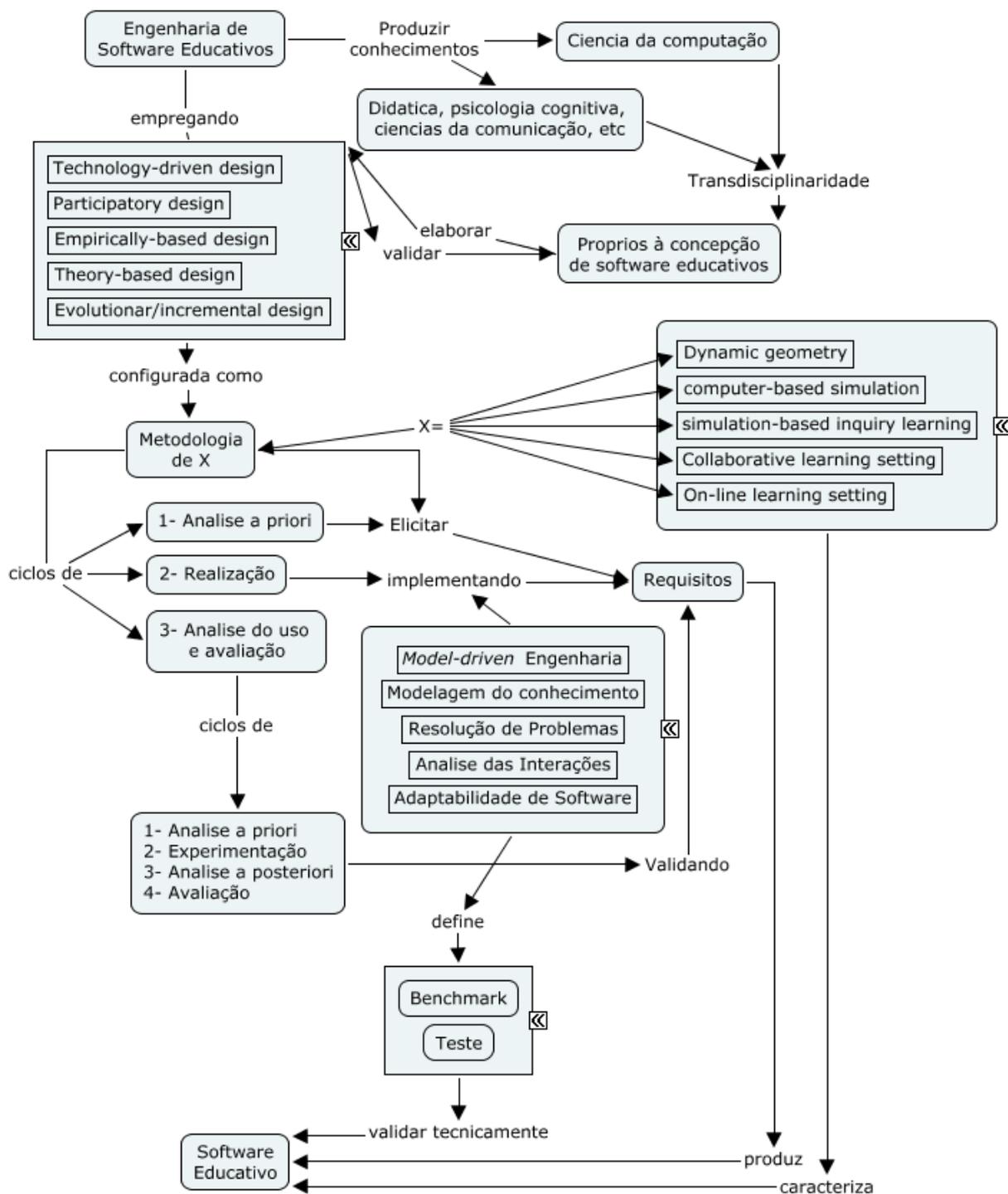
Quando falamos em interação não podemos deixar de citar a proposta vygotskiana e seu conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal – ZDP. Ou seja, a ZDP é a distância existente entre aquilo que o indivíduo já sabe, ou que lhe é familiar, por aquilo que ele tem: o potencial de aprender.

A teoria histórico-cultural tem como pressuposto o reconhecimento de que o homem é um ser de natureza social. Para esta teoria, as características típicas do ser humano são resultados da interação dialética com o outro e com o seu meio sócio-histórico-cultural. Desta forma, compreende-se que as habilidades que o homem precisa aprender serão adquiridas na mediação com o outro mais experiente, transmitidos e modificados de geração a geração.

### **2.1.6 Processo de Engenharia de Software Educativo**

Considerando a discussão acima e inspirando-nos em trabalhos de Tchounikine (2004, 2009, 2011), a ESE pode ser modelizada a partir do esquema seguinte (Figura 5):

Figura 5: Esquema de Engenharia de Software Educativos



Fonte: Elaborada pela autora.

Entendemos a ESE como um campo de conhecimento em desenvolvimento que emerge de uma abordagem transdisciplinar da ciência da computação e simultaneamente de áreas ligadas à educação e propostas metodológicas para abordar a questão da concepção e do desenvolvimento de *software* educativos. As duas problemáticas se encontram, os conhecimentos em construção fundamentam os

princípios metodológicos e a concepção/desenvolvimento de *software* validam esses conhecimentos. Os princípios metodológicos podem ser elaborados a partir de diversos modelos de concepção como os citados no esquema: *Technology-driven design*, *participatory design*, *empirically-based design*, *theory-based design*, *incremental design*. De forma geral, esses modelos caracterizam o papel e as interações dos diversos profissionais envolvidos na concepção-desenvolvimento do *software*. Eles são vetores da abordagem transdisciplinar.

Qualquer que seja o modelo escolhido, por ser um domínio jovem, o processo de concepção-desenvolvimento se baseia num processo em espiral.

O *design* de *software* educativo [...] requer ciclos articulando de forma consistente as análises a *priori* (dimensão pedagógica, dimensão epistemológica, uso esperado, impactos esperados, etc), implementação técnica, análise do uso e avaliação.<sup>41</sup> (TCHOUNIKINE, 2011, p.112)

Com efeito, como nas realizações em didática da matemática, o que caracteriza a elaboração de *software* educativos é:

[...] nossa incapacidade, devido ao baixo desenvolvimento da nossa teoria do sistema didático, e conseqüentemente da fraqueza do controle pela teoria das operações da pesquisa de encontrar nosso objeto de conhecimento de outra forma que nos espécimes, ou pelo menos fora do controle empírico do objeto real, pelo qual estamos interessados na nossa elaboração teórica...<sup>42</sup> (CHEVALLARD, 1982, p.36)

Assim como, revisitar o processo de concepção-desenvolvimento a partir de resultados de observações *in situ*. Nesse sentido, a elaboração de um *software* educativo é baseada em ciclos de análise a *priori*-realização-análise do uso e validação. De forma geral, a análise a *priori* define os requisitos, a realização os implementa e a análise do uso os valida. A implementação diz respeito à realização técnica que apoia-se sobre a Engenharia de *Software* no sentido mais clássico. No que diz respeito à análise do uso e a validação, como Benitti et al (2005) colocam, temos duas vertentes: a validação técnica que faz parte da Engenharia de *Software* e a validação dos requisitos que segue os procedimentos de análise a *priori*,

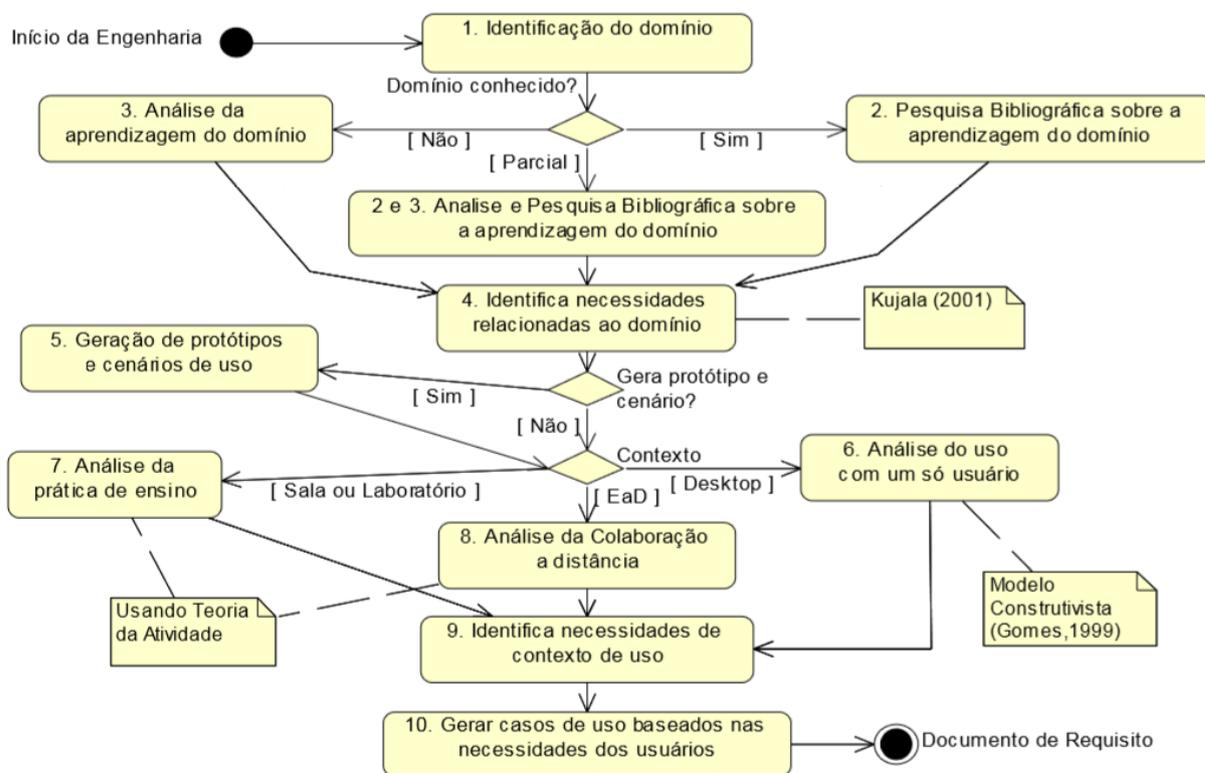
---

<sup>41</sup>: Design of educational *software* ... requires cycles consistently articulating a *priori* analyses (pedagogical dimensions, epistemological dimensions, expected usage, expected impact, etc.), technical implementation, usage analysis and evaluation.

<sup>42</sup> : ... l'incapacité où nous nous trouvons, étant donné le faible développement de notre théorie du système didactique, et par conséquent la faiblesse du contrôle par la théorie des opérations de la recherche, de rencontrer notre objet de connaissance autrement que sous les espèces, ou du moins hors du contrôle "empirique", de l'objet réel dont l'élaboration théorique nous occupe...



**Figura 7: Fluxo de processos de criação de um software educativo**



Fonte: Gomes e Wanderley (2003, p.122)

Essa proposta foi retomada por Santos e al (2010) e descrita como formada das etapas seguintes (ibid., p.152):

1. Início do processo de engenharia;
2. Identificação do domínio;
3. Pesquisa bibliográfica sobre a aprendizagem do domínio;
4. Identificação de necessidades relacionadas ao domínio;
5. Geração de protótipos e cenários de uso;
6. Análise da prática de ensino;
7. Identificação de necessidades do contexto de uso;
8. Geração de casos de uso baseados nas necessidades dos usuários;
9. Elaboração do documento de requisito.

No caso de uma situação matemática num contexto de jogo como o Bingo dos Racionais, de uma certa forma, já estamos com uma proposta de resposta à etapa 4 de identificação de necessidades relacionadas ao domínio. Entretanto, mesmo se uma tal proposta é resultado de análise e pesquisa bibliográfica sobre a aprendizagem do domínio, esse trabalho inicial precisa ser retomado numa perspectiva *transdisciplinar*, considerando a dimensão informática (informacional, computacional e ergonômica). De fato, o objetivo dessas quatro primeiras etapas não é somente de identificar as

necessidades do domínio, mas também de identificar contribuições possíveis do computador para a aprendizagem do domínio. Na fase de análise e pesquisa bibliográfica incorporando a dimensão informática, intervém o processo de transposição informática, ou melhor, de transposição didática informática, já citada no texto.

### 2.3 Transposição Didática Informática

“O trabalho que, de um objeto de saber a ensinar faz um objeto de ensino, é chamado de *transposição didática*.” (CHEVALLARD, 1991, p.39 apud Pais, 2012). De fato, segundo Silva e Rauen (2010, p.13):

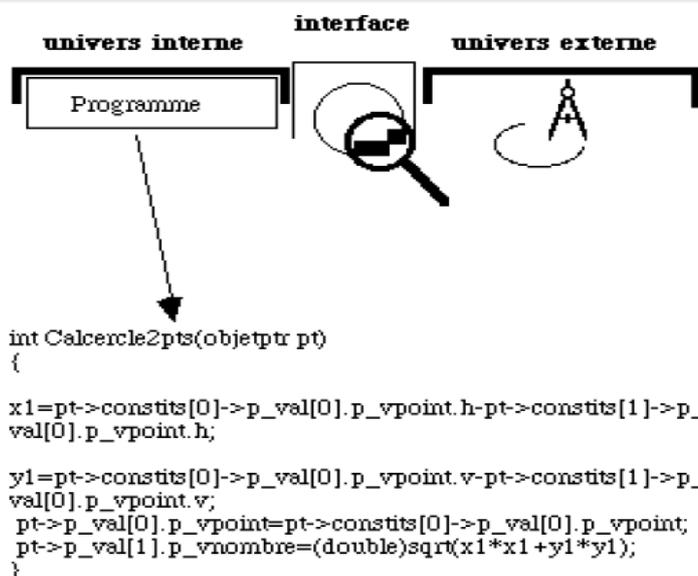
[...] três saberes são considerados: o *saber de referência* ou o *saber sábio*, aquele que é concebido pelos cientistas; o *saber a ensinar*, aquele que é o produto da transformação dos textos científicos para os livros didáticos; e o *saber ensinado*, aquele que é o produto das transformações que emergem da atuação dos professores em situações concretas de ensino-aprendizagem.

No caso da concepção e desenvolvimento de *software* educativos, “é preciso compreender como o “*saber sábio*” (aquele produzido pelos cientistas) é passado para os *software* educacionais a ser ensinados nas escolas e por que transformações esses conhecimentos passam.” (DALL’ASTA e BRANDÃO, 2004, p. s.n). Nesse sentido, Balacheff (1994a) considera a transposição informática que acrescenta, uma dimensão específica à transposição didática. Por isso, chamamos esse processo de transposição didática informática (TDI):

A transposição didática analisa os fenômenos de transformação do saber de referência em saber a ensinar. A introdução da dimensão informática no estudo destes processos não pode preocupar-se apenas com a encenação do saber a ensinar, uma vez que a introdução do computador participa dessa transformação do saber de referência. (BELLEMAIN, 2000, s/p).

Para melhor entender esse processo de transposição, Balacheff (1994a) descreve o uso do computador considerando três meios:

Figura 8: Três Meios



Fonte: Balacheff (1994a)

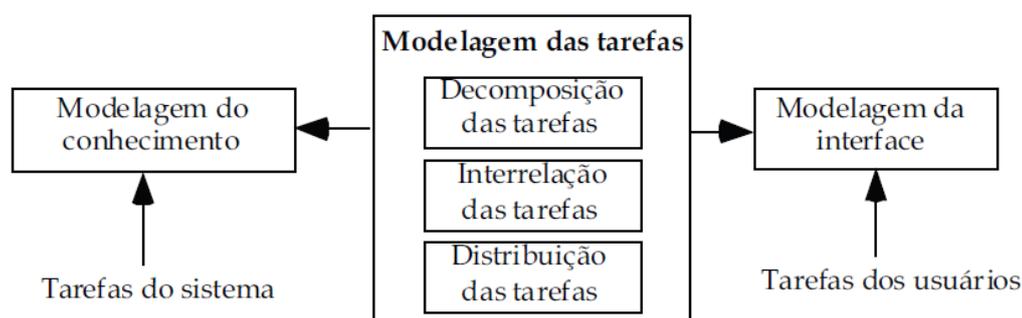
- Universo interno: compõe a parte da programação de um computador, onde são definidas as operações a serem realizadas pela máquina.
- Interface: responsável pela comunicação entre o computador e o usuário.
- Universo Externo – o meio usuário está situado, podendo ter acesso a outras formas: pesquisar o conteúdo apresentado.

Considerando esses três elementos, Balacheff (ibid.) identifica a transposição informática como o processo de transformação que ocorre entre o *universo externo* e o *universo interno*. A *interface* é tida como o meio da visualização e retroações que permitem ver comportamentos reveladores das propriedades do universo interno. (ALMOULOU, 2007). A caracterização do universo externo considerado, a concepção do universo interno e da interface são importantes no processo de TDI e são resultados, no esquema acima (Figura 6), da identificação do domínio (saber de referência) e da análise da aprendizagem do mesmo (saber a ensinar). A TDI tem um papel determinante para:

[...] a mediação entre o saber ensinado (que se apresenta numa *interface* computacional) e o saber aprendido (aquele que o aluno efetivamente obtém) decorre da interação do estudante enquanto usuário do dispositivo informatizado com o próprio dispositivo (interação homem computador). Essas mudanças afetam a forma como o conhecimento científico deve ser adaptado para fins de ensino-aprendizagem, sempre levando em conta as exigências determinadas pelas possibilidades disponibilizadas por *hardware* e *software*. (SILVA, 2010, p.5).

As reflexões relativas à concepção do universo interno e da *interface* da TDI são também reflexões incluídas na modelagem de cooperação tal que proposta por Santos (2009). Inspirado em Breuer e Greef (1993), ele apresenta o esquema seguinte (Figura 9) onde encontramos a modelagem do conhecimento e a modelagem da interface correspondendo respectivamente ao universo interno e à interface na abordagem da TDI:

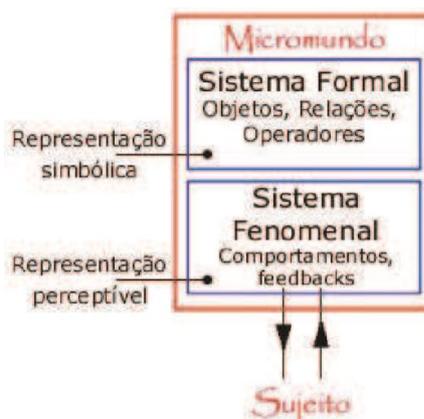
**Figura 9: Modelagem da Cooperação**



Fonte: Santos (2009).

## 2.4 Modelagem da interface

A *interface* que é responsável “pela comunicação entre o computador e o usuário” tem um papel primordial na concepção de *software* em geral, e mais ainda na concepção de *software* educativos. A elaboração da *interface* pode ser abordada do ponto de vista da linguagem visual elaborada (SANTOS ET AL, 2010). Ela pode ser abordada do ponto de vista da usabilidade do *software* o que é umas das preocupações de Gomes e Wanderley (2003) a respeito da *interface* quando eles fazem referência a Kujala (2001) no fluxo de processos de criação de *software* educativos. Ela também pode ser abordada, particularmente quando se trata de objetos matemáticos, como característica dos sistemas de representação digitalizados. Implementando os princípios da manipulação direta, falamos de sistemas de representação dinâmicos. É o caso da *interface* tal que introduzida por Balacheff na TDI. Nessa abordagem da *interface*, a comunicação entre o universo interno e o universo externo pode ser abordada do ponto de vista da interação entre um sistema formal e um sistema fenomenal como é o caso num micromundo (Figura 10).

**Figura 10: Micromundo**

Fonte: Bellemain, 2002, p.59 apud Balacheff, 1999.

- (i) um sistema formal no sentido matemático, seja um conjunto de objetos primitivos, um conjunto de operações elementares e um conjunto de regras exprimindo como as operações podem ser executadas e associadas;
- (ii) um sistema fenomenal que determina os comportamentos na interface em relação com os objetos do sistema formal e as operações sobre esses objetos. Esse sistema modeliza o tipo de "feedback" resultantes das ações e decisões do usuário. (Bellemain, 2002, p.59 apud Balacheff, 1999)

#### 2.4.1 Identificação das necessidades do contexto de uso

A segunda grande etapa de processos de criação de *software* educativo de Gomes e Wanderley (2003) é aquela que disse respeito à "identificação das necessidades do contexto de uso" (Figura 7). Ela é elaborada a partir de análises (etapa análise da prática de ensino) feita em diversos contextos: ensino presencial, ensino a distância e aprendizagem individual, e a partir do uso de artefatos e operacionalização de cenários de uso (etapa "geração de protótipos e cenários de uso"). No nosso entendimento, nesse processo, a geração de protótipos e cenário de uso precede as análises de prática de ensino na perspectiva de experimentar e validar escolhas nessa geração de protótipos e cenários. Entretanto, a identificação de necessidades relacionadas ao domínio que precede essa geração não é suficiente para fundamentar essa geração. De fato, a problemática levantada aqui é aquela mais geral da integração das tecnologias computacionais no processo de ensino-aprendizagem. Nessa primeira parte de fundamentação do nosso trabalho,

apresentamos diversos elementos de sistematização tão para as análises citadas por Gomes e Wanderley (ibid.) que para a elaboração de cenários de uso que enriquecem e aprofundam a proposta de Gomes e Wanderley.

No caso mais específico da concepção e elaboração de uma versão computacional de uma situação matemática num contexto de jogo como é o caso do Bingo dos Racionais, propomos um processo de criação de *software* educativos baseado numa reformulação incorporando a dimensão informática da Engenharia Didática (Artigue, 1991), uma Engenharia Didática Informática. A ED fornece os princípios teórico-metodológicos que sustentam as análises necessárias à identificação das necessidades do domínio como para a identificação das variáveis didáticas permitindo a elaboração de sequencias didáticas (cenários).

## **2.5 Engenharia Didática**

### **2.5.1 Elementos teórico-metodológicos da análise a *priori***

Para o nosso estudo de construção e elaboração das variáveis didáticas, assim como a análise a *priori*, utilizaremos a conceituação de Engenharia Didática de Artigue (1991), que descreve as características desta metodologia, consideradas importantes para esta análise, ao relacionarem a Engenharia Didática, com as situações de ensino e aprendizagem, conceitos estes, que estão ligados à transposição didática da matemática, proposta por Chevallard (1985). Também utilizamos como material para a construção deste estudo, o trabalho já realizado pelos idealizadores do jogo Bingo dos Racionais.

Desta forma, esperamos que, a partir do destaque das variáveis didáticas, possamos identificar estratégias que enriqueçam um modelo computacional do jogo, oportunizando condições de criação de novas funcionalidades para um bingo *online*.

O motivo pelo qual escolhemos a Engenharia Didática, deve-se à necessidade de transformação, além de estarmos apoiando em um trabalho já iniciado de análise do bingo.

Uma característica da Engenharia Didática se dá a partir de uma validação, que está relacionada à metodologia a ser aplicada na pesquisa, para que sejam

alcançados resultados confiáveis pelo pesquisador. No caso da Engenharia de *Software* a validação se constrói também em meio a uma verificação, e está mais ligada às expectativas do cliente. “Envolve processos de verificação, como inspeções e revisões do sistema, desde a definição dos requisitos de usuário até o desenvolvimento do programa.” (SOMMERVILLE, 2007, p.52).

Pode ser caracterizada, segundo Artigue (2000, p 196), como um esquema experimental baseado em relações didáticas na sala de aula (concepção, realização, observação e análise de sequências de ensino), formado por quatro fases: análise preliminar; concepção e análise *a priori*; análise *a posteriori* e validação.

Para o nosso trabalho, nos baseamos em uma análise preliminar que foi realizada no Bingo do papel, um estudo da análise *a priori*, para identificarmos as variáveis didáticas compostas no Bingo dos Racionais, e uma análise *a posteriori*, realizada em um experimento com os elaboradores do Bingo dos Racionais.

As funções da análise *a priori* são formadas pela sequência didática, podendo ser atividades propostas aos alunos, descrição e justificativa das escolhas ligadas à organização geral das situações propostas e possíveis estratégias para resolução das atividades propostas.

As variáveis didáticas são elementos que em função dos valores que tomam, influenciam no emprego das estratégias. Na definição sobre as variáveis didáticas, Barros (2012, p 47) descreve em seu trabalho dissertativo:

Consideramos como variáveis didáticas, pontos e ações em um ambiente didático cuja variação de seus valores modificam as condições de estratégias a serem trabalhadas para a resolução de problemas pelos alunos.

Segundo Artigue (2000, p. 202), as variáveis didáticas podem ser distinguidas em dois modos:

- Variáveis *macro-didáticas* ou globais, relativas à organização global da Engenharia;
- Variáveis *micro-didáticas* ou locais, referentes à organização de uma sessão ou de uma fase, podendo ser as variáveis do problema, ou de situação.

Para o nosso estudo, utilizamos as variáveis *micro-didáticas*, pois investigamos uma situação já determinada, o caso do jogo do Bingo dos Racionais.

## 2.6 Engenharia de Software

A Engenharia de *Software* tem o objetivo de estabelecer padrões que buscam a qualidade, organização e otimização de um sistema, tanto na etapa do desenvolvimento, quanto na manutenção do *software*. Nesta área da computação estão inseridos modelos abstratos que permitem que o programador, ou sua equipe, especifique, projete e desenvolva o sistema.

Sommerville (2007, p.5) descreve a Engenharia de *Software*, como aspectos de produção que vão desde os estágios iniciais de especificação do sistema, até a sua manutenção.

[...] não são apenas os processos técnicos de desenvolvimento de *software*, mas também atividades como o gerenciamento de projeto de *software* e o desenvolvimento de ferramentas, métodos e teorias que apoiem a produção de *software*.

Pressman (2011, p.39) elaborou um gráfico (Figura 11), onde são abordados os princípios da Engenharia de *Software*, apresentado em camadas, destacando que todos os processos da engenharia, devem estar diretamente ligados à qualidade.

**Figura 11: Tecnologia em Camadas**



Fonte: Pressman (2011)

O autor define a camada *Processo*, como sendo a metodologia que “constitui a base para o controle do gerenciamento de projeto de um *software*”; nessa etapa é produzida a documentação relacionada ao *software* tal como dados, formulários, etc.

Os *Métodos* da engenharia, constituem a etapa técnica do desenvolvimento. É onde está envolvida a parte da análise de requisitos, modelagem, testes e suporte. As *Ferramentas* são responsáveis por “fornecer suporte automatizado ou semi automatizado para o processo e os métodos.

Alguns atributos são determinados para o desenvolvimento de um bom *software*, neles estão as funcionalidades do produto. Sommerville (2007, p. 9) descreve quatro atributos essenciais:

- Facilidade de Manutenção – para permitir seu desenvolvimento de maneira que possa evoluir, aceitando as mudanças de acordo com as necessidades;
- Confiança – confiabilidade, proteção e segurança;
- Eficiência – tempo de resposta e de processamento;
- Usabilidade – Não necessitar de um esforço excessivo do usuário, para o entendimento das funcionalidades. Deve apresentar uma *interface* adequada ao público para o qual foi desenvolvido.

Além disso, existem mais outros critérios de qualidade que devem ser considerados, Peres (2006) cita-os:

- Exatidão – garantir que os resultados obtidos sejam corretos do ponto de vista computacional através de testes unitários (que testam funções e módulos isolados), de integração (que testam a combinação dos módulos), de sistema (que testam as macro funcionalidades do sistema, geralmente a *interface* com o usuário), e de aceitação (que testam a utilização do sistema por um grupo restrito de usuários);
- Portabilidade – facilidade de executar o mesmo *software* em outros sistemas operacionais e até em dispositivos móveis, a partir de modificações mínimas;
- Extensibilidade – facilidade de adaptar o *software* para novas necessidades;
- Reusabilidade – poder usar partes do *software* para o desenvolvimento de novos sistemas;
- Testabilidade – facilidade de gerar testes nos níveis apresentados anteriormente (testes unitários, de integração, de sistema e de aceitação) para o *software*;
- Integridade – garantir que não haja violações de acesso que permitam a alteração ilícita dos resultados esperados de cada operação;
- Robustez – sobre a capacidade de um *software* responder a situações imprevistas, como por exemplo, um número excessivo de acessos simultâneos;

Deste modo, destacamos contribuições importantes das características da Engenharia de *Software*, que colaboram no processo de construção de um modelo

digital do jogo Bingo dos Racionais. Para melhor compreendermos um processo onde o objetivo também são os processos educacionais, devemos nos apoiar também na Engenharia de *Software* Educativo.

### 3. PERCURSO METODOLÓGICO

Nosso percurso metodológico retoma basicamente a proposta de *Tchounikine* que consiste de forma geral na execução das etapas de análise *a priori*, implementação técnica, análise do uso e avaliação. De fato, cada uma dessas grandes etapas necessita do emprego de princípios metodológicos. Nesse sentido, nossa metodologia tem duas vertentes: a primeira definindo como foi realizada a análise *a priori* e a segundo definindo como foi feita a implementação técnica. Nesse capítulo, limitamo-nos a descrever as duas primeiras etapas, cujos princípios metodológicos foram seguidos na elaboração dos requisitos e implementação de uma versão digital do Bingo dos Racionais.

Como o jogo do Bingo dos Racionais já foi idealizado, analisado e utilizado no quadro do projeto REDE, não somente aproveitamos o material já produzido para iniciar nosso processo de ESE para a versão digital do jogo, mas obtivemos retornos do uso do jogo por professores e alunos. Nesse sentido, se por um lado não incluímos no presente trabalho a parte necessária de análise *a posteriori* e avaliação do bingo digital realizado, por outro lado incluímos uma investigação do uso da versão papel do Bingo dos Racionais e de possíveis expectativas dos idealizadores do jogo e formadores através de um questionário e uma entrevista. Embora valendo-se da análise *a priori* da situação do Bingo dos Racionais realizada por seus idealizadores, não chamamos essa nossa investigação de análise *a posteriori* propriamente dita. Com efeito, ela não é construída sobre dados precisos do uso efetivo do jogo, mas sobre a vivência desse uso pelo idealizadores e formadores.

O conhecimento da análise didática (análise prévia e *a priori*) do Bingo dos Racionais pelos idealizadores e formadores nos oferece também uma oportunidade, no processo de engenharia, de conseguir da parte de pesquisadores em didática e professores de matemática e a partir de uma situação didática já analisada, uma leitura das possíveis contribuições e limites do computador relativamente a essa situação. Nossa ideia é de confrontar essas leituras e contribuições dos didáticos a

nossas leituras de engenheiro da computação das análises didáticas que fundamentam a concepção do Bingo dos Racionais. Vemos nessa confrontação entre esses dois tipos de contribuição, uma forma de favorecer a elaboração, como resultado de uma efetiva reflexão transdisciplinar.

Antes de detalharmos a metodologia, destacamos uma originalidade do nosso trabalho na área de educação matemática. Com efeito, se não questionamos a elaboração e aplicação de uma experimentação e a análise dos seus resultados como uma necessidade para a validação de avanços teóricos em educação matemática (CHEVALLARD, 1982). Se consideramos também que uma tal experimentação no caso da concepção e desenvolvimento de um *software* educativo seria uma situação ou situações de uso efetivo. Consideramos também que, pelo menos no nosso caso, a execução da nossa metodologia de análise *a priori* baseada na Engenharia Didática para a elaboração dos requisitos da versão digital do Bingo dos Racionais tem uma dimensão experimental e constitui uma forma empírica de validar essa metodologia.

A escolha teórico-metodológica é a de integrar os princípios da Engenharia Didática à ESE. A intenção nessa integração é de contribuir para a elaboração de uma Engenharia Didática Informática como resultado de uma abordagem transdisciplinar da ED. Nossa proposta é de retomar os princípios metodológicos da Engenharia Didática integrando a problemática computacional. A perspectiva é a de que na execução dessa metodologia, o tratamento informático dado a cada questionamento seja abordado.

Como foi evocado acima, diversos princípios metodológicos são empregados dependendo das etapas onde se aplicam. Retomando o esquema da Figura 5, consideramos que os princípios da Engenharia Didática podem permear todas as etapas da ESE. Um trabalho de aproximação teórica e metodológica entre as duas engenharias teria provavelmente contribuições para o desenvolvimento da ESE como campo científico. Entretanto, nesse trabalho, não entraremos nos detalhes dessa aproximação destacaremos essencialmente as contribuições da Engenharia Didática em duas etapas:

- na etapa da análise *a priori*, sobretudo, no caso do Bingo dos Racionais que, na sua versão papel, já é produto de uma Engenharia Didática.

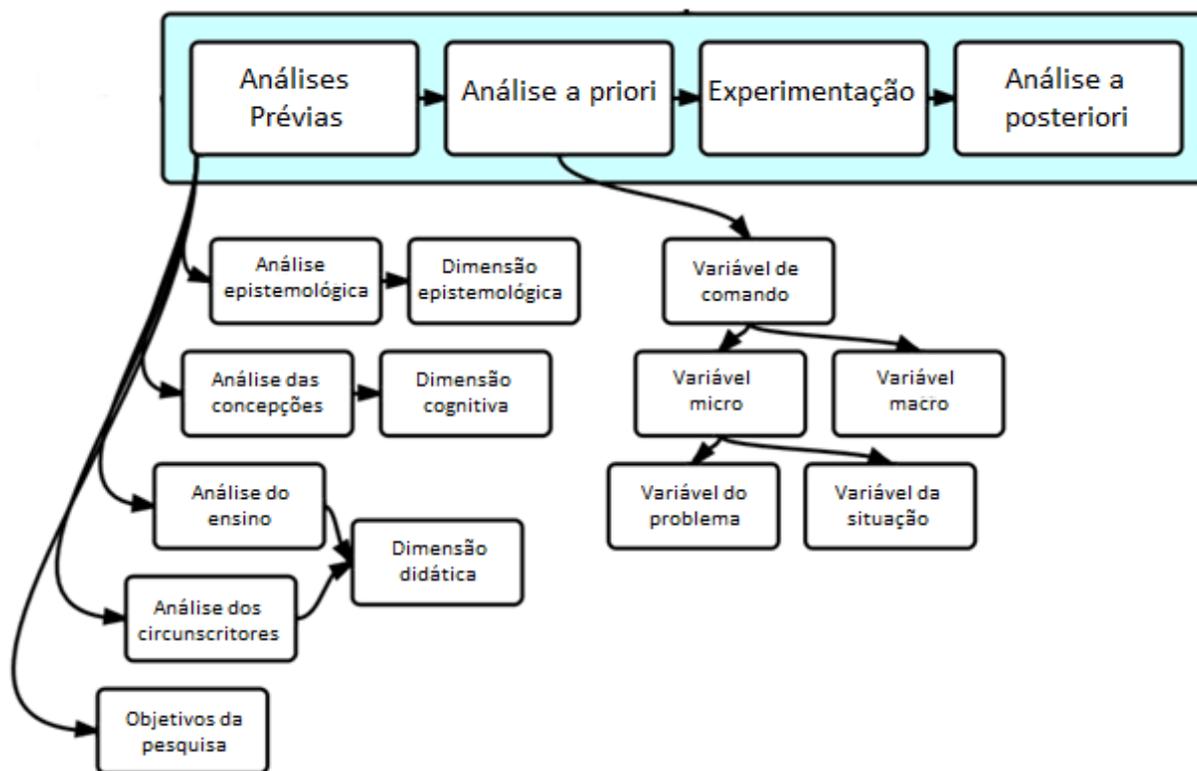
- na etapa da análise de uso e avaliação onde se pode efetuar, no caso do Bingo dos Racionais particularmente, uma análise *a posteriori* da concepção e do uso. A montagem de uma situação experimental para a análise do uso e avaliação, necessita de uma nova análise *a priori* específica à situação experimental, integrando o produto desenvolvido, à análise *a priori* inicial para a concepção não sendo suficiente para antecipar o uso.

São as contribuições da Engenharia Didática à etapa da análise *a priori* que nos interessam nesse trabalho, e não da substituição da análise *a priori* por uma Engenharia Didática mesmo se abordamos somente essas contribuições desde que várias outras questões devem ser abordadas para a concepção de um *software*.

### **3.1 Análise *a priori***

Nesse ponto é importante esclarecer que se trata da análise *a priori* tal como apresentada no esquema (Figura 5) no sentido de Tchounikine. Os objetivos dessa análise são os de eliciar os requisitos, e elaborar as especificações do *software*, preparando a implementação técnica dessas especificações. A análise *a priori* caracteriza também uma etapa importante da Engenharia Didática. Na Figura 12 que esquematiza por parte a Engenharia Didática, vemos que a análise *a priori* de Tchounikine cobre as duas primeiras etapas da Engenharia Didática: análise prévias e análise *a priori strito senso*. Nesse sentido, construímos nossa etapa de análise *a priori* nos fundamentando em Tchounikine para o Bingo dos Racionais em versão computacional, sobre as análises previa e *a priori* da Engenharia Didática.

Figura 12: Esquema do processo metodológico da Engenharia Didática



Fonte: Elaborada pela autora.

## 3.2 Princípios Metodológicos da Engenharia de *Software*

### 3.2.1 MVC – Modelo Visão e Controle

De uma forma geral, os padrões de projeto são utilizados para facilitar o desenvolvimento e a manutenção do *software*, bem como promover a criação de módulos de *software* reaproveitáveis.

O padrão de projetos MVC – *Model-view-controller* (Modelo-Visão-Controlador) é utilizado para separar a lógica da aplicação da *interface* com o usuário. Desta forma o desenvolvimento de aplicativos pode ser modularizado, de modo que cada módulo possa ser desenvolvido e testado individualmente. Isto permite que os componentes do *software* tornem-se menos acoplados e mais coesos, uma vez que eles realizam operações mais simples e bem definidas. Cada componente provê apenas o que foi a ele delegado, seguindo a *interface* pré-definida no início do desenvolvimento.

O *Modelo* é a camada que representa os dados do *software*, e que provê meios de acesso ao mesmo. Desta forma, as operações referentes à escrita, validação e leitura dos dados são realizadas no modelo.

A *Visão* é a camada responsável pelas interações do *software* com o usuário, geralmente em forma de *interface* gráfica. Ela apresenta os dados provenientes do modelo, a partir das interações do Controlador.

O *Controlador* é a camada responsável pela realização das ações iniciadas pela interação do usuário na camada de Visão, ou por alterações no Modelo de dados. É o Controlador que se responsabiliza por refletir e manter a consistência dos dados armazenados no Modelo na camada de Visão.

Cada parte da arquitetura MVC é bem definida e autocontida. Desta forma, a lógica que manipula o dado no modelo é contida somente no modelo, a lógica de visualização do dado está apenas na visão e o código que manipula as requisições do usuário está contido apenas no controlador.

O padrão de projetos MVC pode ser aplicado a diversos tipos de *software*. Levando-se em consideração o desenvolvimento de aplicativos Web, uma aplicação direta da modelagem MVC sugere que a Visão (ou o layout da página) seja desenvolvida em linguagem de marcação HTML5/CSS3, o Controlador em JavaScript, e o que Modelo dos dados seja uma representação em banco de dados provida pela própria especificação do HTML5, ou ainda uma representação de dados acessados de forma remota, a partir de um servidor.

Por outro lado, para que a aplicação suporte mais de um usuário e permita a interação aluno/professor, observa-se a necessidade de projetarmos uma aplicação distribuída, seguindo um modelo Cliente-Servidor. Este modelo cliente-servidor permite uma troca de mensagens entre as aplicações cliente e o servidor, sendo este último o concentrador de informações e o responsável por manipular o modelo de dados de modo a facilitar a implementação das aplicações cliente.

Existem várias maneiras de implementarmos a comunicação cliente-servidor. Dentre as principais temos:

- Comunicação a partir de webservices SOAP (*Simple Object Access Protocol*): protocolo de transferência de dados baseado na linguagem

XML, desenvolvido pela *Microsoft* em 2000, e padronizado pelo W3C (*World Wide Web Consortium*);

- Comunicação a partir de *webservices* REST (*Representation State Transfer*): protocolo que é um subconjunto do WWW, e que fornece uma semântica de acesso uniforme para a manipulação de recursos a partir da troca de representações;
- Comunicação a partir de *WebSockets*: protocolo padronizado a partir da norma IETF RFC 6455 em 2011, que permite a comunicação *full duplex* entre navegadores web e servidores.

Dentre as tecnologias citadas, a mais simples e que provê uma menor sobrecarga na implementação é a tecnologia de comunicação baseada em *WebSockets*, que possibilita uma comunicação em tempo real entre clientes web e servidor.

Depois do levantamento das variáveis, destacaremos as possíveis modificações do jogo para o modelo computacional, resultando na construção de um quadro, onde podemos melhor observar cada uma dessas variáveis, e como poderia ser processada no bingo digital. Essa etapa do trabalho, de especificação do *software* proposto, será apoiada nos princípios da Engenharia Didática.

Realizamos uma análise prévia, constituída das análises epistemológicas, de concepções e de ensino, de modo que pudéssemos explorar a partir dessas características, as possibilidades didáticas do bingo.

Além disso, precisamos pensar sobre a pertinência das variáveis, ou seja, quais são as variáveis que deixariam de ter sentido ao passarmos o bingo para o jogo na web, quais variáveis mudariam, na criação de novas variáveis.

Diante do exposto, foi necessário também refletir sobre a importância da socialização, por se tratar de um jogo que teria como uma de suas principais características, a socialização entre os jogadores. Então exigiria identificar essas possíveis perdas e saber como amenizá-las, caso o jogador tenha a possibilidade de jogar sozinho.

Tornou-se importante fazer um levantamento dos requisitos necessários para o desenvolvimento relacionado à programação do jogo de modo a podermos delimitar nossos interesses, referentes à especificação do Bingo.

Montamos um Diagrama de Requisitos de forma que possamos observar claramente todas as trocas de mensagens e as ações ocorridas no bingo digital. Nossa Metodologia de desenvolvimento será baseada no MVC – (Modelo – Visão – Controle), pois ou seja, se escolhermos uma técnica de desenvolvimento modularizada, certamente facilitará na programação em partes, compondo assim os princípios metodológicos em relação a Engenharia de *Software* deste trabalho.

Por fim, relacionamos as análises realizadas a um experimento. A experimentação foi realizada a partir de um questionário, e compõe a terceira etapa da Engenharia Didática, cujo o objetivo é confrontarmos a análise *a priori*, com a opinião dos colaboradores e envolvidos no processo de criação do jogo.

### **3.3 Princípios Metodológicos da Engenharia Didática**

#### **3.3.1 Análise Prévia**

Esta etapa do trabalho se constitui na realização de levantamentos sobre diversos questionamentos considerados na elaboração da situação didática, sequência e da análise *a priori* dos Bingos dos Racionais. Descreveremos, as três etapas: análise epistemológica, análise das concepções e análise de ensino.

#### ***Análise Epistemológica***

As bases históricas dos números racionais, relatam que a criação desse conceito surgiu a partir da necessidade de definição sobre medição e partilha. Com a crescente expansão da agricultura no Egito, houve a necessidade de dividir as terras em lotes geométricos, onde eram utilizados como instrumento de medição umas cordas. Porém, nem sempre essa medição resultava em um número inteiro, resultando na criação dos números fracionários (CASTRO E OLIVEIRA, 2009).

De acordo com os PCNs, o estudo dos números racionais tem o objetivo de fazer o aluno perceber que operações com números naturais podem ser insuficientes para resolver alguns tipos de problemas matemáticos e destacam a importância de

uma construção de conceitos que possibilite ao aluno experiências com diferentes significados e representações no ensino.

Castro e Oliveira (2009) reúnem em seu artigo, diversos autores que comprovam, através de suas pesquisas, a dificuldade dos alunos no ensino dos números racionais. E ainda relata os problemas relacionados a compreensão dos alunos, que alguns entendem uma fração como sendo apenas dois números naturais, um em cima do outro.

Espera-se que o aluno resolva problemas utilizando conhecimentos relacionados aos números naturais e racionais (na forma fracionária e decimal), às medidas e aos significados das operações, produzindo estratégias pessoais de solução, selecionando procedimentos de cálculo, justificando tanto os processos de solução quanto os procedimentos de cálculo em função da situação proposta. PCNs (BRASIL, 1997, p.24)

Podemos definir um número racional, como um número que pode ser representado por uma razão entre dois números inteiros. O conjunto dos números racionais, que é representado por  $\mathbb{Q}$ , é definido por:

$$\mathbb{Q} = \left\{ \frac{a}{b} \mid a \in \mathbb{Z}; b \in \mathbb{Z}^* \right\}; \text{ e } \mathbb{Z} \text{ os números inteiros.}$$

Ou seja, o conjunto dos números racionais é formado por todos os quocientes de números inteiros a e b, em que b é um número inteiro diferente de zero.

Em relação às diferentes representações dos números racionais, podemos dividi-las em três tipos: Registro Simbólico-Numérico - que são as representações fracionárias, decimais e algébricas. Registro figural – são as grandezas discretas e continuadas e os Registros na Linguagem Natural.

Segundo Damm (2008, s. p.), constatou-se em diversas pesquisas em educação matemática, que o aluno apresenta dificuldades ao passar de uma representação a outra,

Ele consegue fazer tratamentos em diferentes registros de representação de um mesmo objeto, porém é incapaz de fazer conversões necessárias para a apreensão desse objeto. Essa apreensão é significativa a partir do momento em que o aluno consegue realizar tratamentos em diferentes registros de representação e “passar” de um a outro mais naturalmente possível.

O jogo do Bingo dos Racionais possui o objetivo de trabalhar com esses aspectos para que os alunos tenham a oportunidade de compreender um pouco mais sobre as diferentes representações dos números racionais.

### ***Análise das Concepções***

Como estamos tratando apenas do caso do Bingo dos Racionais, e não dos números racionais como um todo, podemos delimitar a análise das concepções em relação aos erros recorrentes deste tema, de modo que, no jogo, o aluno precise entender e reconhecer as diferentes representações dos números racionais, embora se saiba que constantemente poderão surgir situações que o levem ao erro.

Por isso, é necessário construir elementos que permitam a elaboração de cartelas e fichas que sejam pertinentes para a aprendizagem sob um ponto de vista cognitivo, como também o bingo digital proporcionando para o aluno uma avaliação qualitativa de suas ações e respostas, não apenas limitando, apontando o que é certo ou errado.

Na aprendizagem dos números racionais, o aluno poderá produzir alguns tipos de confusões, como por exemplo a de isolar o numerador com o denominador, fazer uma associação equivocada com alguma representação parecida. Assim, o jogo do bingo procura atingir essas dificuldades quando são apresentadas as diferentes representações.

Desta forma, na presente etapa da análise é necessário descobrir que tipo de tratamento deverá ser definido para as respostas fornecidas aos alunos, já que o bingo procura trabalhar com os erros frequentes cometidos por estes, como podemos observar no trecho retirado da análise didática do Bingo dos Racionais:

Nas representações tanto figurativas como numéricas há erros frequentemente cometidos pelos alunos. Por exemplo, alguns alunos acham que 1,3 é uma representação do número “um terço”, ou ainda que  $\frac{2}{3}$  pode representar “três meios”. No primeiro caso, podemos interpretar que o número antes da vírgula representaria o numerador e o número após a vírgula representaria o denominador. No segundo caso, é como se fosse legítimo trocar numerador e denominador e manter o número inalterado. (MELO, et al. 2011, p.4)

A estratégia do jogo para explorar especificamente este tipo de problema é a presença do *distrator*. No caso de um aluno que considera, por exemplo, que 1,3 é

um terço, pode-se construir as cartelas e fichas para que esse erro apareça, e depois provocar um conflito cognitivo favorecendo a "correção do erro".

Tendo em vista a dimensão informática, poderíamos ampliar as opções de *feedback* fornecido aos usuários. Para isso, será necessário também considerarmos os elementos da análise *a priori*, de forma a elaborarmos algo que venha a ser significativo na aprendizagem do usuário do bingo.

### ***Análise do ensino (dimensão didática)***

Nesta etapa de análise, precisamos focar os objetivos em explorar elementos relacionados ao ensino dos números racionais, definindo que tipo de situação didática será empregado no bingo.

Como estamos tratando de um jogo onde toda a construção didática já foi feita (revisão da literatura, sequência de ensino) ocasionando na criação de regras, níveis, os diversos papéis (jogador, chamador e escriba), entre outros, nesta narrativa abordamos elementos computacionais que possam gerenciar o jogo.

Pomer (2008, p.4) ressalta a importância das situações de ensino, criadas pelo professor de modo que aproximem o aluno do saber: procurando situações em que os alunos tenham a oportunidade de dar sentido ao conhecimento, através de contextualização e personalização do saber, além de “descontextualizando e despersonalizando os conhecimentos, como fazem os matemáticos, de modo a tornar as produções dos alunos fatos universais e reutilizáveis”.

Além da importância da autonomia do aluno, Melo et al. (2011, p 8), destacam:

Ao se deparar com novas situações, que colocam em cheque os seus conhecimentos prévios, o aluno percebe a necessidade de avançar, de aprender mais sobre o assunto. Nesse processo, o meio utilizado pelo professor fornece indícios quanto à eficácia e a falibilidade das hipóteses e ações do aluno. Em uma situação didática de jogo o aluno é conduzido por um percurso que o instigará no acionamento dos próprios conhecimentos ao elaborar hipóteses, criar e testar as próprias estratégias e as dos seus interlocutores.

Com o uso do jogo, isso facilitará no desenvolvimento das estratégias de cada um. Não será necessária a presença do professor, neste momento, para qualificá-lo no andamento da atividade. Sobre esses aspectos, o jogo *online* terá a vantagem de

prosseguir com a atividade de acordo com o ritmo de cada aluno, facilitando o processo de aprendizagem.

No jogo de papel, o professor pode ser como chamador ou simplesmente ficar observando o desenrolar do jogo, o comportamento dos grupos de alunos em suas diferentes funções, da mesma forma que ao final, no momento da conferência, observar se tudo terá caminhado corretamente.

No computador, o professor poderá continuar com a função de chamador, sendo-lhe possível observar o desempenho de cada cartela do bingo através da *interface* da página do chamador, que apresenta não somente as cartelas que os estudantes conseguirem concluir numa partida, mas o quantitativo de acertos e erros, além de especificar os erros cometidos pelos alunos.

Com isso, o sistema de avaliação do bingo não apenas mostrará o êxito obtido pelos alunos que conseguirem “bater” o jogo, mas poderá também permitir que se observe o bom desempenho de outros grupos.

### **3.3.2 Análise a priori**

Pensando em um modelo computacional baseado no Bingo dos Racionais, podemos destacar algumas variáveis que façam com que o computador e suas diversas funcionalidades acrescentem novas funcionalidades e dinamicidade ao jogo. Além disso, o destaque dessas variáveis irá facilitar a contemplação do nosso estudo, junto à Engenharia de *Software* Educativo.

O Bingo dos Racionais, exige que os alunos façam associações dos conhecimentos já adquiridos sobre o conteúdo, e não apenas pela marcação baseada na sorte das peças chamadas (MELO, et al., 2011).

O aluno irá explorar as diferentes representações de um mesmo número racional, que podem ser feitas em “linguagem natural”, ou no número escrito (ex. três quintos), sob forma de fração (ex.  $\frac{3}{5}$ ), em escrita decimal (ex. 0,6), ou ainda como porcentagem (ex. 60%), além de uma representação figural, podendo ser de quantidade contínua ou discreta.

Portanto, apresentamos a seguir os principais pontos do jogo, suas regras e variações para que, a partir disso, possamos descrever possíveis contribuições do

computador para o Bingo dos Racionais. Para esta análise, usamos os documentos (artigos, livro, regras do jogo) produzidos pelos criadores do jogo.

O destaque das variáveis didáticas se dá pela configuração dos elementos para criação do Bingo digital. Além do mais, a busca pelo significado dessas variáveis irá servir como reflexão a respeito das possíveis contribuições do computador.

Desta forma podemos destacar as variáveis:

## 1. Fichas

As fichas são as peças a serem sorteadas e chamadas para que os jogadores marquem as representações nas cartelas. São escritas em linguagem natural, e têm o objetivo de fazer com que o aluno perceba a relação entre a escrita e a representação apresentada na cartela. Ainda relacionadas às fichas do Bingo, temos mais algumas variáveis:

- **Chamada:** o chamador do Bingo ficará com essas fichas e realizará as chamadas ou reproduzindo a forma com que estão escritas, ou escolhendo uma das representações (nível 2) para falar em voz alta. É necessário que os jogadores estabeleçam a quantidade de vezes que o chamador poderá repetir a chamada da ficha sorteada.
- **Quantidade de Fichas:** os números de fichas são delimitados em 20 (nível 1) e 25 (nível 2).
- **Representações nas fichas:** números escritos na linguagem natural (ex.: três quintos). Contudo, no nível 2, as fichas trarão diferentes representações de um mesmo número. (ex.: três quintos, seis décimos, sessenta por cento).

## 2. Cartelas

As cartelas do jogo são distribuídas aos alunos, ou grupo de alunos, para que possam ser marcados os números que foram chamados. Cada uma delas contém nove quadros, com os números em suas várias representações. Em todas as cartelas virão apenas 8 representações que constam nas fichas a serem chamadas e um nono item que não se encontra nestas. Este item, de acordo com as regras do jogo, é denominado **distrator**. Especificamente, na categoria das cartelas, iremos ter dois valores:

- **Tamanho das Cartelas:** composta por nove itens dispostos em quadro 3 por 3. Foram definidas 24 cartelas distintas com todas as células preenchidas.
- **Distrator:** tem a função de chamar atenção sobre erros comumente cometidos pelos alunos. (Ex. Possíveis erros entre os números fracionários e os decimais, 1,2 e  $\frac{1}{2}$ . Ou troca de numerador com denominador “dois terços” com  $\frac{3}{2}$ ). O distrator não pode estar posicionado na diagonal da cartela, pois assim eliminaria muitas possibilidades de o jogador completar uma linha ou coluna e declarar vitória.

### 3. Jogadores

Além disso, foram definidas algumas regras sobre os tipos de representações e as posições que cada cartela deveria conter, variando de acordo com o nível do jogo. O aluno ou o grupo ganha o jogo, se conseguir completar uma linha, coluna ou diagonal da cartela, porém o resultado final é dado após a conferência dos números marcados com as cartelas dos números chamados, feito pelo professor e o restante da turma.

- **Papel do Aluno**
  - Os alunos: a disposição dos integrantes do jogo, bem como a função que cada aluno assumirá, pode variar. Assim, o jogador pode ter a função de chamador, escriba ou marcador, descrito a seguir, como também podem ser formados grupos de alunos para essas funções.
  - Chamador – aquele que vai ficar responsável pelo sorteio das cartelas, e anunciar para os alunos o número sorteado. Dependendo da situação, o professor pode assumir esse papel.
  - Escriba – assume a função de anotar todos os números sorteados, para no final fazer a conferência das fichas.
  - Marcador – é responsável por marcar na cartela, os números sorteados.
- **Papel do Professor:** o professor desempenha uma função mediadora, participando da conferência do jogo. Ele também pode desempenhar a função de chamador ou escriba.
- **Números de Jogadores por Cartela:** aconselha-se que os grupos de jogadores sejam formados por duas ou três pessoas.

#### 4. No Jogo:

- **Tempo:** estipulado para marcar na cartela um número sorteado.
- **Finalização do jogo:** ocorre quando o jogador completa uma horizontal, vertical ou diagonal, ou ainda uma cartela inteira. Distribuição de pontos na medida em que se completam horizontais, verticais, diagonais, várias linhas de uma vez, etc.
- **Conferência do jogo:** após algum aluno declarar que “bateu”, é necessário que o professor, a turma, os dois juntos, etc. façam essa conferência para declarar a vitória.

#### 5. Conteúdo

- **Conteúdo:** limita-se apenas aos Números Racionais.
- **Representações dos números:** sistemas de representação dos números (linguagem natural, decimal, fração, gráfica), a natureza dos números (racionais, frações unitárias, etc.) das cartelas, assim como das fichas. No nível 1, são utilizados números racionais familiares aos alunos do 2º ciclo: números decimais até duas casas decimais, frações ordinárias, porcentagem. No nível 2, o universo dos números utilizados aumenta. As frações representadas nas fichas são irredutíveis.

### 3.4 Experimento

Para a realização do experimento, elaboramos um questionário (Apêndice A) para ser respondido pelas pessoas que contribuíram com o desenvolvimento do Projeto Rede, seja na idealização do jogo ou nas etapas que envolviam a formação de professores.

O questionário foi dividido em cinco blocos, cada qual contendo um tema diferente que foi abordado. No total foram 24 questões de múltipla escolha, com espaço para comentários.

No bloco A, tivemos duas perguntas relacionadas às representações dos números contempladas no jogo. No bloco B, as perguntas foram sobre as cartelas, tipos de representações, formato, quantidade de itens da cartela, e sobre a presença ou não dos *distratores*.

No bloco C do questionário, elencamos algumas características do jogo sobre as chamadas das peças do bingo, sobre o conteúdo das fichas e que condições poderiam ser acrescentadas na proposta digital do bingo a essa função. Foram incluídas perguntas a respeito dos números que são contemplados e a disposição dessas fichas.

No bloco D, foram apresentadas para os respondentes, perguntas a respeito do desempenho dos participantes no jogo. Sabemos que no Bingo dos Racionais, os jogadores podem desempenhar papéis diferentes. No entanto, tivemos a curiosidades de saber dos participantes da pesquisa, o que pensavam sobre esses diferentes perfis e quem deveria desempenhá-los. Também há perguntas sobre a quantidade de jogadores e os possíveis papéis do professor no jogo. Questionamos em relação à possibilidade de criação de um novo papel, o elaborador de cartelas e sobre a conferência ao final de cada partida.

Ainda no bloco E das perguntas, inquirimos sobre as regras do jogo, as possibilidades de mudanças e inovações do bingo em relação à adição de um tempo de marcação, quanto aos critérios de finalização da partida, ao registro de resultados e às possibilidades de inclusão de pontuações ao término do jogo.

Ao final de cada bloco, disponibilizamos um espaço para que o participante da pesquisa pudesse expressar suas opiniões com comentários descritivos.

Desta forma apresentamos as possíveis contribuições do computador, elencando as categorias que podem ser modificadas e diferenciadas quando pensamos no Bingo Digital, em que os entrevistados expusessem sua opinião em relação às possíveis modificações apresentadas no modelo computacional do jogo, contemplando segundo Artigue (2000, p. 208) a terceira fase da Engenharia Didática: a Experimentação.

Essa etapa é muito importante, pois temos a opinião dos criadores do jogo, que podem perceber alguns detalhes que de certa forma poderiam passar despercebidos, além do mais, com todo o conhecimento didático do jogo, as contribuições para essa nova formulação, seriam de grande valor.

## 4. OPERACIONALIZAÇÃO DA ENGENHARIA DIDÁTICA

### 4.1 Análise Prévia

#### *Análise epistemológica*

Os números racionais são aqueles que podem ser escritos sob a forma de fração de números inteiros, de modo que o denominador da fração não seja nulo. Ou seja, matematicamente falando, os números racionais podem ser representados como:

$$Q = \frac{\text{numerador}}{\text{denominador}} \quad \forall \text{ numerador} \in Z \text{ e denominador} \in Z^*$$

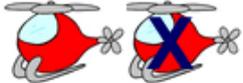
Além da forma fracionária, os números racionais podem ser representados nas formas decimal finita, dízima periódica, porcentagem e figuras. Portanto, um mesmo número racional pode ser representado como:

$$\frac{1}{2}; 0,5; 50\%$$

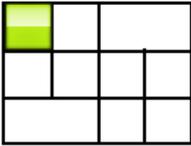
Como nem todos os números racionais possuem uma representação decimal finita, devido à presença das dízimas periódicas, se optarmos por uma representação decimal no computador, teremos uma perda de precisão, o que pode acarretar em comparações erradas de números. Desta forma, ao modelarmos o Bingo dos Racionais para o computador optamos por uma representação fracionária seguida de uma informação referente à representação que queremos dar a uma determinada peça. Portanto, as peças são armazenadas no banco, a partir de uma informação textual na forma de **numerador\_denominador\_representação**, onde a representação recebe os valores:

- *fração*: representação clássica de fração, por exemplo, a peça **1\_2\_fração** é representada como  $\frac{1}{2}$ ;
- *porcento*: representação percentual clássica, por exemplo, a peça **15\_100\_porcento** é representada como 15%;
- *d1casa*: representa um número decimal com apenas uma casa após a vírgula, por exemplo, a peça **2\_10\_d1casa** é representada como 0,2;

- *d2casas*: representa um número decimal com duas casas após a vírgula, por exemplo, a peça **10\_100\_d2casas** é representada como 0,10;
- *contínuo*: representação figural contínua, por exemplo, a peça **1\_2\_contínuo** é representada por ;
- *discreto*: representação figural discreta, por exemplo, a peça **1\_2\_discreto** é

representada por  ;

- *distrator*: é representado por uma figura cujo valor fracionário não está presente dentre as cartelas sorteadas, por exemplo, as peças **1\_7\_distrator** e

**1\_12\_distrator** são representadas como  e  respectivamente.

Portanto, se tivermos uma cartela definida com as peças "1\_3\_contínuo", "1\_7\_distrator", "15\_100\_porcento", "1\_6\_discreto", "1\_2\_fração", "3\_10\_discreto", "2\_10\_d1casa", "35\_100\_contínuo", "10\_100\_d2casas" sua representação construída no jogo será algo do tipo ilustrado na Figura 12;

Figura 13: Representação dos números no bingo



Fonte: Elaborado pela autora.

As representações contínuas, discretas e o distrator são armazenados em forma de *bitmaps* na página do bingo, enquanto que as demais formas são renderizadas a partir da programação *JavaScript*. Alternativamente, poderíamos desenvolver um editor de imagens que usasse o *Canvas* do HTML5 para a autoria de novas cartelas, que por conseguinte seriam salvas também como *bitmaps*. Nesse caso de autoria de novas cartas, seja através de edição do *Canvas* HTML5 ou do *upload* de novas cartas, temos que se lembrar de inicialmente, salvar o novo arquivo seguindo a terminologia explicada anteriormente, bem como acrescentando a descrição em linguagem natural da peça criada. Estendendo esse raciocínio, podemos criar um jogo inteiramente novo, a partir da definição da semântica das cartas com mudanças mínimas no servidor e nas aplicações do chamador e do jogador.

### **Análise das concepções**

Podemos dizer que os elementos do bingo relativos à concepção são:

- *as cartelas*: inicialmente separadas por dois níveis (1 e 2), que as diferem na quantidade de representações, onde o nível 2 é maior, e nas fichas, que apresentam três tipos de representações, sendo que o jogador escolhe qual será chamada.

- *as fichas*: apresentam a linguagem natural.

- *o distrator*: esse elemento visa trabalhar os diferentes tipos de erros cometidos quando são apresentadas as várias representações dos números racionais.

- *conferência coletiva*: este momento é destinado à produção do feedback do jogo.

Com respeito à versão digital, onde devemos tratar cada elemento desses de forma diferenciada, é essencial produzir fichas e cartelas e na maneira como a conferência será feita. No caso das cartelas e fichas, temos a possibilidade de criação de maior quantidade de fichas, que possam ser diferenciadas pela forma de chamada (linguagem natural ou outros tipos de representações).

No bingo digital, o usuário poderia usufruir de um sistema de autoria de cartelas e fichas. Ou seja, o professor ou aluno teria a oportunidade de criar suas próprias cartelas, através de um sistema de *upload*. Com isso, se disporia de um maior repositório de fichas e cartelas embora, evidentemente, fosse necessário ter um controle de administração de entrada dessas peças no banco de dados.

Mas, simplesmente, sem deixar de atender às nossas exigências sobre o bingo, existe a possibilidade de ser desenvolvido um sistema aleatório que teria seu universo de fichas e cartelas. Comportaria um maior número de que o jogo do bingo no papel poderia limitar as representações, mas também teríamos uma quantidade satisfatória para a realização de jogos.

### ***Análise do ensino (dimensão didática)***

Como vimos anteriormente, uma das características do Bingo dos Racionais são os vários papéis que podem ser desempenhados pelos jogadores, diferenciando nas atuações na hora da partida.

O computador administra e modifica esses novos cenários ali implementados. Com a inclusão de novos papéis, poderíamos pensar na criação de uma pontuação, e como consequência na criação de *rankings*, gerenciamento de tempo para o jogo e a marcação de cartelas.

É importante que o bingo apresente uma condição de autonomia para seus usuários, dando ao professor, a liberdade de escolher as representações, e a presença ou não do distrator, entre outros recursos, e permitir que o aluno opte por jogar sozinho ou em grupo, definindo o tempo de marcação das cartelas, etc.

Quanto à conferência de cartela, podemos deixar a critério do professor que esteja mediando o jogo. No bingo impresso, o momento da conferência representou uma ótima oportunidade para que os participantes pudessem observar seus acertos e erros, e aprender com isso. No bingo digital, tem-se a possibilidade de o computador realizar tal tarefa automaticamente, o que significa uma perda desse momento.

O bingo digital apresenta duas alternativas relacionadas a isso: (1) ao final do jogo pode-se apresentar uma lista completa ao jogador de todas as peças marcadas erradamente e as que ele se esqueceu de marcar, (2) é possível criar uma rede em que os jogadores teriam acesso à cartela de outros jogadores.

Um outro cenário pertinente ao Bingo dos Racionais, teria os alunos também como elaboradores de cartelas, de modo que a constituir um desafio entre os participantes.

Com a inclusão desses elementos, podemos contribuir para que as ferramentas computacionais sejam diferenciadas e acrescentem situações na aprendizagem do conteúdo através do jogo.

#### **4.2 Análise *a priori***

Considerando uma modelagem computacional, e a partir do destaque das variáveis didáticas do jogo, podemos definir possíveis contribuições do computador para o jogo do Bingo dos Racionais.

## Fichas

Chamada - o computador poderá desempenhar o papel de chamador, incluindo também algumas funções de voz, que façam com que o aluno escute o número chamado.

Fichas - podem ser sorteadas, classificadas ou escolhidas.

Quantidade de Fichas - ampliar os números de fichas em ambos os níveis, a fim de obtermos uma maior variedade e opções de jogo.

Representações nas fichas - as fichas possuem uma ou várias representações (de um mesmo registro ou não) escritas, correspondentes a uma figura na cartela.

## Cartelas

Tamanho das cartelas - com o bingo digital, as cartelas podem ter a forma quadrada ou retangular dependendo da escolha do usuário.

Número de fichas a serem chamadas - originalmente o Bingo foi desenvolvido numa cartela 3x3, representando 9 valores diferentes.

Registro - o computador desempenhando a função de escriba.

Dinamismo - possibilidade de apresentar o jogo de maneira mais dinâmica como, por exemplo, na representação figurativa dos números racionais, que muitas vezes podem ser compreendidas incorretamente. Na análise do Bingo, as autoras do jogo demonstram bem esse exemplo: (observem-se nas Figuras 13 e 14)

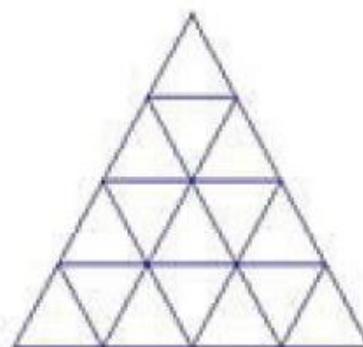
Na figura 13, podemos rapidamente interpretar a figura como sendo  $\frac{1}{4}$ , porém se repararmos melhor na figura 14, veremos que a análise da figura acontece de outro jeito. A forma correta de analisar a figura seria através de um ladrilhamento.

**Figura 14: Representação figurativa de um Número Racional**



**Fonte:** Retirada do artigo: “BINGO DOS NÚMEROS RACIONAIS – INDICAÇÕES DIDÁTICAS”. Disponível em <http://lematec.net/projetorede/uploads/Textos/Bingo-orienta%C3%A7%C3%B5es%20did%C3%A1ticas-para%20enviar.pdf> Acesso 13/12/2012.

**Figura 15: Ladrilhamento do triângulo**



**Fonte:** Retirada do artigo: “BINGO DOS NÚMEROS RACIONAIS – INDICAÇÕES DIDÁTICAS”. Disponível em <http://lematec.net/projetorede/uploads/Textos/Bingo-orienta%C3%A7%C3%B5es%20did%C3%A1ticas-para%20enviar.pdf> Acesso 13/12/2012.

Com a possibilidade de criarmos uma versão computacional do Bingo, o aluno poderia ter acesso a exemplos como este, de maneira mais dinâmica, e também envolvendo outros tipos de figuras e representações.

### **Jogadores**

Número de Jogadores por Cartela - esse número fica a critério da proposta didática escolhida pelo professor, mas também acrescenta a opção do aluno jogar sozinho.

Papel do Aluno - com a digitalização do Bingo, é importante avaliarmos se o aluno continua com o papel de chamador no jogo ou apenas marcador das peças, tendo o jogador a possibilidade de realizar o jogo sozinho.

Papel do professor - o professor continua desempenhando a função mediadora no jogo.

Elaborador de Cartelas - o usuário (o professor ou o aluno), tem a possibilidade de criar um jogo, montar a cartela com diferentes representações, como forma de um desafio.

## Jogo

Finalização do jogo - manter a lógica do bingo, para quem complete uma linha, coluna.

Conferência do jogo - o computador pode fazer automaticamente.

Tempo - a inclusão de algumas variáveis envolvendo o tempo como, por exemplo, a delimitação do tempo para uma partida, ou para a marcação da cartela. Ou ainda, em um jogo colaborativo, (onde pode haver um jogo em rede, com vários usuários online) validar apenas o jogador que marcar a cartela primeiro.

Nível do Jogo - o aumento do número de fichas e cartelas facilita a inclusão de novos níveis e desafios.

## Conteúdo

Conteúdo - expansão para outros assuntos matemáticos, como por exemplo, assuntos de geometria, números irracionais, etc.

Representações dos números - pode haver um aumento do número das diversas representações apresentadas no jogo. O computador vai possibilitar uma maior variedade dessas representações.

Feito isso, elaboramos um quadro complementar que mostra as variáveis do Bingo dos Racionais e como elas podem processar no modelo digital.

Quadro 2: Variáveis didáticas no meio digital

| <b>Variáveis que identificamos no Bingo</b>   | <b>Como processam no digital</b>   |
|---|--|
| <b>Fichas</b>   |  |
| <b>Chamada:</b> o chamador do Bingo fica com as fichas e realiza a leitura das cartelas.          | O computador poderá desempenhar o papel de chamador, incluindo também algumas funções de voz.          |
| <b>Quantidade de Fichas:</b> os números de fichas são delimitados em 20 (nível 1) e 25 (nível 2). | Ampliar o número de fichas em ambos os níveis, a fim de obtermos uma maior variedade e opções de jogo. |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Representações nas fichas:</b> números escritos na linguagem natural. No nível 2, serão apresentadas três representações para o chamador escolher uma delas.</p>                     | <p>As fichas possuem uma ou várias representações (de um mesmo registro) escrito, correspondente a uma figura na cartela.</p>   |
| <p><b>Cartelas</b></p>   |   |
| <p><b>Tamanho das Cartelas:</b> composta por nove itens dispostos em quadro 3 por 3. Foram definidas 24 cartelas distintas com todas as células preenchidas.</p>                           | <p>Com o bingo digital, as cartelas podem variar dependendo da escolha do usuário. Então, elas podem ser quadradas ou retangulares. Variando da escolha do usuário.</p>       |
| <p><b>Distrator:</b> tem a função de chamar atenção sobre erros comuns que são cometidos pelos alunos.</p>   | <p>Será da escolha do usuário do jogo, utilizar o distrator ou não na cartela do seu bingo.</p>   |
| <p><b>Jogadores</b></p>  |   |
| <p><b>Papel do Aluno:</b> o aluno pode assumir a função de chamador, escriba ou marcador. O aluno tem a possibilidade de jogar sozinho, ou em grupo, revezando as tarefas.</p>             | <p>No computador, alguns desses papéis podem ser diferenciados e executados pelo computador, permitindo que o aluno possa jogar sozinho.</p>                                  |
| <p><b>Papel do Professor:</b> O professor desempenhará uma função mediadora no jogo, participando da conferência do jogo. Ele também pode desempenhar a função de chamador ou escriba.</p> | <p>O professor continua desempenhando a função mediadora no jogo.</p>   |
| <p><b>Números de Jogadores por Cartela:</b> aconselha-se que os jogadores formem grupos com duas ou três pessoas.</p>  | <p>Fica a critério da situação proposta pelo professor, com a possibilidade de o aluno jogar sozinho em qualquer ambiente.</p>  |
| <p><b>No jogo</b></p>  |   |
| <p><b>Tempo:</b> deixado para marcar na cartela um número sorteado.</p>  | <p>Delimitar o tempo para uma partida, ou para a marcação da cartela.</p>   |
| <p><b>Finalização do jogo:</b> completando uma horizontal, vertical ou diagonal.</p>   | <p>Poderia ser também completando uma cartela inteira. Distribuição de pontos na medida que se completa horizontais, verticais, diagonais, várias linhas de uma vez, etc.</p> |
| <p><b>Conferência do jogo:</b> após algum aluno declarar que “bateu”, é necessário que o professor, a turma, os dois juntos, etc. façam essa conferência para declarar a vitória.</p>      | <p>O computador tem a possibilidade de fazer a conferência e mostrar para o aluno seus erros e acertos.</p>   |

| <b>Conteúdo</b>   |   |
|---|---|
| <b>Conteúdo:</b> limita-se apenas aos Números Racionais.  | Expansão para outros assuntos matemáticos.  |
| <b>Representações dos números:</b> os sistemas de representação dos números (linguagem natural, decimal, fração, gráfica), a natureza dos números (racionais, frações unitárias, etc.) das cartelas, assim como das fichas. | Podem haver um aumento do número das diversas representações apresentadas no jogo. O computador vai possibilitar uma maior variedade dessas representações. |

Fonte: Elaborado pela autora

### 4.3 Pertinência das variáveis

Podemos perceber que algumas variáveis do jogo podem perder o sentido ou adicionar funções complementares ao elaboramos o Bingo digital. O aluno, por exemplo, pode desempenhar três funções diferentes: chamador, escriba e marcador. No caso do bingo digital, as duas primeiras funções podem ser executadas pelo computador, porém, também podemos desenvolver outras funções que enriqueçam o jogo com o aporte do computador.

No caso do papel do aluno, o usuário pode desempenhar uma nova função, como elaborador de cartelas, dando a possibilidade de o aluno, ou até mesmo o professor, escolher as peças para compor a cartela, como desafio e exploração das representações determinadas pelo usuário.

Com isso, podemos perceber que vai ser criada uma variável no jogo chamada papel do computador, onde podemos elencar uma série de diferenças entre os ambientes do bingo, como descrito anteriormente, em algumas novas funções que serão novidades para o bingo digital.

### 4.4 Análise do questionário

Ao concluirmos a elaboração do questionário do experimento (Apêndice A), procuramos contato via *e-mail* com os possíveis colaboradores para esta etapa do estudo. Por fim, obtivemos quatro participantes da pesquisa, e as respostas serão apresentadas a seguir.

Ao questionarmos sobre as representações dos números racionais, relacionadas às fichas do bingo, a maioria respondeu que deveriam ser mantidas, como no Bingo no papel, as fichas com a linguagem natural. Porém, ainda foi marcada

a opção de que poderíamos pensar em utilizar representações variadas nas fichas do bingo. Sobre as cartelas, os respondentes foram unânimes em apontar a necessidade de ser possível ao usuário escolher uma cartela já estabelecida pelo jogo, ou poder elaborar a cartela de acordo com suas preferências, ampliando as possibilidades de representações.

Continuando as perguntas sobre as cartelas do jogo, ao questionarmos quais os tipos de números que deveriam ser contemplados, percebemos que as respostas foram divididas em “conter os mesmos números do Bingo impresso”, e “dar a opção do usuário escolher os números que deveriam estar no jogo”. Assim como, sobre o formato da cartela, os participantes da pesquisa foram unânimes em dizer que também deveriam ser de escolha do jogador.

Em relação aos distratores do jogo, as respostas apontaram que essa peça deve ser mantida e oferecer possibilidades, a partir de uma escolha do professor, de inseri-la, ou não, naquela partida.

Na questão 7 do experimento, os participantes foram bem diversificados em suas respostas, quando questionávamos em relação às fichas de cada nível do jogo. Ficaram divididos em manter os definidos da versão impressa, oferecer a opção de composição das fichas de chamada pelo professor. Ainda sobre as fichas, questionamos sobre os sorteios e os procedimentos de chamada. Tivemos a resposta de que deveríamos não só oferecer os sorteios aleatórios, mas também a opção de escolher as peças. E sobre as chamadas, os participantes foram unânimes em dizer que podem ser feitas oralmente ou por escrito.

Sobre o papel desempenhado pelos participantes, entre as opções, a escolhida foi que os perfis podem ser escolhidos pelos jogadores. A respeito da quantidade de jogadores e dos papéis dos alunos, nos responderam que os papéis do jogo devem ser deixados para livre escolha dos alunos, e que seria interessante o usuário ter a opção de jogar sozinho, ou em grupo, com o suporte do computador.

Para as cartelas, com referência à quantidade de jogadores, todos os participantes do experimento disseram que o número de jogadores deveria ser deixado em aberto, ficando a critério dos participantes. Sobre o papel do professor na preparação do jogo, ele deve optar entre sortear ou escolher cartelas previamente elaboradas, ou até mesmo compor as cartelas de acordo com as necessidades dos jogadores.

Sobre a mediação houve uma divisão nas respostas. Responderam que o professor deve assumir o papel de chamador e escriba e liderar o processo de conferências das cartelas, assim como acontece no bingo digital; em contrapartida, houve quem respondesse que esse professor deve escolher os papéis que ele deve assumir.

Na possibilidade de um elaborador de cartelas, todos responderam que qualquer usuário deve poder assumir esse papel de elaborador, ou optar pelas cartelas já definidas. Ao final do jogo, no momento da conferência, quando questionávamos sobre como deveria ser esse momento, os respondentes também foram unânimes em dizer que o professor deve optar se é o computador que fará as conferências do jogo, ou se será feito de forma que quando algum aluno anunciar que “bateu” o jogo, será feita uma conferência pela turma.

No último bloco de perguntas, onde questionamos sobre as regras do jogo, os entrevistados foram unânimes em responder que seria interessante que deixássemos a escolha do usuário sobre o tempo de marcação, entre livre ou limitado. Na finalização da partida, também poderíamos deixar a critério do usuário se o jogo segue como no bingo impresso, onde o jogador finaliza a partida ao completar uma linha, coluna, ou diagonal, ou se aplicaria a diferença para quando completar uma cartela inteira.

Sobre as verificações contínuas, em que o computador deve sinalizar ou não quando o aluno esquece de marcar alguma peça, e sobre os registros dos resultados de partidas sucessivas, verificou-se que foi mantida a mesma ideia sobre deixar a escolha dessas opções por conta do jogador.

Por fim, quando perguntamos sobre o registro de pontuações do jogo, os participantes do experimento concordaram que a contabilidade desses pontos deveria ser realizada por meio de um critério pré-estabelecido pelo professor.

De forma geral, a realização desse experimento foi de grande contribuição para este trabalho. Em um dos comentários, uma entrevistada fez a seguinte observação: *“Uma versão digital não deve ficar presa aos limites impostos pela mídia original, uma vez que a construção das cartelas em material concreto demanda certas dificuldades que não existem na digital.”*

Percebemos que os entrevistados enfatizaram o fato de que devemos deixar o bingo na escolha dos jogadores e do professor, assim como trouxe esse comentário de um dos entrevistados: *“Quanto maiores forem as possibilidades de escolhas*

*melhor. Não entendo a vantagem de limitar para determinadas situações. Mas acho importante o professor ter a opção de decidir as variáveis, porque ele pode fazer um planejamento de acordo com o contexto e necessidade.”*

A utilização do experimento foi importante, pois confirmou alguns detalhes do bingo que já tínhamos implementado, e nos mostrou propostas que podem ser desenvolvidas posteriormente. Pelo questionário, podemos observar que os entrevistados ficaram interessados que buscássemos a autonomia do aluno através das partidas jogadas, e diversificássemos as opções que temos ao digitalizar o Bingo dos Racionais.

## **4.5 Elicitação dos requisitos**

### **4.5.1 Especificação do Bingo**

Ao pensarmos em uma modelagem computacional para o Bingo dos Racionais, foi necessário fazermos um levantamento de requisitos, para delimitarmos os nossos interesses.

Sommerville (2007, p. 50) define a especificação de *software* como uma “Atividade de traduzir as informações coletadas durante a atividade de análise em um documento que define um conjunto de requisitos.” Por isso se fez necessário o levantamento das variáveis didáticas envolvidas nas regras do jogo, para não fugirmos de toda a sequência didática elaborada em relação ao Bingo.

Gomes e Wanderley (2003, p. 121) definem requisitos como uma ação que “consiste na identificação dos requisitos necessários à implementação de um sistema”. E relaciona como etapas a serem contempladas as “atividades de descoberta, refinamento, modelagem, documentação, especificação e manutenção do conjunto de requisitos”.

No nosso projeto, inicialmente, estudamos as regras do jogo, a partir do que já tinha sido definido no jogo do papel, para definimos o seguimento do jogo, assim como a representação de alguns papéis que seriam mudados nesta transição do real para o virtual, descritos no Quadro 2.

Sendo assim foi necessário estabelecermos os padrões de projetos, bem como a modelagem da arquitetura a ser usada no desenvolvimento o Bingo.

Dentro da classificação dos tipos de *software*, o Bingo dos Racionais é classificado como um jogo; para tanto, como já foi mencionado, foi necessário pensar em elementos lúdicos e atrativos, que despertassem o interesse do usuário. Então, pensamos em incluir recursos multimídia, e a possibilidade de competição para o aluno.

#### 4.5.2 Recursos Multimídia

Serão incluídos sons para os movimentos das cartelas, e para o sorteio das peças. Bem como vídeos tutoriais que expliquem alguns passos das regras do jogo. O Bingo digital também terá o recurso de chamar as peças, de forma que o papel de Chamador, que existe no Bingo original, ficará a critério do(s) usuários, em tê-lo ou não.

Para que um *software* seja classificado como bom, segundo as especificações de Sommerville (2009), é necessário seguir quatro passos básicos: Facilidade de Manutenção, Eficiência, Confiança e Usabilidade.

*Facilidade de manutenção* está relacionada com o código do programa, em que se dispõe facilmente de ferramentas para possíveis atualizações ou complementações do programa. Isso se dá segundo os padrões de projeto.

A *Eficiência* de *software* tem a ver com o tempo de resposta e processamento. Por isso a escolha de um sistema simples, sem um grande número de dados, facilita no desempenho do jogo.

Levando em consideração os conceitos da Engenharia de *Software*, podemos especificar o Bingo digital. Nesta especificação, partimos de uma arquitetura cliente/servidor que permita que o jogo aceite mais de um usuário e que tenha as seguintes funcionalidades:

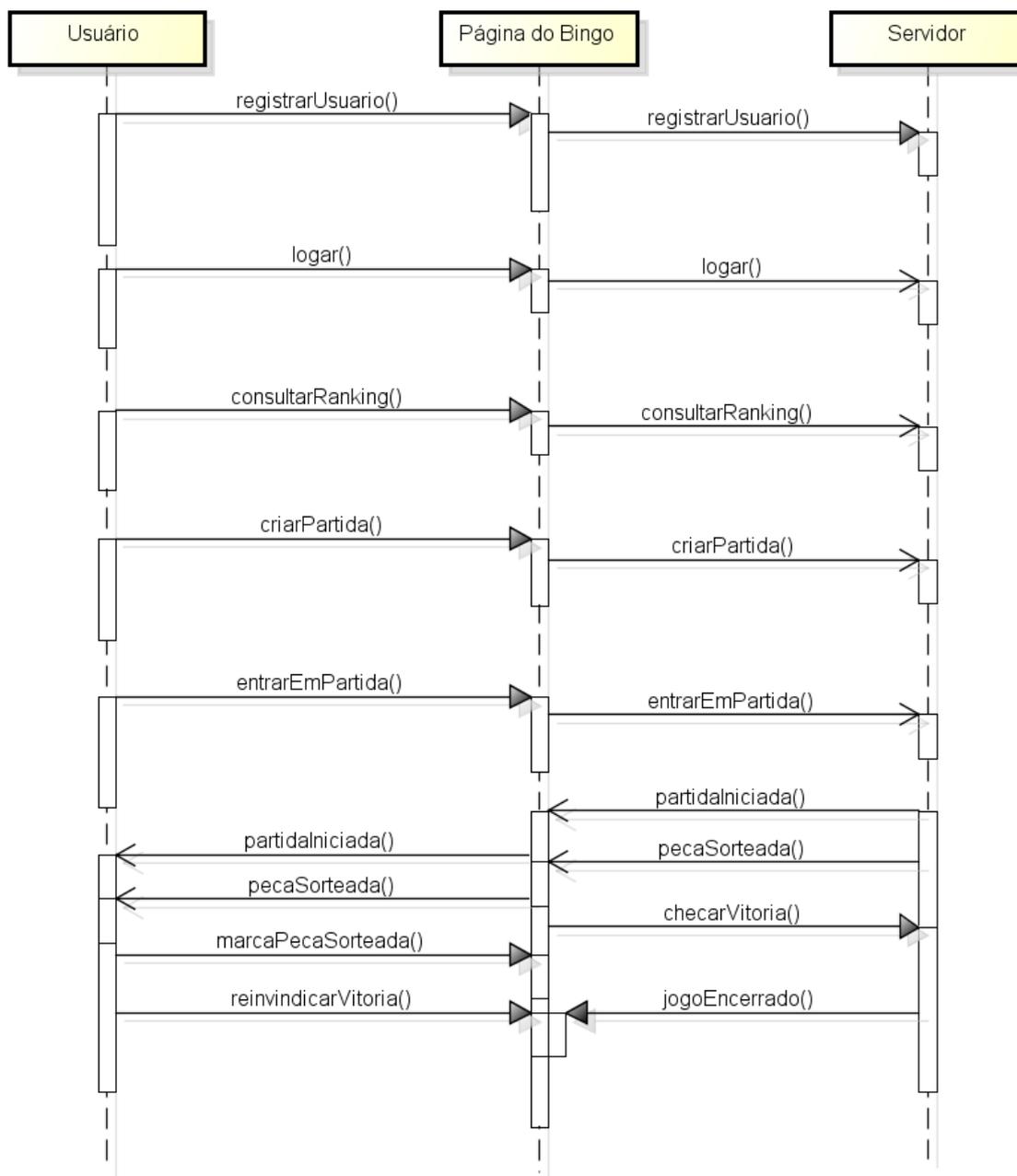
- Registro de usuários, a partir de *login* e senha;
- Partidas *online* com mais de um jogador e no máximo cinco;
- *Ranking* com o número de vitória dos usuários.

Para implementar estas funcionalidades, respeitando os princípios da Engenharia de *Software*, a aplicação cliente destinada ao usuário final foi implementada em HTML5/CSS3/*JavaScript* podendo ser executada nas mais

diversas plataformas, como PC, OSX, Linux e em dispositivos móveis portáteis. O servidor foi implementado em Python pela facilidade de codificação. O servidor se faz necessário, para que possamos armazenar os dados dos usuários, bem como as estatísticas coletadas durante o jogo, relativas ao acerto das marcações no Bingo, de modo que futuramente possamos obter estatísticas de aprendizado do assunto frações a partir da análise dos logs do jogo.

As interações previstas entre o usuário, a página do Bingo e o servidor, são ilustradas no diagrama de sequência a seguir:

**Figura 16: Diagrama de Sequência do Bingo dos Racionais**



powered by Astah

Fonte: Elaborado pela autora

O Diagrama de Sequência é muito usado na Engenharia de *Software*, para representar visualmente as trocas de mensagens, ou ações, entre os objetos envolvidos no decorrer do tempo. Desta forma podemos explicitar as interações entre o Usuário, a página do Bingo e o Servidor. As setas servem para indicar a direção que esta ação está sendo executada, sendo diferenciadas das ações síncronas e assíncronas.

As ações síncronas estão representadas pelas setas fechadas, que indicam que o programa vai esperar aquela ação, até que seja executada, sem passar para outra. As ações assíncronas indicam outras ações que pode estar sendo executadas em paralelo.

O servidor requer um banco de dados para armazenar os dados dos usuários e os jogos gravados previamente, além de prover a possibilidade da adição de jogos definidos pelos usuários. Neste banco de dados, podemos armazenar as peças marcadas de forma errada, de modo que possamos relacionar as possíveis dificuldades dos alunos, com os diferentes tipos de representação apresentados no jogo. Para expor os dados do banco, utilizamos um API de serviços REST (*Representational State Transfer*). O uso de uma API REST se justifica pelas suas propriedades de:

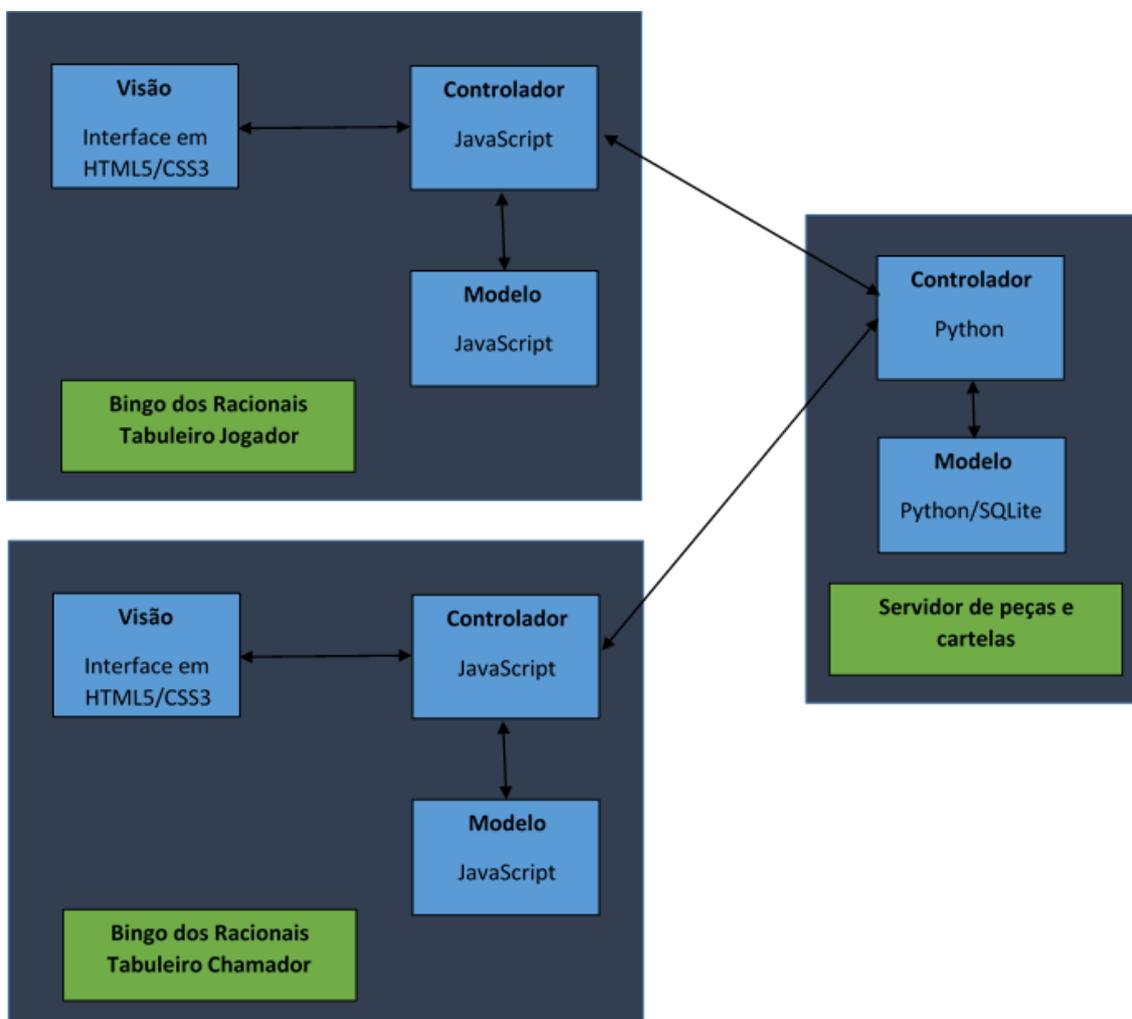
- Desempenho;
- Escalabilidade das interações dos componentes;
- Simplicidade das *interfaces*;
- Modificabilidade dos componentes;
- Visibilidade da comunicação entre os componentes;
- Portabilidade;
- Confiança.

Desta forma temos uma API para acesso aos dados dos usuários simples, que pode ser estendida com novas funcionalidades de maneira flexível e dinâmica. Assim, se verificarmos a necessidade de desenvolver outro cliente que não seja uma página, esse desenvolvimento será simplificado.

#### **4.5.3 Esquemas MVC do software**

Conforme disposto acima, a modelagem do Bingo dos Racionais seguindo a arquitetura MVC apresentamos uma representação abaixo:

Figura 17: Modelagem da Arquitetura do Bingo dos Racionais



Fonte: Elaborado pela autora.

O uso da arquitetura MVC possibilitou uma separação lógica dos papéis dos componentes macros da aplicação, ou seja: da visão marcadamente representada pelo código HTML5/CSS3 estático, do controlador em Java Script responsável por refletir o modelo de dados na visão, e do modelo de dados remoto, espelhado do servidor.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado nesse texto contribuiu para um melhor entendimento e um aprofundamento do processo de Engenharia de Software Educativos tal que apresentado por Tchounikine (2011, 2009). A integração a essa ESE dos princípios teórico-metodológicos da Engenharia Didática na perspectiva *transdisciplinar* onde se trata de revisitar as diversas etapas e análises incorporando a dimensão informática foi extremamente frutuosa. Por ter embasado nosso estudo numa ED já feita para o Bingo dos Racionais em versão papel, tivemos a oportunidade de compreender melhor os efeitos de incorporar a dimensão informática a essa ED inicial.

Esse processo de integração entre as duas Engenharias (didática e informática) permite evitar, por um lado, a elaboração de uma versão digital com simples tradução do Bingo dos racionais sem aproveitar as contribuições específicas do contexto computacional e, por outro lado, criar um jogo onde a escolha das funcionalidades é baseada em aportes tecnológicos sem considerar as contribuições didáticas efetivas desses aportes.

Como foi indicado no texto, a ESE não constitui propriamente dito um quadro teórico. Ela oferece mais um quadro organizador das diversas questões teórico-metodológicas envolvidas e da imbricação das mesmas na perspectiva *transdisciplinar*. Além dessa questão metodológica, a ESE contribuiu com a redação dessa dissertação e conduziu ao levantamento de uma questão importante a respeito do que se espera de um mestrado acadêmico envolvendo a concepção e realização de uma tecnologia. Podemos notadamente rever o papel da experimentação e da análise dos resultados como instrumentos de validação das reflexões e escolhas teóricas. No caso de uma pesquisa "tradicional" em educação matemática, a aplicação de uma experimentação pode procurar avaliar e validar diversos elementos da pesquisa tais como: as aprendizagens dos alunos, a situação ou sequência aplicada, a metodologia (engenharia) de elaboração da situação/sequência, as hipóteses teóricas que conduziram a construção da situação/sequência. No caso de uma tecnologia computacional (artefato, ambiente, suporte, etc.), além desses mesmos elementos, outros podem procurar ser avaliados tais como: a validação teórica do desenvolvimento e sua adequação aos requisitos do ponto de vista dos especialistas das áreas do ensino-aprendizagem envolvidas na concepção, a validação técnica segundo os critérios de ES, a validação da interface em termo de usabilidade, a

validação conceitual das representações digitais elaboradas no ambiente computacional... No caso mais específico do nosso trabalho, nos detemos à validação teórica, não por considerar essa validação como suficiente, mas para não ter tido o tempo necessário para uma avaliação *in situ* o bingo dos racionais na sua versão computacional. Ao contrário, como no caso dos objetos da didática da matemática, consideramos que devido a uma falta de maturidade, ainda, da ESE não podemos encontrar ...

[...] nosso objeto de conhecimento de outra forma que nos espécimes, ou pelo menos fora do controle empírico, do objeto real qual estamos interessados na nossa elaboração teórica...<sup>44</sup> (CHEVALLARD, 1982, p.36),

Convém destacar que, com a arquitetura desenvolvida, facilitamos a inclusão de novas características no jogo, pois, para isso, basta acrescentarmos novas funções ao servidor e as tratarmos nas aplicações cliente, sem prejudicar as funcionalidades anteriores.

Inclusive, como dissermos na análise do jogo, podemos criar novos conteúdos, diferentes de Números Racionais, que se encaixem na jogabilidade de um bingo. Desta forma, poderíamos criar, por exemplo, um bingo geométrico ou um bingo dos elementos químicos da tabela periódica, com pequenas modificações no servidor e no cliente.

Podemos observar que algumas funções sugeridas, tanto no levantamento realizado das variáveis didáticas como nas respostas dos participantes do experimento, já estão sendo contempladas, a exemplo da função de elaborador de cartelas, da possibilidade de jogos em grupo, acompanhamento das marcações dos jogadores, e dos jogos *online*, entre outros.

Relacionado à Engenharia de *Software*, em geral, sentimos falta das etapas que executam a análise de uso do *software* desenvolvido, contemplando a validação do mesmo. Realizar testes com o usuário é de grande importância, pois produz um aporte necessário para que se reflita sobre os elementos que precisam ser melhorados e nas possíveis contribuições para o ensino.

---

<sup>44</sup> : ... l'incapacité où nous nous trouvons, étant donné le faible développement de notre théorie du système didactique, et par conséquent la faiblesse du contrôle par la théorie des opérations de la recherche, de rencontrer notre objet de connaissance autrement que sous les espèces, ou du moins hors du contrôle "empirique", de l'objet réel dont l'élaboration théorique nous occupe...

Para trabalhos futuros, consideramos útil o tema da dissertação. Podemos desenvolver novas versões do bingo digital, acrescentando novas funcionalidades ao jogo. Podemos, também, inspirar-nos no modelo realizado, fazendo o mesmo com outros jogos matemáticos do Projeto Rede.

## 6. REFERÊNCIAS

ALMOULOU, S. A. **Didática e concepção de dispositivos Informáticos educacionais**. Revista de Informática Aplicada. Vol. III - nº 01 - jan/jun 2007. Disponível em: [http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista\\_informatica\\_aplicada/article/view/270](http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_informatica_aplicada/article/view/270). Acesso em 22/03/2013.

AMARAL, E. C., GUEDES, U. T. V. **Análise de construção de software educativo com qualidade**: Sugestão de ficha para registro e avaliação de *software* educativo. 2005. Workshop dos Cursos de Computação Aplicada do INPE, 26 e 27 de outubro. São José dos Campos (SP). Disponível em: <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/hermes2@1905/2005/10.03.21.08/doc/ElianeAmaral.pdf> Acesso em 22/11/2013.

ARTIGUE, M. Engenharia Didáctica. In: BRUN, Jean. **Didáctica das Matemáticas**. págs: 193:218. Instituto Piaget. 2000.

BALACHEFF N., Conception, connaissance et concept. In Denise Grenier (ed.) **Séminaire Didactique et Technologies cognitives en mathématiques** (pp.219-244). Grenoble. IMAG.

\_\_\_\_\_. (1994a), **La transposition informatique**. Note sur un nouveau problème pour la didactique. Vingtième de didactique des mathématiques en France, La pensée sauvage éditions, Grenoble. 364-370

\_\_\_\_\_. (1994b) **Didactique computationnelle, évocation d'un projet de recherche**. RR 94-07. Rennes : IRMAR

BARROS, L. D. O. **Análise de um jogo como recurso didático para o ensino da geometria: jogo dos polígonos**. 102 p. Dissertação. (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – UFPE, Recife, 2012.

BELLEMAIN, F. **A transposição informática na Engenharia de Software Educativos**. 2000. I SIPEM, 22 a 25 de novembro, Serra Negra (SP). Disponível em: [https://www.academia.edu/3217975/A\\_transposicao\\_informatica\\_na\\_engenharia\\_de\\_software\\_educativos](https://www.academia.edu/3217975/A_transposicao_informatica_na_engenharia_de_software_educativos). Acesso em 22/11/2012.

\_\_\_\_\_. **O Paradigma Micromundo**. 2002. História e Tecnologia no Ensino da Matemática, volume 1, págs: 51:63. Editora IME-UERJ. ISBN: 85-89498-01. Disponível em: [http://www.academia.edu/3217386/O\\_paradigma\\_micromundo](http://www.academia.edu/3217386/O_paradigma_micromundo). Acesso em 22/11/2012.

BENITTI, F. B. V., SEARA, E. F. R., SCHLINDWEIN, L. M. **Processo de Desenvolvimento de Software Educacional: Proposta e Experimentação**. Revista Novas Tecnologias na Educação – CINTED UFRGS V. 3 Nº 1, Maio, 2005.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática, Ensino de primeira a quarta série. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BROUSSEAU, G. **Théorie des situations didactiques**. França: La Pensée sauvage, 1998.

BROUSSEAU G. (1978). **Étude locale des processus d'acquisitions scolaires, Enseignement élémentaire des mathématiques n°18**, éd. IREM de Bordeaux

BROUSSEAU G., BROUSSEAU N. (1987). **Rationnels et décimaux dans la scolarité obligatoire**, Publication de l'I.R.E.M. de Bordeaux

CASTRO, R. A. de, OLIVEIRA, N. de. **Número Fracionário: Estudo Histórico, Epistemológico e da Transposição Didática**. Revista de Educação. Vol. XII. Nº 13. 2009. ISSN 1415-7772. Disponível em: <http://sare.anhanquera.com/index.php/reduc/article/view/824>. Acesso em 23/08/2013.

CHAACHOUA, H. ; Ferraton, G. ; Desmoulin, C. (2013) **Utilisation du modèle praxéologique de référence dans un EIAH**. In : IV congrès international sur la TAD, 2013, Toulouse. *Annales ...* Toulouse : IUFM.

CHEVALLARD, Y. Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques: L'approche anthropologique, **Actes de l'U.E. de la Rochelle**, 1998

\_\_\_\_\_. **La Transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné**. Grenoble: La pensée sauvage éditions, 1985.

DALL'ASTA, R. J., BRANDÃO, E. J. R., **A transposição didática em Software educacionais**. Revista Linhas. Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação – UDESC. Volume 5, n. 2. 2004.

DALMON, D. L., BRANDÃO, A. A. F., BRANDÃO, L. O. **Uso de Métodos e Técnicas para Desenvolvimento de Software Educacional em Universidades Brasileiras**. Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação (desafie) – XXXII CBSC - Curitiba – PR. 2012 Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/desafie/article/view/2794/2447>. Acesso em 07/12/2013.

DAMM, Regina Flemming. Registros de Representação. In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara. **Educação Matemática: Uma (nova) introdução**. São Paulo. 3º edição - revisada. Ed. EDUC, 2012.

DESSIMIONE, T. C.G. **Design de Objetos de Aprendizagem com Bases na Engenharia de Software Educativo e no Design de Interação**. 130p. Dissertação (Mestrado Profissional em Computação Aplicada) – UECE, Fortaleza, 2006. Disponível em: [http://www.uece.br/mpcomp/index.php/arquivos/doc\\_download/179-dissertacao-20](http://www.uece.br/mpcomp/index.php/arquivos/doc_download/179-dissertacao-20). Acesso em 14/08/2013.

GALVIS, A. H. **Ingeniería de Software Educativo**. Santafé de Bogotá: Ediciones Uniandes, 1992.

GALVIS-PANQUEVA, A.. **SOFTWARE EDUCATIVO MULTIMIDIA ASPECTOS CRÍTICOS NO SEU CICLO DE VIDA**. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Online, 1(1). 1997

Dez. 2012. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/2319>>. Acesso em: 05 Abr. 2014..

GITIRANA, V. Função matemática: o entendimento dos alunos a partir do uso de *software* educacionais. In.: BORBA, Rute; GUIMARÃES, Gilda (Org.) **A pesquisa em educação**: repercussões em sala de aula. São Paulo. Cortez. 2009, p. 212 – 240.

GITIRANA, V., TELES, R. A. M., BELLEMAIN, P. M. B., CASTRO, A.T., ALMEIDA, I.A.C., LIMA, P. F., BELLEMAIN, F. . **Jogos com Sucata na Educação Matemática**. 1a. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2013. v. 1. 180p.

GOMES A. S., CASTRO FILHO, J. A., GITIRANA, V., SPINILLO, A., ALVES, M., MELO, M., XIMENES, J. **Avaliação de *software* educativo para o ensino de matemática**. WIE'2002, Florianópolis (SC). Disponível em: <http://cin.ufpe.br/~asg/publications/files/gomes-et-al-wie-2002.pdf>. Acesso em 20 de março de 2013.

GOMES, A. S., WANDERLEY, E. G. **Elicitando requisitos em projetos de *Software Educativo***. IX Workshop de Informática na escola – WIE. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/780/766> Acesso em 20/01/2013.

KAMPFF, A. J. C., CAVEDINI, P. **Ambientes Informatizados de Aprendizagem Matemática**: O estudo da geometria no ensino fundamental. VII Congresso Iberoamericano de Informática Educativa, 2004, LOCAL. P. 1102 – 1111. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/niee/eventos/RIBIE/2004/breve/breves1102-1111.pdf>. Acesso em 20/09/2013.

KUTOVA, M. A. S., OLIVEIRA, C. C. G., **Jogos digitais, competição e socialização na sala de aula**. Anais do XXVI Congresso da SBC. XII Workshop de Informática na Escola – WIE. 14 a 20 de julho de 2006. Campo Grande – MS. Disponível em: <http://ceie-sbc.educacao.ws/pub/index.php/wie/article/view/896/882>. Acesso em: 30/12/2013.

KUZNIAK, A. **La Théorie des Situations Didactiques de Brousseau**. 2004. DIDIREM Paris VII et IUFM d'Orléans-Tours. Disponível em: [http://irem.u-strasbg.fr/php/articles/110\\_Kuzniak.pdf](http://irem.u-strasbg.fr/php/articles/110_Kuzniak.pdf). Acesso em 27/03/2014.

Lucena, M. (1998) **Diretrizes para a capacitação do professor na área de tecnologia educacional: critérios para avaliação de *software* educacional**, Em: Revista Virtual de Informática Educativa e Educação a Distância. Disponível em: [ftp://vpn.fpte.br/cursos/Pos\\_Tecnologia\\_Educacional\\_T1/Aula\\_080510\\_Prof\\_Leonide\\_sJustiniano/Crit\\_rios%20avalia\\_o%20software%20educacional.pdf](ftp://vpn.fpte.br/cursos/Pos_Tecnologia_Educacional_T1/Aula_080510_Prof_Leonide_sJustiniano/Crit_rios%20avalia_o%20software%20educacional.pdf) Acesso em: 27/03/2014.

MACEDO, Lino de. O desenvolvimento psicológico do jogo e a educação. In: **Desenvolvimento Cognitivo e Educação**: Processos do conhecimento e conteúdos específicos. Volume 2. Porto Alegre, Penso: 2014.

MAGELA, R. **Engenharia de *Software* Aplicada**: Princípios. Ed. Alta Books Ltda. 1ª edição. Rio de Janeiro – RJ. 2006.

MELO, Maria Sônia Leitão de, et al. **Bingo dos Números Racionais – Indicações Didáticas**. Projeto Rede na Educação Matemática. NEMAT/UFPE. Disponível em: <http://lematec.net/projetorede/uploads/Textos/Bingo-orienta%C3%A7%C3%B5es%20did%C3%A1ticas-para%20enviar.pdf>. Acesso em 25/08/2012.

NICOLESCU, B. **O Manifesto da Transdisciplinaridade**. Tradução de Lucia Pereira de Souza. São Paulo: Triom, 1999.

OLIVEIRA, B. C. et. al. **A Importância de Atividades Recreativas e Culturais no Processo de Socialização de Crianças de 05 a 10 Anos**. 2012. Disponível em: <http://psicologado.com/psicologia-geral/desenvolvimento-humano/a-importancia-de-atividades-recreativas-e-culturais-no-processo-de-socializacao-de-criancas-de-05-a-10-anos>. Acesso em 30/12/2013.

PAIS, L. C. Transposição Didática. In: MACHADO, S. D. A. **Educação Matemática: Uma (nova) introdução**. São Paulo. 3<sup>o</sup> edição - revisada. Ed. EDUC, 2012.

PERES, D. R. **Modelo de Qualidade para componentes de software**. 151 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional). USP – São Carlos. Nov/ 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-29012007-112338/pt-br.php>. Acesso em 17/04/2013.

POMER, W. M. **Brousseau e a ideia de Situação Didática**. SEMA – Seminários de Ensino de Matemática/ FEUSP. 2008. Disponível em: <http://www.nilsonmachado.net/sema20080902.pdf>. Acesso em 01/02/2013.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional**. 7<sup>a</sup> Edição, McGraw-Hill, 2011.

PROJETO REDE. **Jogos na educação Matemática**. Disponível em: <http://www.lematec.net/projetorede/> Acesso em 23/10/2013.

REZÉU, J. **Médiatisation et médiation pédagogique dans un environnement multimédia**. 2002. Disponível em: <http://joseph.rezeau.pagesperso-orange.fr/recherche/theseNet/index.htm>. Acesso em 25/03/2014.

SANTOS, F. L. **A Matemática e o Jogo: A influência no rendimento escolar** Dissertação. (Mestrado em Ciências da Educação). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 2008. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012906.pdf>> Acesso: 12/03/2013.

SANTOS, G. L. **Alguns princípios para situações de Engenharia de Software Educativos**. Rev. Fac. Educ. UFG, 34 (1): 17-36, jan./jun. 2009. Disponível em: [http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/6089/1/ARTIGO\\_AlgunsPrincipiosSituacoes.pdf](http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/6089/1/ARTIGO_AlgunsPrincipiosSituacoes.pdf) Acesso em 19/01/2013.

SILVA, C. R. da, RAUEN, F. J., **Desenvolvimento de Aplicativos para o Ensino de Função com Base na Teoria de Registro de Representação Semiótica**. Anais do X Encontro Nacional de Educação Matemática Comunicação Científica. Salvador – BA, 7 a 9 de Julho de 2010.

Disponível em: [http://www.lematec.net/CDS/ENEM10/artigos/CC/T20\\_CC1870.pdf](http://www.lematec.net/CDS/ENEM10/artigos/CC/T20_CC1870.pdf)  
Acesso em: 29/06/2013.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2007.

SOUZA, G. S. **Sobre a Engenharia Semiótica da interação com sistemas de interação**. Dissertação. 108 p. (Mestrado em Informática) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: [https://www.academia.edu/3972604/Sobre\\_a\\_Engenharia\\_Semiotica\\_da\\_interacao\\_com\\_Sistemas\\_de\\_Monitoracao](https://www.academia.edu/3972604/Sobre_a_Engenharia_Semiotica_da_interacao_com_Sistemas_de_Monitoracao). Acesso em 24/02/2013.

TCHOUNIKINE, P. **Computer Science and Educational Software Design: A Resource for Multidisciplinary Work in Technology Enhanced Learning**. Ed. Springer. 2011

\_\_\_\_\_. **Platon-1 :quelques Dimensions pour l'analyse des travaux de recherche en conception d'EIAH**. Rapport de l'Action Spécifique. Fondements théorique set méthodologiques de la conception des EIAH. Département STIC du CNRS. 2004. 19p.

\_\_\_\_\_. **Précis de recherche de Ingénieriedes EIAH**. 2009. Disponível em: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/41/36/94/PDF/PrecisV1.pdf>. Acesso em: 06/12/2013.

VALENTE, J.A. Análise dos diferentes tipos de *software* usados na Educação. In. VALENTE, J. A.(org.) **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: NIED/UNICAMP, 1999. Disponível em: <http://www.nied.unicamp.br/oea/pub/livro1/>. Acesso em 07/12/2013.

VIEIRA, M. S. L. M., PEREIRA, G. M. M., SANTOS, L. S., MORAIS, M. D., BELLEMAIN, P. M. B. Bingo dos números racionais. In: FERREIRA, V. G. G., TELES, R. A. M., BELLEMAIN, P. M. B., CASTRO, A.T., ALMEIDA, I. A. C., LIMA, P. F., BELLEMAIN, F. (Org.). **Jogos com sucata na educação matemática: projeto rede**. 1ed.Recife: NEMAT: Editora universitária da UFPE, 2013, v. 1, p. 79-108

# APÊNDICES

## APÊNDICE A



Questionário elaborado para pesquisa dissertativa: **ESTUDO DAS VARIÁVEIS DIDÁTICAS COMO PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA DE SOFTWARE EDUCATIVO: UMA ANÁLISE DO BINGO DOS RACIONAIS**

Orientanda: Carolina Soares Ramos

Orientador: Prof. Dr. Franck Bellemain

Co-Orientadora: Prof. Dra. Verônica Gitirana

Estamos propondo, em nosso estudo dissertativo, um modelo computacional para o Bingo dos Racionais, ou seja, pretendemos desenvolver uma versão digital do jogo, que possa ser jogada no computador e pela *internet*, um Bingo dos Racionais Digital.

Para ajudar a definir as especificações desse jogo, estamos solicitando a colaboração dos professores que elaboraram o Bingo dos Racionais na sua versão impressa e de professores que conhecem o jogo, por terem participado do projeto rede como formadores.

Elencamos algumas variáveis didáticas utilizadas no desenvolvimento da versão impressa e os valores que assumem no Bingo dos Racionais original. Como a versão 2 é pouco detalhada nos textos do Projeto Rede, vamos considerar os valores assumidos na versão 1. Pedimos que para cada uma dessas variáveis que identificamos, responda se numa versão digital do jogo acha que os valores da variável devem ser mantidos inalterados, devem ser alterados ou devem ser deixados variáveis. Para isso, organizamos os aspectos observados em blocos, para os quais há uma pequena introdução seguida de algumas questões de múltipla escolha e de um quadro de comentários. Ao final do bloco, se desejar, registre no quadro seus comentários, indicando a questão à qual se refere. Por exemplo, nesse campo pode-se explicar um pouco mais sobre as alternativas escolhidas – no caso de haver mudança do valor de alguma variável em relação à versão impressa, explicitar que valor acha que deveria ter na versão digital e no caso de contemplar diversos valores,

dizer quais acha que deveriam ser contemplados e/ou qual o modo de escolha ser adotado (aleatório, preestabelecido para diferentes níveis do jogo, escolhido pelo professor).

Desde já, agradecemos a sua colaboração.

## APÊNDICE B



## Roteiro para entrevista complementar ao questionário

Ao pensarmos em possíveis contribuições do computador para adaptações do bingo com finalidades educacionais, elencamos algumas características importantes para o desenvolvimento do jogo, levantamos algumas possibilidades de configuração e gostaríamos de saber sua opinião.

1. Que contribuições você acha que o computador pode trazer em relação às possibilidades de representação de números racionais?

2. Pensamos que o uso do computador pode incrementar o jogo trazendo o dinamismo, por exemplo, com inclusão de som e animações. Que sugestões você daria sobre esse aspecto?

3. Quanto ao tamanho e formato das cartelas, na versão impressa, são nove itens dispostos em uma cartela quadrada de três por três. O que motivou essa escolha? Com o bingo digital, o tamanho das cartelas pode variar em função da escolha do proponente de uma partida. Então, elas podem ser quadradas ou retangulares. Você vê algum inconveniente em considerar na versão digital a possibilidade de ter cartelas retangulares e/ou de ampliar a quantidade de itens? Você vê vantagens em considerar essas possibilidades?

4. Um elemento inovador do Bingo dos Racionais é a presença do que vocês chamaram de distratores, ou seja, um número representado nas cartelas que não consta nas fichas e que corresponde a erros frequentes cometidos pelos alunos. Na versão digital é possível escolher sem muito custo em função do momento e das circunstâncias, se as cartelas têm um distrator, nenhum ou vários distratores. O que você acha de deixar a presença ou não de distratores como uma opção, na versão digital? O que acha de oferecer a possibilidade de colocar mais de um distrator? Que cuidados precisam ser tomados em relação a essa questão dos distratores?

5. O Bingo dos Racionais na sua versão impressa tem 2 níveis voltados respectivamente para o segundo ciclo do ensino fundamental e para a segunda etapa do ensino fundamental. Para isto, é feita uma proposta detalhada de cartelas para o nível 1, mas no caso do nível 2 são exibidos apenas os critérios de composição das cartelas propostos. Como você acha que deveria funcionar a questão dos níveis na versão digital?

6. O computador pode assumir algumas funções que são assumidas pelos participantes ou que não são realizadas na versão impressa do Bingo dos Racionais. Pode desempenhar o papel de chamador, incluindo também algumas funções de voz, que façam com que o aluno escute o número chamado; pode conferir a marcação; pode armazenar em um banco de dados, as jogadas dos alunos (quais cartelas foram marcadas por ele, como foi seu desempenho, etc.); pode subsidiar a elaboração de cartelas e fichas; etc. Que vantagens e desvantagens você vê nessa transferência de responsabilidade e nessas possibilidades?

7. Muitos aspectos que na versão impressa são fixados podem ser opções do usuário, sem custo muito alto de operacionalização na versão digital. Que comentários você gostaria de fazer sobre esse aspecto?

8. A quantidade de jogadores na partida e por cartela pode ficar a critério da proposta didática escolhida pelo professor, mas a versão digital acrescenta a opção do aluno jogar sozinho, sem intervenção explícita de alguém com perfil de professor. O que você acha dessa possibilidade?

9. Do seu ponto de vista, que modificações são desejáveis no papel a ser desempenhado pelo aluno numa versão digital do Bingo dos Racionais?

10. Que modificações no papel desempenhado pelo professor você considera desejáveis numa versão digital do Bingo dos Racionais?

11. Quais os possíveis impactos (positivos e negativos) de mudanças nas regras do jogo como as seguintes:

a) se a finalização da partida não for mais completando uma linha, uma coluna ou uma diagonal, mas completando uma cartela ou limitando o tempo?

b) se for possível conferir de maneira automática e instantânea cada marcação feita pelo jogador?

c) A inclusão de algumas variáveis envolvendo o tempo, por exemplo, delimitar o tempo para uma partida, ou para a marcação de cada elemento na cartela. Num jogo em rede, com vários usuários online, poderia ser aceito apenas o jogador que marcar a cartela primeiro?

12. Qual a natureza dos *feedbacks* do computador para as ações dos usuários?

a) quando um aluno esquece de marcar um item, você acha que deve receber algum aviso? De que natureza?

b) quando um aluno faz uma marcação errada, deve receber algum aviso? De que natureza?

13. Que contribuições um Bingo dos Racionais Digital podem trazer para a prática do professor no ensino, para a aprendizagem dos alunos sobre Números Racionais e para a pesquisa sobre a didática dos números racionais?

a) São as mesmas do Bingo em papel ou para você, existe alguma nova função do bingo que só se tornaria possível devido ao uso de tecnologia computacional?

b) Você acha que o uso do bingo na web facilita a aprendizagem do conteúdo proposto?

c) Que dificuldades vocês enfrentaram na elaboração da versão impressa do bingo e que poderiam ser facilitadas em uma versão digital?

14. Quais são os limites/restrições que você acha que uma versão digital do bingo pode ter em relação com a versão de papel?

15. Em relação ao conteúdo, o Bingo dos Racionais é colocado como um exemplo que pode inspirar a elaboração de jogos que focam outros conteúdos matemáticos. É o caso do Bingo das Grandezas e Medidas, elaborado pela própria equipe do Projeto Rede. Se pensarmos uma arquitetura de *software* que permita adaptar o sistema a novos conteúdos, que conteúdos matemáticos você pensa que poderiam ser contemplados?

Agradecemos pela sua contribuição.

Bloco A. As representações dos números racionais contempladas no jogo.

O aspecto privilegiado no jogo é o das maneiras de representar números racionais, sendo que as fichas de chamada são em linguagem natural e as cartelas são compostas com representações em linguagem simbólica-numérica e figurativa.

1. Na versão digital, as fichas de chamada:

- a) devem ser necessariamente em linguagem natural.
- b) devem usar outra forma de representar.
- c) devem utilizar representações variadas.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

2. Na versão digital do jogo, quanto aos modos de representar números racionais nos itens das cartelas:

- a) devem ser os mesmos do jogo impresso.
- b) devem ser diferentes daqueles utilizados na versão impressa.
- c) o usuário pode escolher entre compor sua cartela ou utilizar as cartelas já montadas no bingo impresso.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

Comentários

### Bloco B: As cartelas

Outro elemento destacado na análise didática do Bingo dos Racionais é a natureza dos números que compõem as cartelas. Números racionais que tem escrita decimal finita com até duas casas decimais após a vírgula, frações unitárias com denominador menor que 10, que não tem necessariamente escrita decimal finita (neste caso, só constam na cartela representações fracionárias ou figurativas). São nove itens dispostos em uma cartela quadrada de três por três. Um elemento inovador do Bingo dos Racionais é a presença do que os desenvolvedores do jogo chamaram de distratores, ou seja, um número representado nas cartelas que não consta nas fichas, os quais correspondem a erros frequentes cometidos pelos alunos.

3. Quanto aos tipos de números contemplados na cartela
  - a) devem ser os mesmos contemplados no bingo impresso.
  - b) há tipos de números não contemplados no bingo impresso que deveriam constar na versão digital.
  - c) o usuário deve poder escolher que tipos de números devem ser contemplados na cartela.
  - d) nenhuma das alternativas acima.
  - e) não tenho opinião formada sobre isso.
  
4. Quanto ao formato da cartela, você considera que na versão digital:
  - a) deve ser necessariamente quadrada.
  - b) deve ter outro formato
  - c) o formato da cartela deve ser uma opção do usuário.
  - d) nenhuma das alternativas acima.
  - e) não tenho opinião formada sobre isso.
  
5. Quanto à quantidade de itens, no caso de ser sempre quadrada:
  - a) deve ser necessariamente com nove itens.
  - b) deve ter outra quantidade de itens.
  - c) a quantidade de itens deve ser variável.
  - d) nenhuma das alternativas acima.
  - e) não tenho opinião formada sobre isso.
  
6. Quanto aos distratores
  - a) devem ser eliminados na versão digital.
  - b) devem ser mantidos na versão digital.
  - c) a versão digital deve oferecer a possibilidade de ter distratores, mas a escolha de inserir distratores fica a cargo do usuário-professor.
  - d) nenhuma das alternativas acima.
  - e) não tenho opinião formada sobre isso.

Comentários

### Bloco C: A chamada

As fichas de chamada determinam que números são contemplados no jogo em cada nível. O procedimento de chamada é feito pela leitura de uma expressão em linguagem natural correspondente a um número racional registrada em fichas de chamada. No caso do nível 2 da versão impressa há mais de uma expressão e o jogador que assume o papel de chamador pode escolher que expressão vai ler e no caso do nível 1 há apenas uma expressão no cartão. Os jogadores podem decidir quantas vezes a ficha é lida. As fichas (20 fichas na versão impressa de nível 1 e 25 de nível 2) podem ser sorteadas, classificadas ou escolhidas. Nas questões a seguir, expresse seu ponto de vista sobre as condições relativas ao conteúdo das fichas e sobre as condições de chamada, na versão digital do bingo.

7. Os números contemplados nas fichas de chamada de cada nível do jogo:
- a) devem ser aqueles definidos na versão impressa do Bingo dos Racionais.
  - b) devem ser preestabelecidos no jogo, mas diferentes daqueles definidos no bingo impresso.
  - c) a opção da composição das fichas de chamada deve ser sempre do usuário-professor.
  - d) nenhuma das alternativas acima.
  - e) não tenho opinião formada sobre isso.
8. Quanto às fichas de chamada:
- a) devem ser sorteadas aleatoriamente.
  - b) devem ser escolhidas pelo usuário-professor.
  - c) o jogo deve oferecer a opção entre sortear e escolher.
  - d) nenhuma das alternativas acima.
  - e) não tenho opinião formada sobre isso.
9. O procedimento de chamada:
- a) deve ser oral
  - b) deve ser escrito
  - c) pode ser oral ou escrito
  - d) nenhuma das alternativas acima.

e) não tenho opinião formada sobre isso.

10. Nas fichas de chamada:

a) deve haver sempre uma única representação do número chamado, como no nível 1 do bingo impresso.

b) deve haver mais de uma representação do número chamado como no nível 2 do bingo impresso.

c) a quantidade de representações do número chamado deve ser deixada como opção para o usuário.

d) nenhuma das alternativas acima.

e) não tenho opinião formada sobre isso.

Comentários

#### Bloco D. Os papéis desempenhados pelos participantes

Quanto à quantidade de participantes e aos papéis que podem ser desempenhados há o perfil professor e o perfil aluno. Só é prevista a possibilidade de uma turma jogando, com um professor mediando as interações, embora, nos textos do projeto rede seja explicitado que se trata de uma proposta que pode e deve ser adaptada pelos professores para os diferentes contextos de sala de aula.

Observamos que para cada cartela é desejável que haja pelo menos dois jogadores no perfil aluno (um que desempenha o papel de escriba e outro que assume o papel de chamador). Além disso, o papel de chamador em cada partida pode ser desempenhado por um aluno ou por um professor. No caso do nível 1, o chamador apenas lê a expressão que consta na ficha de chamada. Mas, o papel de chamador no nível 2 é mais interessante, porque o aluno pode escolher a expressão que prefere chamar (uma vez que cada cartão tem várias expressões em linguagem natural correspondentes ao mesmo número racional). O escriba escreve em uma folha de registro uma representação de cada número chamado, mesmo se esse número não estiver na sua cartela. O marcador deve marcar os itens chamados, caso constem na sua cartela. O professor pode desempenhar as funções de escriba ou chamador, bem como lhe cabe a mediação do jogo e da conferência das cartelas.

Consideramos que o computador permite certa flexibilidade na concepção de uma partida e nos perfis possíveis dos participantes. Assim, além de chamador, escriba e marcador, podemos pensar num papel de elaborador de partida: o usuário (o professor, o aluno ou mesmo o computador) tem a possibilidade de criar uma partida, montando cartelas e fichas com diferentes representações, como forma de um desafio.

11. Quanto aos perfis dos participantes:

- a) devem ser mantidos exclusivamente os de professor e aluno
- b) deve haver outros perfis
- c) os perfis devem poder ser escolhidos pelos jogadores
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

12. Quanto à quantidade de jogadores

- a) deve ser mantida apenas a opção de um professor com uma turma
- b) deve ser apenas um jogo individual contra o computador
- c) deve haver a opção de jogo individual ou coletivo, com suporte computacional.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

13. Quanto aos papéis que podem ser desempenhados pelos alunos:

- a) devem ser mantidos os três papéis: marcador, chamador, escriba.
- b) só o papel de marcador deve ser mantido.
- c) a escolha dos papéis a serem desempenhados pelos alunos deve ser deixada em aberto.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

14. Para cada cartela:

- a) deve haver pelo menos dois jogadores, como é o caso da versão impressa do bingo.
- b) deve haver apenas um jogador.
- c) a escolha da quantidade de jogadores deve ser deixada em aberto.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

15. Na preparação do jogo, o professor deve poder:

- a) apenas sortear ou escolher as cartelas a serem utilizadas pelos alunos, como no caso do bingo impresso.
- b) compor as cartelas.
- c) optar entre sortear ou escolher cartelas previamente elaboradas ou compor as cartelas de acordo com suas necessidades.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

16. Na mediação do jogo, o professor deve:

a) poder assumir os papéis de chamador e escriba e liderar o processo de conferência das cartelas, como no caso do bingo impresso.

b) assumir papéis diferentes desses.

c) escolher que papéis assume.

d) nenhuma das alternativas acima.

e) não tenho opinião formada sobre isso.

17. Quanto à possibilidade de um perfil de elaborador:

a) as cartelas, fichas e decisões nas condições de vivência do jogo devem ser aquelas da versão impressa.

b) cabe ao professor o perfil de elaborador de fichas, cartelas e demais condições na vivência do jogo.

c) qualquer usuário deve poder escolher se vai assumir o papel de elaborador ou se vai optar pelas cartelas e fichas pré-formatadas.

d) nenhuma das alternativas acima

e) não tenho opinião formada sobre isso.

18. Quanto aos papéis desempenhados pelos participantes na conferência da cartela:

a) a conferência deve ser feita coletivamente pelos jogadores-alunos com mediação do professor, como é o caso da versão impressa do jogo.

b) a conferência deve ser automaticamente feita pelo computador.

c) o professor deve poder optar se o computador confere as marcações ou se no momento que algum jogador anuncia que “bateu” é feita a conferência pela turma.

d) nenhuma das alternativas acima.

e) não tenho opinião formada sobre isso.

Comentários

Bloco E: Quanto às regras do jogo

Na versão impressa do Bingo dos Racionais, os jogadores (professor e alunos) decidem quantas vezes o número será chamado, mas não é estabelecido um tempo para marcação. A partida termina quando algum jogador completa uma linha, uma

coluna ou uma diagonal. Após algum aluno declarar que “bateu”, o que no caso das regras do Bingo dos Racionais impresso, corresponde a completar uma linha, uma coluna ou uma diagonal. É necessário que o professor, juntamente com a turma, faça essa conferência para confirmar a vitória. Nenhuma verificação é feita ao longo da partida sobre a correspondência entre o número chamado e aquele que é marcado. Cada partida é independente. Não há acúmulo de pontos dos jogadores nem tampouco pontuação diferenciada se, por exemplo, um jogador bate completando ao mesmo tempo uma linha e uma coluna da cartela. Nenhum retorno é previsto no caso de um jogador não marcar um número chamado.

19. Quanto ao tempo para marcação:

- a) deve ser deixado livre.
- b) deve ser fixado pelo computador.
- c) deixar o tempo livre ou limitá-lo deve ser opção do usuário.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

20. Quanto ao critério para finalização da partida:

- a) deve ser mantido aquele da versão impressa, ou seja, completar diagonal, coluna ou linha.
- b) deve ser utilizado o critério padrão do bingo convencional, ou seja, completar a cartela.
- c) deve ser deixado como opção para os usuários.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

21. Quanto ao momento da verificação das marcações:

- a) deve ser feita quando algum jogador declara ter “batido”
- b) deve ser feita automaticamente a cada marcação
- c) a opção de verificar continuamente ou quando o jogador declara ter batido, deve ficar a cargo do usuário.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

22. No caso de verificações contínuas (obrigatórias ou opcionais):

- a) o computador deve sinalizar se o aluno esquecer de marcar um número chamado.
- b) o computador não deve sinalizar se o aluno esquecer de marcar um número chamado.
- c) a opção de sinalizar ou não esquecimentos deve ser do usuário.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

23. O computador facilita o registro dos resultados de partidas sucessivas:

- a) esse recurso é útil.
- b) não vejo a utilidade desse recurso.
- c) o registro ou não de resultados deve ser opcional.
- d) nenhuma das alternativas acima.

e) não tenho opinião formada sobre isso.

24. No caso de registro de pontuações:

- a) a pontuação deve ser apenas contando quantas partidas o usuário ganhou.
- b) a pontuação deve ser em função da quantidade de linhas, colunas ou diagonais completadas pelo jogador.
- c) a contabilidade de pontuações pode seguir critérios estabelecidos pelo professor.
- d) nenhuma das alternativas acima.
- e) não tenho opinião formada sobre isso.

Comentários