

Jogos Educacionais Adaptativos: Promovendo Experiências Personalizadas

Diener Maick Piske^{1,2}

Crediné Silva de Menezes^{1,3}

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Informática, Brasil

² Universidade Federal de Juiz de Fora, Núcleo de Tecnologia da Informação, Brasil

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Estudos Básicos da Faculdade de Educação, Brasil

Resumo

O desenvolvimento de jogos eletrônicos com objetivos educacionais tem se mostrado uma importante área de pesquisa no cenário internacional. Academia e empresas tem buscado formas de aproveitar todo potencial de diversão e imersão dos jogos para estimular aprendizagens de forma natural, agradável e eficiente a seus jogadores de forma personalizada. Nesse contexto adaptatividade em jogos eletrônicos tem se apresentado como área capaz de proporcionar experiências de jogo totalmente personalizadas aonde o conteúdo do jogo se adapta de acordo com informações obtidas de seu jogador. Esse trabalho apresenta uma revisão das principais publicações relacionadas a jogos eletrônicos adaptativos destacando a importância do conceito de adaptatividade para jogos eletrônicos educacionais e as principais formas de se alcançá-la. Destaca também os principais desafios e aponta algumas possibilidades de pesquisa para desenvolvimento da área. Por fim verificamos que jogos eletrônicos adaptativos se mostra uma importante área de pesquisa e que apresenta ótimas contribuições para que jogos educacionais possam proporcionar tanto conhecimento quanto diversão a seus jogadores.

Palavras-Chave: Jogos Eletrônicos, Educação, Adaptatividade, Geração Procedural de Conteúdo, Semântica.

Contato dos Autores:
dienermaickpiske@gmail.com
credine@gmail.com

1. Introdução

Jogos eletrônicos estão cada vez mais presentes na sociedade moderna, todos os dias milhares de pessoas acessam de seus computadores, tablets, celulares, consoles e outros dispositivos seus jogos preferidos. A área é destacada atualmente como um dos mais promissores mercados na indústria do entretenimento mundial podendo alcançar em 2015 o faturamento de mais de US\$ 91 bilhões segundo a NewZoo [2015] e tem recebido além de grandes investimentos a atenção de pesquisadores de todo mundo com objetivo de aperfeiçoar o processo de criação e a qualidade apresentada por estes jogos. Além da utilização clássica destes jogos como instrumentos de

entretenimento tem surgido também outras aplicações como por exemplo relacionada ao treinamento profissional e para fins educacionais, os chamados Jogos Sérios ou *Serious Games*. Gee [2003; 2010] por exemplo defende que jogos eletrônicos possuem grandes potenciais pedagógicos e que são uma ferramenta educacional revolucionária.

Apesar do aumento significativo de pesquisas relacionadas aos jogos eletrônicos e os recentes avanços apresentados pela área, seu processo de criação se baseia ainda em uma estrutura rígida, composta geralmente por objetos estáticos definidos de forma manual durante seu desenvolvimento. Essa característica apesar de proporcionar maior controle ao desenvolvedor apresenta também características indesejadas sendo apontado por exemplo como principal responsável pelo elevado tempo e custo de desenvolvimento de novos jogos [Hendrikx et al. 2011]. Outro grave problema apontado por Hendrikx et al. [2011] é o fato de que seus jogadores podem identificar alguns padrões e comportamentos do jogo agindo em alguns momentos de forma automática e repetitiva o que no contexto de jogos educacionais pode comprometer a compreensão e reflexão relacionada as tarefas e situações ao qual o jogador foi submetido prejudicando sua experiência de aprendizagem.

Enquanto temos de forma geral um processo de construção de jogos de forma rígida, temos por outro lado uma comunidade de jogadores com necessidades e preferências distintas que demandam recursos e experiências de jogo diferenciadas e cada vez mais elaboradas. Em jogos educacionais é necessário ainda estimular o jogador a atingir determinado nível de habilidade ou conhecimento, mas é importante considerar que cada indivíduo possui experiências e conhecimento prévio totalmente diferenciado e caso sua experiência de jogo não seja bem conduzida pode acabar sendo submetido a repetição massiva de fases e missões ou concluí-las com grande facilidade, o que em ambos os casos pode comprometer o processo de aprendizagem.

Atualmente mesmo a indústria milionária de jogos eletrônicos possui dificuldades em fornecer conteúdo atualizado e personalizado a um custo aceitável [Hendrikx et al. 2011] como então além de produzir

conteúdo, seria possível estimular aprendizagens de forma personalizada e adaptadas às necessidades e preferências de cada jogador? Nesse sentido apresentamos uma revisão dos mais recentes trabalhos relacionados à criação de jogos educacionais adaptativos focando em como ela pode ser realizada, seus principais desafios e os principais projetos acadêmicos. Destacamos também a colaboração de outras áreas para construção de jogos educacionais como a utilização de técnicas de Geração Procedural de Conteúdo destacando a importância de se abstrair detalhes técnicos da criação de jogos e de promover mecanismos de apoio à verificação de aprendizagens.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: A sessão dois apresenta a metodologia de pesquisa adotada para elaboração deste trabalho, a sessão três apresenta alguns trabalhos relacionados, na sessão quatro são destacados os princípios básicos da adaptação em jogos eletrônicos, a sessão cinco apresenta a revisão dos trabalhos analisados, a sessão seis apresenta aspectos relacionados à criação de conteúdo adaptativo, na sessão sete são apresentadas as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

2. Metodologia de Pesquisa

Durante vários meses foram analisados diversos trabalhos relacionados à adaptatividade em jogos eletrônicos e a geração procedural de conteúdo, a cada semana eram buscados aproximadamente dez trabalhos com boa relevância internacional na área e realizada uma leitura e análise aprofundada dos mais significativos. Foram utilizadas a ferramenta de pesquisa Google Scholar (<http://scholar.google.com.br>) e bases como IEE Xplore (<http://ieeexplore.ieee.org>) e ACM Directory Library (<http://dl.acm.org/dl.cfm>) além de outras. Durante a análise foram considerados por exemplo a ideia central do trabalho, pontos positivos e negativos, questionamentos relacionados, trabalhos relacionados e colaboração do trabalho para a área de jogos educacionais. Ao final foi elaborado este artigo para apresentação dos principais trabalhos e percepções sobre a área de adaptatividade e construção de jogos educacionais com suas principais contribuições e possibilidades de pesquisa.

3. Trabalhos Relacionados

Durante o processo de pesquisa e revisão bibliográfica foram encontrados dois trabalhos com grande relação a esse aqui apresentado e que colaboraram significativamente para compreensão geral da área de Adaptatividade em Jogos Eletrônicos e Geração Procedural de Conteúdo.

O artigo “Adaptivity challenges in games and simulations: A survey” de Lopes e Bidarra [2011a] faz uma revisão das iniciativas tanto da academia quanto da indústria de jogos de se aplicar o conceito de adaptatividade em jogos eletrônicos destacando os

principais desafios para avanço da área e obtenção de melhores resultados. O artigo faz uma divisão detalhada entre adaptação online (aonde o jogo se ajusta ao jogador de forma transparente durante sua interação) e offline (aonde são realizadas adaptações para fases ou cenários futuros) e apresentam maior foco em técnicas específicas para promoção de adaptatividade fazendo uma análise detalhada para cada tipo de conteúdo gerado. Já nosso trabalho apresenta o conceito de forma mais ampla porém destaca seu relacionamento com outros aspectos relacionados à criação de jogos educacionais.

O trabalho de Hendrikx et al. [2011] “Procedural Content Generation for Games: A Survey” colaborou significativamente para compreensão da área de Geração Procedural de Conteúdo, nele são apresentados os principais trabalhos e técnicas e é sugerida uma classificação taxonômica para a área. O trabalho de Hendrikx possui foco específico na análise da área de Geração Procedural de Conteúdo e apesar de sugerir a adoção dessas técnicas como forma de criar conteúdo capaz de promover experiências de jogo personalizadas não considera de forma clara o conceito de adaptatividade em jogos eletrônicos e não apresenta contribuições da área direcionadas à construção de jogos educacionais.

Ambos os trabalhos podem ser considerados para uma melhor compreensão e aprofundamento de pesquisas na área de adaptatividade e geração procedural de conteúdo em jogos eletrônicos e apresentam ideias e projetos complementares aos apresentados neste trabalho.

4. Adaptatividade em Jogos Eletrônicos

A adaptatividade em jogos eletrônicos pode ser vista de forma genérica como qualquer forma de ajustar o jogo a seu jogador de acordo com performance ou dados resultantes da interação entre eles [Magerko, 2008]. Imagine por exemplo um jogo do tipo aventura onde o jogador tenha missões relacionadas à exploração de locais e à eliminação de monstros, uma engine adaptativa poderia ser capaz de identificar seu tipo de missão preferida e favorecer a entrega de missões semelhantes visando alcançar um maior nível de satisfação do jogador. Essa é a ideia principal, aonde não só o jogador deve evoluir e se ajustar ao jogo, mas também a própria engine de jogo deve ser capaz de compreender as ações de seu jogador e se adaptar a ele visando promover uma experiência de jogo personalizada e eficiente.

Um dos principais aspectos a ser considerado no processo de criação de jogos educacionais é com relação ao controle e ajuste do nível de desafio apresentado pelo jogo e as habilidades apresentadas pelo jogador. Geralmente jogos possuem ajuste do nível de dificuldade definido totalmente de forma

estática em tempo de desenvolvimento, o clássico Fácil, Normal ou Difícil, abordagem que segundo Lopes e Bidarra [2011a] pode ser ineficiente uma vez que novos jogadores podem não identificar em qual perfil eles se encaixariam antes de iniciar o jogo ou ainda apresentar necessidades ou preferências não contempladas por nenhum dos perfis pré-definidos fazendo com que tenham uma experiência de jogo totalmente incompatível com suas habilidades. Chen [2010] sugere como alternativa uma abordagem adaptativa defendendo que o ajuste do nível de dificuldade por ser uma tarefa complexa deve ser realizado de forma contínua em tempo de jogo de acordo com a evolução das habilidades de seu jogador para assim se manter em um nível ótimo e proporcionar uma experiência de jogo eficiente.

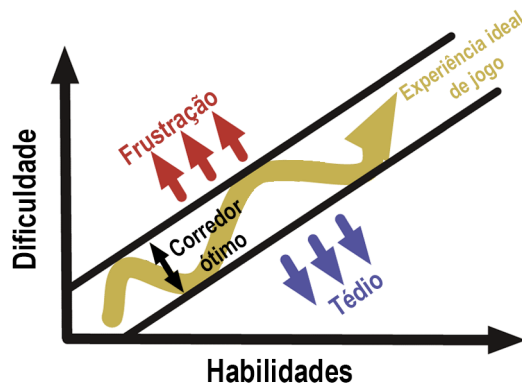


Figura 1: Fluxo ideal de jogo [Thomas e Young 2010]

A Teoria do Fluxo [1990] que serviu de base para o trabalho de Chen [2006] é apresentada também por outros autores como forma de demonstrar o equilíbrio ideal entre dificuldade e habilidades do jogador como por exemplo nos trabalhos de Tremblay et al. [2007] e Thomas e Young [2010] que utilizam gráfico semelhante ao apresentado na figura 1 para representá-la. Percebemos no gráfico que a experiência de jogo vivida pelo jogador deve estar sempre dentro de um corredor ótimo, caso o nível de dificuldade supere muito as habilidades do jogador pode levá-lo a um estado de frustração, caso as habilidades sejam muito superiores o jogador pode entrar no estágio de tédio. Thomas e Young [2010] ressaltam ainda que o caminho percorrido dentro do corredor em forma de serpentina produz um ritmo psicologicamente desejável de excitação e reflexão o que é amplamente desejado para estímulo do aprendizado e evolução de habilidades, aspecto importante a ser considerado principalmente em jogos educacionais.

Além do ajuste do nível de dificuldade, o conceito de adaptatividade em jogos eletrônicos pode ser aplicado também a diversos outros aspectos com o objetivo de manter a experiência de jogo vivenciada pelo jogador dentro do corredor ótimo destacado pela Teoria do Fluxo. Por exemplo podem ser realizados ajustes na história do jogo, inserindo elementos ou eventos de acordo com as preferências do jogador. Com relação as missões do jogo poderiam por exemplo

ser disponibilizadas tarefas de acordo com perfil do jogador ou ainda seguindo uma determinada estratégia de ensino ou conteúdo definido por um tutor. Cenários podem também ser construídos ou modificados durante o jogo para proporcionar um ambiente mais adequado e atraente. As aplicações são inúmeras sempre considerando como figura principal o jogador, buscando promover uma experiência de jogo adequada e assim potencializar o processo de aprendizagem.

Com relação a implementação de jogos adaptativos Prince e Davis [2008] ressaltam que se faz necessário abandonar a forma tradicional de criação de jogos, estática e rígida, e passar para uma modelagem de jogos mais dinâmica e flexível com maior riqueza de detalhes e informações tendo sempre em mente o conceito de adaptatividade. Destacam ainda que seria necessário definir uma maneira de que a engine de jogo tenha capacidade de identificar o que, quando e como se adaptar e que tenha disponível ainda dados suficientes coletados do jogador e de suas interações com o mundo virtual para que seja possível em tempo de jogo e de forma automática realizar as adaptações necessárias.

5. Projetos Adaptativos

Na busca pela aplicação da adaptatividade em jogos eletrônicos foram encontradas uma série de projetos e arquiteturas, tanto contribuições da indústria quanto do meio acadêmico, apresentamos a seguir uma análise dos principais trabalhos com o objetivo de conhecer e compreender os caminhos seguidos por pesquisadores de todo mundo e vislumbrar possibilidades de pesquisa para evolução da área.

Um dos primeiros trabalhos encontrados foi o framework proposto por Bellotti et al. [2009a; 2009b] que permite a criação de missões de forma dinâmica através do sequenciamento de tarefas previamente produzidas e armazenadas em uma base de tarefas. O sequenciamento dessas tarefas é feito por uma engine especializada que considera tanto os dados coletados do jogador quanto estratégias pedagógicas previamente definidas. Bellotti et al. [2009a] defende ainda que para viabilizar a construção e aumentar a difusão de jogos educacionais se faz necessário abstrair detalhes técnicos e permitir que profissionais da área de ensino possam focar na criação das tarefas de forma fácil e intuitiva uma vez que esses profissionais geralmente não possuem grandes conhecimento sobre modelagem e construção de jogos.

Seguindo esse mesmo princípio Daconceição et al. [2011] apresenta um framework para criação semiautomática de jogos aonde através de um wizard seria possível realizar a criação de jogos sem a necessidade de conhecimentos avançados em programação. O framework se baseia em uma base de componentes e scripts prontos estruturados em formato XML que se integram e podem ser combinados pelo

autor inclusive considerando técnicas pedagógicas para formação do jogo final. Abordagem interessante e que representa um bom caminho para viabilizar a criação de jogos educacionais.

Thomas e Young [2010] apresentam o projeto Annie para geração automática de missões adaptativas com base na técnica de Plan-Based Game Design, aonde são definidos em tempo de jogo sequências de tarefas organizadas de acordo com perfil do jogador. Estratégia semelhante ao Framework apresentado por Bellotti et al. [2009a] mas que possui ainda capacidade de estimar o nível de compreensão por seus jogadores durante a realização das tarefas através da análise de logs e da análise do perfil do jogador apresentando uma boa ferramenta para suporte a avaliação. Os autores destacam a importância de uma ferramenta de avaliação em jogos educacionais com o objetivo de que se possa identificar os aprendizados obtidos pelo jogador e medir a eficiência do jogo como ferramenta de ensino.

Foram encontradas ainda importantes contribuições relacionada a adaptatividade em jogos no projeto ELEKTRA. Projeto multidisciplinar que além de profissionais da computação envolvem profissionais da área de psicologia, neurociência, pedagogia e outros e que conforme apresentado por Kickmeier-Rus e Albert [2010] defende o conceito de micro-adaptatividade que tem como princípio proporcionar ao aprendiz suporte a realização de tarefas sem interferir no fluxo de jogo ou comprometer o efeito de imersão, característica destacada como amplamente desejado sobretudo no contexto de jogos educacionais. O projeto ELEKTRA deixa claro ainda a importância de proporcionar ao jogador respostas em tempo de jogo como forma de orientá-lo na realização das tarefas propostas e ainda a seleção de conteúdo de forma adaptativa de acordo com as competências apresentadas pelo jogador. A figura 2 demonstra a interface do protótipo de jogo construído que além de uma interface gráfica agradável proporciona ótimas aprendizagens.



Figura 2: Protótipo desenvolvido pelo projeto ELEKTRA aplicando o conceito de micro-adaptatividade.

Peirce et al. [2008] apresentam a arquitetura ALIGN aplicada ao projeto ELEKTRA, tal arquitetura busca promover aprendizagens mas com grande foco também em questões relacionadas a diversão do jogador alinhando as áreas mais relevantes nesses dois contextos como elementos lúdicos, narrativa e motivação enquanto ferramenta de entretenimento e estilos de aprendizagem, meta cognição e reflexão

enquanto ferramenta educacional. O autor destaca que principalmente jogos educacionais precisam divertir e envolver de forma eficiente seus jogadores e que caso falhem nesse aspecto dificilmente conseguirão promover aprendizagens com todo seu potencial.

O trabalho apresentado por Yannakakis e Hallam [2008] foca na importância de se conhecer bem seu jogador e promove uma análise comportamental durante o jogo para alcançar um nível eficiente de adaptação de conteúdo. A técnica leva em conta para análise de seus jogadores aspectos psicológicos e neuristológicos associados ao conceito de diversão em jogos digitais, uma vez levantado o perfil do jogador com características relacionadas ao seu estilo de jogo, a engine de jogo realiza em tempo real algumas adaptações específicas visando a satisfação de seu jogador. Foram realizados testes com crianças com duas versões do jogo Bug-Smasher visando verificar a eficiência da técnica, aonde boa parte dos jogadores apontaram a versão adaptativa como mais divertida e interessante.

Outra proposta interessante para criação semiautomática de jogos educacionais é apresentada por Longstreet e Cooper [2012] em uma arquitetura baseada em meta-modelos e no uso de repositórios de recursos. A arquitetura possui forte ligação a princípios pedagógicos e apresenta uma abordagem interessante para jogos de perguntas e respostas apostando na competição do Jogador com outros personagens como forma de aprimorar o efeito de envolvimento e imersão. A engine se mostra capaz também de criar novas fases de forma automática selecionando alguns recursos do repositório básico e questões da base de conhecimento de acordo com objetivos pedagógicos previamente definidos. O protótipo proposto apresenta alto grau de flexibilidade e reusabilidade e ainda um módulo para avaliação de desempenho do jogador agrupando informações coletadas durante o jogo como número de questões resolvidas, tempo de resposta para cada questão e outros detalhes o que facilita significativamente o processo de avaliação de aprendizagens.

Além de projetos acadêmicos foram analisados também aplicações do conceito de adaptatividade em jogos comerciais. Apesar do conceito de ser ainda pouco explorado pela indústria de jogos de forma geral, foi possível perceber que ela está presente em alguns títulos de grande sucesso como por exemplo em Dragon Age: Origins da produtora BioWare aonde determinadas missões só são disponibilizadas caso o jogador demonstre grande interesse pela vida de alguns personagens simulando um processo de amizade entre eles o que promove um maior envolvimento com a história e o mundo do jogo. Ainda em Dragon Age verificamos que a história e o encerramento do jogo são totalmente moldados pelas ações e escolhas do jogador durante todo o jogo promovendo inclusive alterações no cenário e no comportamento de personagens do jogo.

Foi encontrado também no jogo Elder Scrolls: Skyrim da produtora Bethesda a aplicação do conceito de adaptatividade, aonde o acesso a alguns grupos dentro do jogo e o desbloqueio de algumas áreas e missões só é permitido caso o jogador apresente determinado comportamento. Encontramos também diversos aspectos do jogo ajustados de forma automática em tempo real ao nível de habilidades do jogador como por exemplo o grau de dificuldade para eliminar monstros e inimigos, a recompensa disponível em baús de tesouros e itens vendidos nas lojas do jogo. Outro ponto que merece destaque ainda em Skyrim é o sistema de habilidades do jogador aonde não há uma definição prévia de classes como guerreiro ou mago, o jogador possui acesso a todo tipo de habilidade e vai aprimorando as que mais o agrada e se encaixa em seu estilo de jogo simplesmente por utilizá-las. Por exemplo um jogador que utilize magias de cura com frequência com o tempo irá apresentar curas mais fortes, caso esse mesmo personagem faça uso de um arco, com o tempo ele atirárá também flechas com maior eficiência. Essa abordagem além de mais realista possibilita a criação de um personagem de forma totalmente personalizada o que é apontado pela comunidade de jogadores como um dos grandes destaques do jogo.

Outro exemplo que merece destaque e pode servir de inspiração para criação de jogos educacionais adaptativos é Nerverwinter produzido pela Cryptic Studios que disponibiliza uma ferramenta de autoria integrada ao jogo chamada Foundry, nele seus jogadores podem criar suas próprias missões de forma fácil e intuitiva. A ferramenta disponibiliza uma série de componentes a serem combinados como personagens, cenários, monstros, armadilhas e outros componentes presentes no jogo original. As missões criadas são disponibilizadas a todos jogadores como missões especiais dentro do jogo principal e apresentam recompensas e experiência de forma automática de acordo com performance e o nível de dificuldade considerando o perfil do jogador. Como demonstrado na figura 3 o Foundry apresenta uma interface amigável e intuitiva para autoria de missões ponto destacado por diversos autores como fundamental para criação de jogos educacionais.

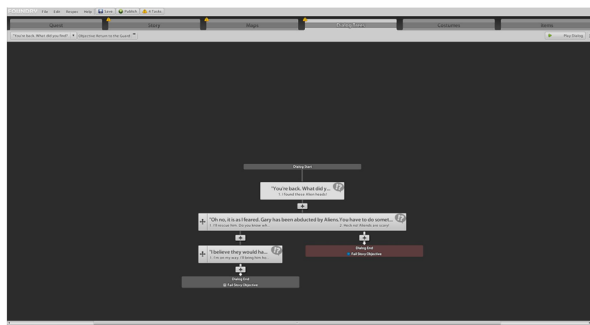


Figura 3: Interface da ferramenta Foundry para criação de missões pelo jogador no jogo Neverwinter.

Em Left4Dead produzido pela Valve temos ainda um dos poucos exemplos de geração procedural de história em tempo de jogo aonde a moldagem do cenário, o número de inimigos e a ocorrência de alguns eventos ocorrem de acordo com a performance e posicionamento do jogador durante o jogo demonstrando bons exemplos de aplicação do conceito de adaptatividade em jogos eletrônicos comerciais.

5.1 Discussões

Com a análise destes trabalhos observamos que a adaptatividade em jogos eletrônicos se mostra uma área de atuação multidisciplinar e que apresenta ótimas contribuições para o desenvolvimento de jogos educacionais. A área suporta a participação de profissionais de diversas áreas como pedagogia, psicologia, neurociência e computação, analisando além de aspectos computacionais também questões comportamentais do jogador como o levantamento de personalidade e a análise de suas preferências ou ainda a aplicação e conceitos pedagógicos a sua experiência de jogo.

Com relação a construção de jogos educacionais alguns autores defendem a necessidade de se abstrair detalhes técnicos da criação e modelagem de jogos, vários projetos foram apresentados com essa preocupação e essa se mostra um importante fator a ser considerado. Outro ponto destacado como fundamental é a criação de instrumentos que auxiliem no processo de avaliação de aprendizagens e experiências vividas pelo jogador pois além de criar jogos educacionais é importante que se consiga identificar o que de fato foi absorvido pelo jogador. Esse ponto se mostra ainda mais relevante quando consideramos a aplicação do conceito de adaptatividade em jogos educacionais aonde diferentes jogadores vivenciam experiências distintas.

Podemos observar que apesar de praticamente qualquer tipo de conteúdo poder ser adaptado ao jogador, os trabalhos analisados revelam que o maior esforço da academia se encontra atualmente na elaboração de missões adaptativas, sempre destacando a importância de uma abordagem pedagógica na construção destes elementos. Já com relação aos jogos comerciais considerados nesta revisão percebemos um enfoque maior relacionada a adaptação no enredo do jogo, aonde a história vai se moldando através das ações do jogador. Acreditamos que essa diferença se deva principalmente pelo fato de que no contexto de jogos educacionais a realização de missões é considerada ponto principal para estímulo de aprendizagens e não haja uma preocupação tão grande com relação a história quanto nos jogos comerciais que tem nesse elemento seu enfoque principal.

Dentre as estratégias adotadas para obtenção da adaptatividade, observamos que vários pesquisadores consideraram o uso de um repositório de recursos como boa alternativa, o que além de promover

adaptatividade permite um alto grau de reusabilidade otimizando significativamente o processo de construção de jogos eletrônicos, mas que demanda ainda a criação manual de seus componentes básicos. Outros projetos visando não só a organização, mas também a criação de conteúdo, associam o uso de técnicas de geração procedural de conteúdo aonde componentes seriam criados não de forma manual mas sim pelo próprio computador considerando dados coletados do jogador, aspecto contemplado e discutido na sessão seguinte.

6. Criação de Conteúdo Adaptativo

A criação de recursos em jogos eletrônicos de forma automática fazendo uso de algoritmos de computador é chamada de Geração Procedural de Conteúdo ou *Procedural Content Generation*, essas técnicas e algoritmos possibilitam a criação de diversos componentes utilizado na construção de jogos, desde os mais simples como texturas, sons, árvores, rios, rochas até estruturas mais complexas como cidades inteiras, cenários, histórias, missões e outros de forma totalmente automática.

Diversos autores como por exemplo Prince e Davis [2008] e Lopes e Bidarra [2011a] sugerem o uso da geração procedural de conteúdo como forma de criar conteúdo adaptado ao jogador, aonde mais do que criar conteúdo novo de forma automática, seria possível contribuir para uma experiência de jogo totalmente personalizada. Thomas e Young [2010] ressaltam que em se tratando de jogos educacionais essa abordagem poderia ainda potencializar aprendizados e reafirmam a importância da criação dinâmica de conteúdo adaptado ao perfil do jogador para atender as necessidades de cada indivíduo.

Thomas e Young [2010] apontam a geração procedural de conteúdo como forma de suprir as dificuldades encontradas pela criação manual onde cada detalhe do jogo precisa ser modelado completamente pelo seu desenvolvedor, o que além de ser mais caro e demorado [Hendrikx et al. 2011] apresenta ainda outro grave problema com relação aos jogos educacionais aonde geralmente profissionais da educação possuem pouco conhecimento relacionado a modelagem de jogos o que pode resultar em jogos mal elaborados ou até mesmo inviabilizar sua criação. Nesse contexto a modelagem procedural poderia auxiliar na abstração de detalhes técnicos criando conteúdo de forma automática e permitindo que esses profissionais possam focar na definição de aspectos pedagógicos e nas estratégias de aprendizagem.

A utilização de técnicas de geração procedural de conteúdo em jogos eletrônicos não é recente, podemos perceber jogos de 1980 que fazem uso destas técnicas como o jogo Elite da produtora Arcansoft, um jogo tridimensional de exploração espacial que apresenta um vasto universo gerado de forma procedural, no

entanto tem-se observado um crescimento significativo nas pesquisas relacionadas à área e na qualidade dos resultados obtidos conforme revisado por Hendrikx et al. [2011], fator que tem colaborado também para sua aplicação na área de adaptatividade em jogos eletrônicos.

Praticamente qualquer técnica de geração procedural de conteúdo pode ser associada ao conceito de adaptatividade em jogos eletrônicos, basta que seja considerado no processo informações coletadas do jogador criando assim conteúdo totalmente personalizado. Por exemplo técnicas para criação da vegetação poderiam levar em conta a região em que jogador reside e reproduzir características do bioma daquela região proporcionando um ambiente mais familiar, ou ainda no processo de criação de novas missões poderia ser favorecida a participação de personagens com os quais jogador já tenha interagido antes no jogo.

Durante nossa pesquisa encontramos ainda outras áreas relacionadas a criação de conteúdo em destaque no cenário internacional que podem contribuir de forma significativa para a construção de jogos educacionais adaptativos e que são apresentadas a seguir.

6.1 Geração Procedural de Conteúdo Baseado em Busca

Uma área de pesquisa que tem ganhado grandes contribuições nos últimos anos é a de Geração Procedural de Conteúdo Baseado em Busca ou *Search-based Procedural Content Generation*. Togelius et al. [2011] apresenta uma ótima revisão da área com uma proposta de taxonomia e os principais trabalhos relacionados.

O modelo baseado em busca consiste na busca por um determinado conteúdo o criando e avaliando em um ou vários ciclos, não apenas aceitando ou rejeitando mas também classificando o conteúdo gerado de forma que ciclos futuros apresentem resultados superiores. Geralmente apresenta a utilização de algoritmos evolucionários para criação e seleção de conteúdo mas aceita também outras abordagens de buscas simples. O conceito apresenta grandes possibilidades para o desenvolvimento de jogos eletrônicos adaptativos uma vez que possibilita a aplicação de informações do jogador para o processo de busca e criação de conteúdo.



Figura 4: Fase de jogo criada por algoritmos baseados em busca com 892 ciclos [Sorenson e Pasquier 2010].

A área, segundo Togelius et al. [2011] apresenta bons resultados na geração de diversos tipos de conteúdo como cenários, mapas, missões, até mesmo enredo e histórias de jogo tanto em tempo de

desenvolvimento quanto durante o jogo. Um bom exemplo de aplicação é demonstrado por Sorenson e Pasquier [2010] que aplicam o conceito para simular a criação de mapas do jogo Super Mario Bros como demonstrado na figura 4.

6.2 Gramáticas Geradoras

Uma técnica que apresenta também boas opções para geração de conteúdo é o uso de gramáticas geradoras de conteúdo, por exemplo Dormans [2010] propõem o uso de gramáticas para geração de cenários e missões defendendo a ideia de que estes devem ser criados separadamente, aonde missões são definidas inicialmente e cenários seriam gerados com base nas necessidades para realização das missões. O autor destaca a eficiência e flexibilidade da utilização de gramáticas para geração de conteúdo em tempo de jogo, pois geralmente o tempo de processamento dessas técnicas são muito curtos.

Seguindo essa ideia Doran e Parberry [2011] apresentam uma gramática para geração de missões baseada na análise de mais de 3000 missões de jogos como Word of Warcraft e Everquest. A gramática apresentada por Doran e Parberry se mostra madura e consistente podendo ser uma boa inspiração para criação de missões adaptativas principalmente para aplicação em jogos educacionais.

6.3 Semânticas

A aplicação de técnicas envolvendo a utilização de semânticas associado a criação de conteúdo em jogos eletrônicos vem crescendo a nível internacional, vários autores [Bennet 2014; Bidarra et al. 2010; Lopes e Bidarra 2011b; Lopes et al. 2012; Smelik 2011] apontam o emprego de semânticas como forma de aprimorar as técnicas de geração procedural de conteúdo sem perder o controle e flexibilidade sobre o processo de criação.

Bidarra et al. [2010] apresentam o conceito de Modelagem Declarativa aonde o autor de jogos eletrônicos não se preocuparia com todos os detalhes da modelagem, esse trabalho seria dividido com uma engine de criação, aonde o autor se preocuparia em definir o que deveria ser criado e a engine em como seria criado, todos os detalhes de modelagem gráfica e outros aspectos técnicos seriam abstraídos pela engine proposta. Essa abordagem poderia proporcionar maior facilidade tanto para profissionais da área de jogos, aonde eles poderiam se concentrar nos aspectos criativos do desenvolvimento, quanto para profissionais da educação que poderiam criar de forma facilitada jogos educacionais.

Seguindo o caminho apontado por Bidarra et al. [2010] outros autores como Lopes et al. [2012] e Smelik [2011], apresentam ótimas formas de aplicação da modelagem semântica no contexto de jogos adaptativos, alcançando ótimos resultados como o

ilustrado na figura 5 que representa uma arena de corrida criada de forma declarativa aonde a seleção e disposição das rampas e obstáculos ilustrados na figura é realizada pela engine com base no comportamento demonstrado pelo jogador durante o jogo.

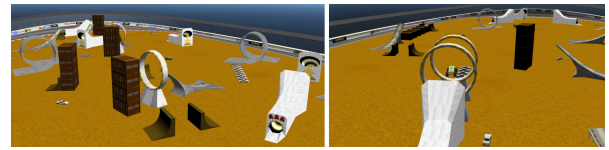


Figura 5: Arena de corrida criada de forma adaptativa [Lopes et al. 2012].

Outra aplicação interessante diretamente relacionada a adaptatividade em jogos eletrônicos foi proposta por Bennet [2014] sugerindo a criação de uma rede semântica para armazenar conhecimento relacionado a diversos componentes de jogo. Com a aplicação de anotações em diversos componentes do jogo e o cruzamento dessas informações através da aplicação de algoritmos transversais Bennet afirma que seria possível criar conteúdo de forma automática e escalável de acordo com estado dos componentes que representam o mundo virtual. A técnica associada a geração procedural de conteúdo se mostra uma forma de criar um mundo em constante desenvolvimento e transformações aonde as interações entre os vários elementos desse mundo seriam consideradas para proporcionar uma experiência de jogo mais rica e realista.

6.4 Discussões

Percebemos que a área de Geração Procedural de Conteúdo pode colaborar de forma significativa para o desenvolvimento de jogos educacionais adaptativos contribuindo para a criação de conteúdo personalizado e totalmente adaptada ao jogador. Verificamos ainda que além de contribuir para a promoção da adaptatividade, apresenta boas possibilidades para elaboração de ferramentas de autoria de jogos educacionais abstraindo detalhes técnicos do processo de modelagem de jogos e criando uma série de recursos de forma automática. Essa se mostra uma importante aplicação permitindo que profissionais da educação possam focar em conceitos pedagógicos e na definição das histórias e missões a serem destinadas ao jogador ao invés de se preocupar com modelagem de cada componente do jogo.

Para a indústria de jogos a área também apresenta boas possibilidades, sendo apontada como uma das principais formas de se produzir conteúdo de forma rápida e eficiente apesar de que alguns desafios precisam ser ainda superados como por exemplo a consistência entre edição manual e procedural de componentes conforme apontado por Smelik et al. [2010]. Outro ponto preocupante e que segundo Hendrikx et al. [2011] inibe a utilização de algumas técnicas em jogos comerciais é o fato de que o conteúdo produzido não pode ser previamente testado e

seu desenvolvedor possui pouco controle sobre o resultado final. Técnicas que auxiliem nesse sentido podem contribuir para a adoção cada vez maior da geração procedural.

Com relação a aplicação de algoritmos evolucionários e da Geração Procedural de Conteúdo Baseada em Busca foram encontradas ótimas possibilidades para criação de conteúdo adaptativo principalmente para estruturas mais complexas, mas identificamos também alguns desafios como por exemplo o fato de que nem sempre a busca por determinado conteúdo alcançará o resultado desejado. Outro fator preocupante é o tempo de execução dos algoritmos evolucionários para busca e criação de conteúdo em tempo de jogo, apesar de alguns trabalhos mostrarem boa aplicação para geração online de conteúdo pode ser que o processo de busca ou criação demande muitos ciclos e isso comprometa a fluidez e tempo de resposta do jogo.

Já relacionado a utilização de semânticas percebemos que ela vem se mostrando uma ótima alternativa para aprimorar a eficiência e facilidade de criação de jogos eletrônicos especialmente jogos com uma abordagem adaptativa. A elaboração de uma rede semântica de informações como proposto por Bennet [2014] pode otimizar de forma significativa mecanismos de adaptação promovendo as informações necessárias para o processo. Já a modelagem declarativa representa uma camada de abstração promissora para criação de conteúdo de forma robusta e intuitiva por não especialistas em computação.

7. Conclusões e Trabalhos Futuros

Foram analisados diversos projetos relacionados a adaptatividade em jogos eletrônicos e a criação de conteúdo de forma automática destacando suas contribuições e possibilidades de aplicação para a construção de jogos educacionais. Verificamos que o conceito de adaptatividade se mostra capaz de proporcionar ao jogador uma experiência de jogo personalizada e otimizada que pode potencializar o processo de aprendizagem uma vez que o jogador passa a explorar um ambiente ajustado sob medida totalmente compatível com suas necessidades e preferências favorecendo a reflexão e compreensão das situações ao qual é submetido.

Verificamos que na busca pela criação de jogos adaptativos vários autores sugerem a integração do conceito de adaptatividade com técnicas de geração procedural de conteúdo visando criar componentes de jogo de forma automática e personalizada. Abordagem que pode promover avanços para ambas as áreas uma vez que seria possível gerar conteúdo de forma mais eficiente e coerente considerando os dados do jogador, o que por sua vez auxiliaria nos mecanismos de adaptação e na promoção de uma experiência de jogo personalizada.

A geração procedural de conteúdo se mostra ainda uma forma eficiente de criação de conteúdo para jogos eletrônicos sobretudo para jogos educacionais pois pode ser aplicada para abstrair detalhes técnicos da modelagem de jogos e criar uma série de componentes de forma automática com ótima qualidade contribuindo para que profissionais da área de educação possam criar jogos de forma facilitada focando em conceitos pedagógicos. Nesse contexto a criação de frameworks que integrem técnicas de geração procedural de conteúdo em uma ferramenta de autoria pode ser uma ótima oportunidade de pesquisa sobretudo associado ao conceito de modelagem declarativa que se mostra uma forma de modelagem expressiva e intuitiva capaz de abstrair de forma ainda mais eficiente detalhes técnicos no processo de criação de jogos.

Um aspecto importante a se considerar para produção de jogos educacionais são os mecanismos que facilitem o processo de verificação de aprendizagens e permitam analisar de forma adequada a experiência vivida pelo jogador. Como avaliar a experiência de diferentes jogadores inseridos em diferentes contextos de jogo? Como auxiliar um possível tutor a analisar essas informações a fim de verificar o desempenho e as aprendizagens obtidas pelo jogador? A própria engine poderia fazer isso? Como? Essas podem ser oportunidades interessantes de pesquisa na área.

Outro ponto de grande relevância no estudo de jogos adaptativos é com relação a quais as informações necessárias a serem registradas e coletadas do jogador e ainda quais tipos de interação entre jogador e mundo virtual devem ser registrados. A avaliação desses e outros aspectos relacionados a modelagem do perfil do jogador podem representar importantes avanços para adaptatividade em jogos eletrônicos e serão analisados em trabalhos futuros.

Por fim destacamos importância de se ter sempre em mente que jogos educacionais são nada mais do que um tipo específico de jogo e que como todo bom jogo eles devem proporcionar além de aprendizagens também diversão a seu jogador.

Agradecimentos

Agradecemos a nossas famílias por todo incentivo e apoio recebido. Em especial a Ana Julia Piske pela energia e alegria inspiradora.

Referências

- BELLOTTI, F., BERTA, R., DE GLORIA, A., PRIMAVERA, L., 2009. Adaptive experience engine for serious games. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 264–280.
- BELLOTTI, F., BERTA, R., DE GLORIA, A., PRIMAVERA, L., 2009. A task annotation model for SandBox Serious

- Games. *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games*, 233–240.
- BENNETT, M., 2014. Semantic Content Generation Framework for Game Worlds. *The 6th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications*.
- BIDARRA, R., KRAKER, K. J. DE, SMELIK, R. M., TUTENEL, T., 2010. Integrating semantics and procedural generation: key enabling factors for declarative modeling of virtual worlds. *Conference on Semantic 3D Media and Content*, 51–55.
- CHEN, J., 2006. *Flow in games*. MFA in Interactive Media, University of Southern California.
- CSIKSZENTMIHALYI, M., 1990. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper & Row.
- DACONCEICAO, R., LOCKE, C., COOPER, K., LONGSTREET, C. S., 2011. Semi-automated serious educational game generation: A component-based game engineering approach. *International Conference on Computer Games: AI, Animation, Mobile, Interactive Multimedia, Educational and Serious Games*, 222–227.
- DORAN, J., PARBERRY, I., 2011. A Prototype Quest Generator Based on a Structural Analysis of Quests from Four MMORPGs. *The 2nd International Workshop on Procedural Content Generation in Games*.
- DORMANS, J., 2010. Adventures in level design: generating missions and spaces for action adventure games. *The 2010 Workshop on Procedural Content Generation in Games*.
- GEE, J. P., 2003. What video games have to teach us about learning and literacy, Macmillan.
- GEE, J. P., 2010. Bons videogames e boa aprendizagem. *Revista Perspectiva*, v. 27 n. 1, 167–178.
- HENDRIKX, M., MEIJER, S., VAN DER VELDEN, J., IOSUP, A., 2011. Procedural Content Generation for Games: A Survey. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*.
- KICKMEIER-RUST, M. D., ALBERT, D., 2010. Micro-adaptivity: Protecting immersion in didactically adaptive digital educational games. *Journal of Computer Assisted Learning*, 95–105.
- LONGSTREET, C. S., COOPER, K., 2012. A Meta-model for Developing Simulation Games in Higher Education and Professional Development Training. *The 17th International Conference on Computer Games*, 39–44.
- LOPES, R., TUTENEL, T., BIDARRA, R., 2012. Using gameplay semantics to procedurally generate player-matching game worlds. *The third International Workshop on Procedural Content Generation in Games*.
- LOPES, R., BIDARRA, R., 2011. Adaptivity challenges in games and simulations: A survey. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 85–99.
- LOPES, R., BIDARRA, R., 2011. A semantic generation framework for enabling adaptive game worlds. *The 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*.
- MAGERKO, B., 2008. Adaptation in digital games. *Computer*, 87–89.
- NEWZOO, 2015. Global Games Market Will Grow 9.4% to \$91.5Bn in 2015 [online]. <http://www.newzoo.com/insights/global-games-market-will-grow-9-4-to-91-5bn-in-2015/> [Acessado em 20 de junho de 2015].
- PEIRCE, N., CONLAN, O., WADE, V., 2008. Adaptive educational games: Providing non-invasive personalised learning experiences. *IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning*, 28–35.
- PRINCE, R., DAVIS, H.C., 2008. The scope of adaptive digital games for education. *IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning*, 167–169.
- SMELIK, R. M., 2011. *A Declarative Approach to Procedural Generation of Virtual Worlds*. PhD Thesis, Delft University of Technology.
- SMELIK, R., TUTENEL, T., DE KRAKER, K. J., BIDARRA, R., 2010. Integrating procedural generation and manual editing of virtual worlds. *The 2010 Workshop on Procedural Content Generation in Games*.
- SORENSEN, N., PASQUIER, P., 2010. Towards a generic framework for automated video game level creation. *Lecture Notes in Computer Science*, 131–140.
- THOMAS, J. M., YOUNG, R. M., 2010. Annie: Automated generation of adaptive learner guidance for fun serious games. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 329–343.
- TOGELIUS, J., YANNAKAKIS, G. N., STANLEY, K. O., BROWNE, C., 2011. Search-based procedural content generation: A taxonomy and survey. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 172–186.
- TREMBLAY, J., BOUCHARD, B., BOUZOUANE, A., 2010. Adaptive Game Mechanics for Learning Purposes: Making serious games playable and fun. *The International Conference on Computer Supported Education: Special Session "Gaming Platforms for Education and Reeducation"*, 465–470.
- YANNAKAKIS, G. N., HALLAM, J., 2008. Real-time adaptation of augmented-reality games for optimizing player satisfaction. *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games*, 103–110.