

## Monitoramento dos Movimentos dos Olhos para Apoiar a Avaliação da Aprendizagem em Jogos Digitais

Heraclito Amancio Pereira Jr<sup>1</sup>, Crediné Silva de Menezes<sup>1,2</sup>, Alberto Ferreira de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Caixa Postal 101.9011 - CEP 29.075-910 – Vitória – ES – Brasil

<sup>2</sup>Faculdade de Educação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Caixa Postal 90046-900 - Av. Paulo Gama, Farroupilha – Porto Alegre – RS - Brasil

{hapereirajr, credine}@gmail.com; alberto@lcad.inf.ufes.br

**Abstract.** *Despite the great success of digital games in the entertainment field and their recognized potential to support learning, they are still not widely used in the school environment and one of the main reasons is the difficulty for educators to assess digital game based learning. This article reports a research that aims to subsidize the digital game based learning assessment, with evidence obtained through captured data of student-player eye movements traversing images of game screens during play.*

**Resumo.** *Apesar do grande êxito dos jogos digitais no campo do entretenimento, e do seu reconhecido potencial para apoiar a aprendizagem, eles ainda não são largamente empregados no ambiente escolar e um dos motivos principais é a dificuldade de os educadores avaliarem as aprendizagens obtidas pelos seus alunos. Este artigo relata uma pesquisa que tem por objetivo a concepção de ambientes para subsidiar as avaliações das aprendizagens baseadas em jogos digitais, com evidências obtidas através de dados capturados dos movimentos dos olhos de alunos-jogadores percorrendo as imagens das telas do jogo, durante o jogar.*

### 1. Introdução

Apesar do grande êxito dos jogos digitais no campo do entretenimento, e do seu reconhecido potencial para apoiar a aprendizagem, eles ainda não são largamente empregados no ambiente escolar e um dos motivos principais é a dificuldade dos educadores avaliarem as aprendizagens obtidas pelos seus alunos. Apesar dos vários estudos que vêm sendo realizados, há algum tempo, nessa área, ainda se está longe de um método que possa propiciar aos professores informações que lhes permitam avaliarem a aprendizagens baseadas em jogos digitais obtidas por seus alunos de forma suficientemente precisa e abrangente [Bellotti et al. 2013].

Na literatura da Neurociência encontra-se teorias que associam a aprendizagem do ser humano aos movimentos de seus olhos [Lai et al. 2013]. Com base nessas teorias, o método de rastreamento dos movimentos dos olhos tem despontado como um canal promissor para que os educadores possam avaliar as aprendizagens de seus alunos. O procedimento mais largamente utilizado para monitoramento das atividades oculares de um indivíduo é aquele em que se utiliza um aparelho denominado de *eye-tracker* que,

através de uma luz infravermelha refletida no olho humano, consegue identificar e gravar, em um computador, dados sobre os movimentos dos olhos de quem está utilizando-o [Barreto 2012].

Este artigo relata uma pesquisa que tem por objetivo subsidiar as avaliações das aprendizagens baseadas em jogos digitais, com evidências obtidas através de dados capturados dos movimentos dos olhos de alunos-jogadores percorrendo as imagens das telas do jogo, durante o jogar. São produtos desta pesquisa: uma análise da possibilidade da utilização, na avaliação da aprendizagem baseada nos jogos digitais, das informações que podem ser geradas a partir dos dados coletados dos movimentos dos olhos de um jogador digital; uma proposta para uma plataforma computacional para experimentos nessa área e um relato das experiências realizadas através dessa plataforma contemplando os respectivos achados e as conclusões obtidas a partir deles.

Espera-se, que esta pesquisa traga contribuições para o avanço nos métodos de avaliações de aprendizagens baseadas em jogos digitais e, com isso, ajude a expansão da utilização de jogos digitais como ferramentas pedagógicas.

## 2. Fundamentação Teórica

Nessa seção são apresentados alguns fundamentos sobre a avaliação da aprendizagem em jogos digitais e sobre o monitoramento do movimento dos olhos como forma de obtenção de informações sobre aprendizagens, todos importantes para a compreensão deste trabalho.

### 2.1. Avaliação das Aprendizagens Baseadas em Jogos Digitais na Educação

As avaliações das aprendizagens devem ser cuidadosamente projetadas e programadas, porque elas são muito importantes para que os professores possam verificar o nível de desenvolvimento de conhecimentos e habilidades que o ensino proporcionou a seus alunos e, também, porque seus resultados servem de termômetro para que o professor mensure os graus de eficiência e eficácia dos seus métodos de ensino [Perrenoud 1999].

A crescente utilização de recursos computacionais, inclusive jogos digitais, no ensino, com o objetivo de alcançar melhores resultados que os métodos tradicionais, levou ao surgimento de uma área de pesquisa voltada para as avaliações das aprendizagens, denominada de *Learning Analytics (LA)*, que “é a área que aplica técnicas e métodos de ciência da computação, pedagogia, sociologia, psicologia, neurociência e estatística para analisar os dados recolhidos durante os processos educacionais”. Apesar do crescimento da LA, ainda existem poucos instrumentos consolidados para se avaliar as aprendizagens através dos jogos digitais, o que tem sido um dos principais obstáculos para a expansão de suas utilizações no ensino [Hauge et.al. 2014].

Para fundamentação teórica sobre a avaliação das aprendizagens foi escolhida a metodologia ECD - Evidence Centered Design, bastante conceituada entre os pesquisadores da área da LA. A ECD propõe que o projeto das avaliações das aprendizagens seja centrado na coleta de evidências de que os aprendizes conseguiram desenvolver os conhecimentos, habilidades e atitudes que seus professores desejavam ensinar para eles [Mislevy, Russel and Lukas 2003].

As pesquisas em LA têm indicado, a utilização de outros dados, além dos numéricos e textuais, como um caminho para se coletar evidências sobre para apoiar o processo de avaliação das aprendizagens, inclusive em jogos digitais. Tal tendência deu

origem à área de *Multimodal Learning Analytics* (MLA) que inclui também a coleta e análise de dados provenientes de diversas manifestações do aprendiz, capturados por sensores, durante o processo de aprendizagem tais como: toques, gestos, vozes, expressões faciais, movimentos dos olhos, etc. [Blikstein 2013].

## **2.2. O Monitoramento do Movimento dos Olhos como forma de obtenção de informações sobre aprendizagens**

O monitoramento do movimento dos olhos consiste na aplicação de tecnologias para coletar e registrar dados sobre os movimentos oculares de um indivíduo perante um estímulo em um ambiente em que ele se encontra. Tais dados servem como fonte de informações sobre a atenção de um indivíduo e suas aprendizagens [Lai et al 2013].

Existem 3 tipos diferentes de sistemas para medição do movimento dos olhos: a) Mecânicos - baseado no uso de uma lente de contato com um sensor magnético acoplado; b) Eletrônicos - utilizam eletrodos de contatos colocados perto dos olhos e c) De vídeo - no qual a informação é analisada a partir das alterações registradas nas reflexões oculares de projeções de luz infravermelha no olho e captação dos respectivos movimentos por meio de uma câmara de vídeo. Esses últimos são os mais utilizados para estudos de interação com sistemas computacionais principalmente por serem menos invasivos [Barreto 2012].

Um aparelho do tipo *eye-tracker*, que usa o sistema de vídeo, faz, em média, 60 medições de olhares por segundo. Se as medições estiverem perto, uma das outras, em termos de tempo e distância, o agrupamento desses olhares significa uma fixação. O movimento entre duas fixações é denominado de sacada [Lai et al. 2013].

## **3. Trabalhos Correlatos**

Em 2013, a revisão literária [Lai et al. 2013] sobre o uso de tecnologias para monitoramento dos olhos para avaliar aprendizagens, relata que entre 2000 e 2012 foram publicados 81 artigos que englobam 113 estudos, porém nenhum deles reporta sobre aprendizagem baseada em jogos digitais.

Aprofundando a procura sobre os estudos publicados, agora focada na utilização do monitoramento dos movimentos dos olhos para avaliação das aprendizagens em jogos, verificou-se então a existência de alguns trabalhos nessa área com publicações a partir de 2007, que são mencionadas a seguir.

Kallinen et al. (2007) utilizaram o monitoramento dos movimentos dos olhos para estudar as emoções de um jogador de jogos digitais e, nesse mesmo ano, Alkan and Kursat (2007) utilizaram o mesmo método para avaliar a usabilidade de um jogo digital e como ela poderia influenciar na aprendizagem de jogadores digitais iniciantes. O trabalho de Jennett et al. (2008) concluiu que a diminuição do número de fixações por segundo de um jogador em uma tela de um jogo digital ocorre à medida que aumenta a sua imersão no jogo. Knoeple, Wang and Camerer (2009) apresentaram um denso estudo sobre o uso de um *eye-tracker* para registrar a aquisição de informações de jogadores digitais de acordo com um paradigma teórico de aprendizagem.

Kiili and Kickmeier-Rust (2014) estudaram a usabilidade de um jogo digital, a satisfação que ela causava em um jogador e seu reflexo nas aprendizagens.

Byun, Loh, and Ting (2014) concluíram que existem diferenças no comportamento de jogadores iniciantes e experientes. Fowler and Cusack (2014) concluíram que jogadores que estão com maior frequência no piscar dos olhos estão mais concentrados, tentando entender um conteúdo de uma tela do jogo, e, nas áreas que ele já aprendeu, ele tem uma menor frequência no piscar dos olhos.

Em função desse quadro, o trabalho aqui relatado se propôs a avançar no sentido de pesquisar quais outras evidências poderiam ser obtidas, através do monitoramento dos movimentos dos olhos, para identificar, por exemplo: locais do jogo digital onde os alunos estivessem tendo dificuldades de aprendizagem, locais onde houvessem facilidades de aprendizado, partes do jogo que deveriam ser melhor projetadas, soluções inovadoras para os problemas propostos pelos os jogos, etc. Tais evidências, em conjunto com outras, tais como registros de ações dos jogadores durante o jogo gravados em um arquivo de log, pelo próprio jogo, poderiam melhorar a qualidade da avaliação das aprendizagens baseadas em jogos digitais, conforme preconiza a abordagem ECD [Mislevy, Russel and Lukas 2003].

#### **4. Metodologia Utilizada**

Com base em uma revisão literária sobre o uso do monitoramento dos movimentos dos olhos para avaliação das aprendizagens, procurou-se estudar quais dados poderiam ser coletados no monitoramento dos movimentos dos olhos de um jogador digital e, a partir deles, foi elaborada uma análise de que informações poderiam ser extraídas para apoiar os professores nas avaliações das aprendizagens baseadas em jogos digitais e de que forma elas poderiam ser utilizadas.

Foi desenhada então uma plataforma computacional que pudesse dar suporte aos experimentos para pesquisas nessa área. Para se ter um jogo para os experimentos, optou-se pela elaboração de um protótipo de um jogo digital específico, usando uma plataforma de desenvolvimento de software que permitisse a integração do jogo aos recursos de monitoramento dos movimentos dos olhos de um jogador que viesse a utilizar tal jogo.

Após a programação, a instalação e a configuração da plataforma, os experimentos, de captura de dados dos movimentos dos olhos dos jogadores jogando, foram realizados e, além de jogar, os participantes preencheram questionários relatando aspectos de suas experiências.

As informações obtidas com os resultados do monitoramento foram analisadas, e comparadas com as respostas aos questionários, sendo obtidas as primeiras conclusões sobre evidências importantes para subsidiar as avaliações das aprendizagens baseadas em jogos digitais.

#### **5. Análise das Informações sobre Aprendizagens Baseadas em Jogos Digitais que podem ser obtidas dos Movimentos dos Olhos do Jogador**

Com base nos conhecimentos obtidos na revisão da literatura, principalmente naqueles obtidos nos trabalhos correlatos, foi feita uma análise de quais os possíveis significados tantos dos dados que poderiam ser coletados por um *eye-tracker* de um jogador jogando, quanto dos dados que poderiam ser gerados a partir deles (veja Tabela 1). Estendeu-se essa análise para abranger também os possíveis usos dessas informações pelos professores no processo de avaliação das aprendizagens.

Tabela 1. Análise dos Significados dos Dados Obtidos através do Eye-tracker e Possíveis Usos na Avaliação das Aprendizagens Baseadas em Jogos Digitais

<b>Dados Gerados</b>	<b>Características Dados</b>	<b>Significado dos Dados → Ações que o Educador pode considerar fazer</b>
<b>Sequência das fixações em uma tela</b>	Diferenciada p/ alguns alunos.	Caminhos inovadores tomados pelos jogadores para solução dos problemas postos pelo jogo → Ações de ensino-aprendizagem específicas para alunos com inteligência acima da média.
	Com distribuição aleatória	Se distribuição da sequência deveria ser lógica então provável dificuldade de aprendizagens do aluno → Ações de ensino-aprendizagem de reforço específicas p/aluno com dificuldade de aprendizagem. Provável arranjo pobre dos elementos na tela do jogo → Ações para melhoria no design gráfico do jogo.
	Com distribuição lógica	Houve aprendizagem nos assuntos daquela tela do jogo → Avaliação positiva do aprendiz nos assuntos da tela.
<b>Frequência das fixações em uma tela</b>	Alta frequência	Locais do jogo que chamam a atenção dos jogadores pelo assunto ou pela alta atratividade do design gráfico dos elementos do jogo → Avaliação positiva do aprendiz nos assuntos da tela, além de considerar tela como boa referência de design gráfico
	Baixa frequência	Locais do jogo que chamam menos atenção dos jogadores → Ações para melhoria no design gráfico do jogo.
<b>Fixações rápidas após demoradas</b>		Locais do jogo onde o jogador já aprendeu → Avaliação positiva do aprendiz nos assuntos da tela.
<b>Alta duração de fixações em um local da tela com assuntos não complexos</b>		Locais do jogo em que o jogador está encontrando dificuldades para extrair ou interpretar informações → Ações de ensino-aprendizagem de reforço específicas para aluno com dificuldade de aprendizagem e/ou Ações para melhoria no design gráfico do jogo.
<b>Tempo para começar a primeira fixação em uma tela</b>	Muito tempo	Dificuldades para entendimento do jogo então provável dificuldade de aprendizagens do aluno → Ações de ensino-aprendizagem específicas p/aluno com dificuldade de aprendizagem.
	Pouco tempo	Locais do jogo onde o jogador já aprendeu → Avaliação positiva do aprendiz nos assuntos da tela e no entendimento inicial sobre a dinâmica do jogo.
<b>Frequência do piscar dos olhos em uma fixação</b>	Menor após maior	Locais do jogo onde o jogador já aprendeu → Avaliação positiva do aprendiz nos assuntos da tela.
	Menor sem maior	Sonolência, fadiga e baixo interesse → Dificuldades dos alunos devido a cansaço ou falta de interesse.

A maioria das pesquisas sobre o monitoramento dos movimentos dos olhos relatam que existem mais de dez movimentos dos olhos humanos, mas, dentre eles, 4(quatro) destacam-se como os mais importantes para estudos de aprendizagem: as fixações, quando os olhos se concentram em um ponto, as sacadas, movimentos entre essas fixações, o piscar dos olhos e o tamanho da pupila [Strandvall 2009]. Desses movimentos os dispositivos do tipo *eye-tracker* podem obter os seguintes dados: as posições das fixações e os tempos de suas durações, o número de piscadas por segundo e o diâmetro da pupila. A partir desses dados coletados, outros dados, interessantes para os estudos das aprendizagens, podem ser gerados, tais como: as sequências das fixações, as frequências das fixações em uma determinada posição, o lapso de tempo entre duas fixações, velocidades em que se muda de uma fixação para outra, etc.

A análise da Tabela 1, que já se entende como uma contribuição científica para aqueles que se interessam pela pesquisa em avaliação de aprendizagens em jogos digitais, serviu de base para a realização de experimentos que visaram a busca evidências de aprendizagens baseadas no uso de jogos digitais, através do monitoramento do movimento dos olhos dos jogadores.

## 6. Plataforma Computacional para a Obtenção de Informações sobre os Movimentos dos Olhos de um Jogador Digital

Para se executar os experimentos, com o objetivo de investigar a aplicação do monitoramento dos movimentos dos olhos para obtenção de informações de suporte às avaliações das aprendizagens em jogos digitais, foi proposta uma plataforma computacional mostrada na Figura 1. Essa plataforma é composta por um computador do tipo PC, um dispositivo do tipo *eye-tracker*, um jogo digital, um software para comunicação do computador com o *eye-tracker* e um software para tratamento dos dados capturados pelo *eye-tracker*.

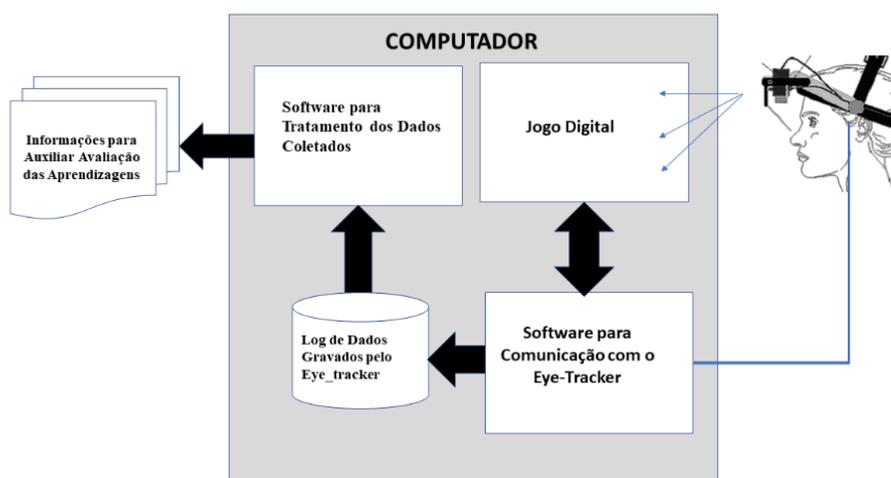


Figura 1 - Plataforma Computacional proposta

### 6.1. Implementação da Plataforma para os Experimentos

O ponto de partida para a montagem dessa plataforma para os experimentos desta pesquisa foi o software para comunicação do computador. Procurou-se um software

disponível gratuitamente na Web, que pudesse conectar várias marcas de dispositivos *eye-tracker* e que fosse *open source* para que se pudesse ter maiores possibilidades de intervenção na solução. Foi identificado o PyGaze, uma *tool box* que atendia tais requisitos, permitia uma programação simples em Python, que tem documentação disponível na Web ([www.pygaze.org](http://www.pygaze.org)) e código-fonte acessível na GitHub [Dalmaijer, Mathôt and Van der Stigchel 2014]. Com base na Pygaze foi desenvolvido um programa para que os dados coletados pelo dispositivo *eye-tracker* fossem gravados em um arquivo de log do tipo txt.

Optou-se por desenvolver um protótipo de um jogo digital para os experimentos, também usando a linguagem Python, não só para ter mais versatilidade durante os experimentos como para facilitar a integração do jogo com o software de comunicação com o *eye-tracker*. No desenvolvimento do jogo utilizou-se a biblioteca Pygame, disponível gratuitamente na Web ([www.fss.uu.nl/psn/pygame/](http://www.fss.uu.nl/psn/pygame/)), que contém módulos para facilitar a programação de jogos digitais e funções que facilitam a integração do jogo com a Pygaze.

O jogo digital desenvolvido tem por objetivo ensinar economia doméstica e alimentação saudável. O cenário do jogo é um supermercado onde o jogador, em um tempo pré-determinado, deveria obter o melhor aproveitamento de seu dinheiro na compra de alimentos, recebido no início e ao longo do jogo, além de fazer uma compra de alimentos condizente com o recomendado na pirâmide nutricional balanceada [Philippi et al. 1999].

Para tratar os dados do monitoramento dos olhos gravados pelo programa obtido pela utilização da Pygaze se comunicando com o *eye-tracker*, por uma questão de simplificação da solução baseada na plataforma projetada, optou-se pela utilização inicial de uma planilha eletrônica MS Excel. Pretende-se substituir tal planilha por um programa analisador específico que está em desenvolvimento. Foi utilizado um *eye-tracker* dispositivo rastreador de olhares da SMI (Senso Motoric Instruments).

## 7. Experimentos e Resultados

Foram selecionados 12 (doze) alunos de um curso superior de Ciência da Computação. Apesar do número limitado de alunos, devido a disponibilidade de apenas um *eye-tracker*, procurou-se ter uma amostra diversificada de alunos-jogadores, contemplando, por exemplo: alunos dos dois sexos, alunos com e sem muita experiência com jogos digitais, alunos com coeficientes de rendimento muito bom, bom e regular. Os alunos puderam jogar durante uma semana, em que a plataforma descrita na Figura 1 ficou disponibilizada para eles, tantas vezes quantas quisessem. Ao final de todas as suas sessões de jogo, cada jogador deveria responder um breve questionário sobre as suas experiências.

Ao final de cada vez que um aluno jogava, o arquivo *log* com dados coletados do *eye-tracker*, identificados com o código do jogador, a data e a hora da gravação, era acumulado em um arquivo maior contendo todos os registros das sessões experimentais do jogo. Tão logo se encerrou a semana de experimentos, foram feitas diversas análises para identificação de evidências de aprendizagens, tendo por base a Tabela 1 e como fontes de dados o arquivo com os registros dos experimentos e os questionários respondidos pelos alunos após jogarem. Dessas análises resultaram nas informações relatadas a seguir.

### **Maiores tempos de fixação em locais da tela representaram:**

- Dificuldades de entendimento. Exemplo: olhares para figurinhas mal desenhadas de alimentos para compra no supermercado gastaram mais tempo de fixação;
- Primeiras vezes em que os jogadores jogavam o jogo e partes mais atraentes do jogo. Porém, a partir das repetições de sessões de jogo os interesses pelas figuras e locais dos jogos se igualavam;
- Tarefas complexas e importantes. Exemplo: a tarefa composta por monitorar o aparecimento dos créditos no supermercado, se dirigir até o local do crédito, pegar o crédito, e ir até o caixa eletrônico para trocar o crédito por dinheiro e voltar a comprar;
- Maior concentração de objetos na tela. Exemplo: inicialmente se colocou apenas um alimento de cada tipo em uma das quatro gondolas do jogo, depois mudou-se para aparecer mais de um tipo de alimento por gondola, com isso, os tempos de fixação nessas regiões aumentaram substancialmente.

### **Sequências de fixações na tela representaram:**

- Locais de conhecimento pré-determinado pelo jogador. Exemplo: inicialmente o jogo colocava os tipos de produto em quadrantes pré-determinados da tela do jogo (um supermercado), que facilitava a escolha dos alimentos pelos jogadores mostrando repetidas sequências de fixações. As sequências tornaram-se aleatórias, quando o jogo foi mudado para que tipos diferentes de alimentos aparecessem em qualquer lugar do supermercado;
- Eventos importantes, mas de localização aleatória. Exemplo: ao longo do jogo o aluno podia receber cartões créditos, que surgiam e desapareciam repentinamente, para fazer compras no supermercado. Com isso, os jogadores ficavam procurando os cartões em vários pontos da tela.

### **Altas frequências de fixações, ainda que de menor duração, representaram:**

- Locais importantes para o jogo. Exemplo: o terminal bancário que ficava em uma mesma parte da tela do jogo foi o local que, durante o jogo, teve a maior frequência de olhares. Era monitorado frequentemente pois ali os jogadores poderiam trocar os créditos pelo dinheiro e aumentarem as suas possibilidades de sucesso;
- Atenção dividida entre elementos do jogo. Exemplo: quando foram incluídos “monstros da má alimentação”, que circulavam pelos corredores do supermercado do jogo “atacando os jogadores”, observou-se que o tempo de fixação nos alimentos caiu muito e os alimentos passaram a ser fixados mais de uma vez antes de serem escolhidos.

### **Em relação aos resultados obtidos pelos alunos, observou-se que:**

- Alunos que obtiveram como resultado um bom balanceamento nutricional além de uma grande quantidade de alimentos apontaram nas entrevistas pós-jogo, que usaram algumas estratégias de compra. A de maior sucesso foi a de focar na compra de um tipo de alimento durante um tempo e também no aparecimento dos cartões de crédito. Dessa forma eles não tinham muito o que pensar na hora de comprar. Isto ficou claro pelos menores tempos que eles gastaram nos produtos comprados;
- Como o jogo tinha basicamente dois tipos de grandes desafios, comprar o máximo de alimentos e comprar de forma mais balanceada possível, percebeu-se que alguns jogadores deram prioridades a comprar mais alimentos e outros optaram por ter uma

compra mais balanceada nutricionalmente. Verificou-se que as mulheres privilegiaram a compra seletiva e os homens a maior quantidade de alimentos.

Em relação à **frequência do piscar dos olhos**, talvez pela pouca complexidade do jogo, percebeu-se apenas que, imediatamente antes da escolha definitiva de um alimento, a taxa aumentava e depois diminuía, mostrando que o jogador já dominava o conhecimento sobre aquele produto antes de escolhê-los. Não se conseguiu associar frequências maiores a demonstrações de dificuldades e fadiga dos jogadores.

Não se conseguiu ainda associar o **aumento do diâmetro da pupila** à uma carga cognitiva maior, talvez devido à pouca complexidade do jogo.

## 8. Conclusões

Comparando-se os resultados dos experimentos e as respostas dadas pelos alunos nos questionários, pode-se observar na prática a confirmação dos seguintes resultados esperados:

- Locais do jogo em que os alunos olharam mais fixamente em alguns casos foram percebidos como aqueles de dificuldades de entendimento da informação;
- As partes do jogo mais interessantes e atraentes obtiveram os primeiros focos dos jogadores nas telas do jogo, principalmente na primeira vez que eles jogaram, porém, o interesse se igualava quando ele jogava outras vezes;
- Os tempos de fixação e a sequência de olhares está ligada à disposição ergonômica do jogo e podem indicar necessidades de melhorias no mesmo. Porém uma disposição proposital mais aleatória e desafios concomitantes parecem desenvolver as competências para atenção e a rapidez do raciocínio dos jogadores;
- O tempo de fixação em partes da tela e a frequência do piscar dos olhos são indicadores de que os jogadores aprenderam.

Verificou-se subsidiariamente alguns outros achados que podem ser aprofundados na continuação da pesquisa:

- Os desempenhos dos jogadores dependem de seus perfis, inclusive, nos aspectos ligados ao gênero dos jogadores;
- Parece que os jogos com múltiplos desafios, por exemplo, comprar o máximo de alimentos e comprar uma alimentação balanceada, podem propiciar o desenvolvimento da competência do pensamento estratégico nos jogadores;
- Para o aprofundamento na análise do diâmetro da pupila como um dado para avaliação das aprendizagens acredita-se que há necessidade um eye-tracker mais preciso.

As informações geradas pelo monitoramento dos movimentos dos olhos mostraram-se muito importantes e, se conjugadas com a avaliação de outros tipos de dados, por exemplo dados sobre ações, eventos e estados de jogos gravados pelos próprios jogos em um arquivo de log, poderão se traduzir ótimas evidências para a avaliação das aprendizagens.

Para o futuro pretende-se refinar os jogos, ampliar as amostras dos experimentos, concluir o programa analisador para os dados coletados e formar uma base histórica para nela aplicar um software de mineração de dados com o objetivo de se extrair padrões de desempenhos dos jogadores, das turmas e dos tipos de jogadores.

## Referencias

- Alkan, S. and Kursat, C. (2007) "Studying computer game learning experience through eye tracking", *British Journal of Educational Technology*, pp.538-542.
- Barreto, A.M. (2012) "Eye tracking como método de investigação aplicado às ciências da comunicação", *Revista Comunicando*, 1(1), pp.168-186.
- Belloti, F., Kapralos, B., Lee, K., Moreno-Ger, P. and Berta, R. (2013) "Assessment in and of Serious Games: An Overview", *Hindawi Advances in Human-Computer Interaction*.
- Blikstein, P. (2013) "Multimodal learning analytics, In: Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge, ACM, pp.102-106.
- Byun, J. H., Loh, C. S. and Zhou, T. (2014) "Assessing play-learners' performance in serious game environments by using in situ data: Using eye tracking for Serious Game Analytics", In: *Annual Conference of the Association for Educational Communications and Technology (AECT)*, Jacksonville, FL.
- Dalmajer, E.S., Mathôt, S. and Van der Stigchel, S. (2014) "PyGaze: An open-source, cross-platform toolbox for minimal-effort programming of eyetracking experiments", *Behavior research methods*, 46(4), pp.913-921.
- Fowler, A. and Cusack, B. (2014) "A Proposed method for measuring learning in video games", *GSTF Journal on Computing (JoC)* 3.4, pp. 42.
- Hauge, J.B., Berta, R., Fiucci, G., Manjón, B.F., Padrón-Nápoles, C., Westra, W. and Nadolski, R. (2014) "Implications of learning analytics for serious game design". In: *IEEE Advanced Learning Technologies - ICAALT 2014*, pp. 230-232.
- Jennett, C. et al. (2008) "Measuring and defining the experience of immersion in games", *International journal of human-computer studies*, pp. 641-661.
- Kallinen, K. et al. (2007) "Presence and emotion in computer game players during 1st person vs. 3rd person playing view: Evidence from self-report, eye-tracking, and facial muscle activity data", *Proceedings of the PRESENCE*, pp.187-190.
- Kiili K., Ketamo H., Kickmeier-Rust, M. D. (2014) "Evaluating the usefulness of Eye Tracking in Game-based Learning", *International Journal of Serious Games*, vol. 1.
- Knoepfle, D. T., Wang, J. T. and Camerer, C. F. (2009) "Studying learning in games using eye-tracking", *Journal of the European Economic Association*, 7.2-3, pp.388-398.
- Lai, M.L. et al. (2013) "A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012". *Educational Research Review*, 10, pp.90-115.
- Mislevy, R. J., Russell, G. A. and Lukas, J. F. (2003) "A brief introduction to evidence-centered design." *ETS Research Report Series*.
- Perrenoud, P. (1999) "Avaliação da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas", *Porto Alegre: Artes Médicas Sul*.
- Philippi, S. T., Latterza, A. R., Cruz, A. T. R., and Ribeiro, L. C. (1999) *Pirâmide Alimentar Adaptada: Guia para Escolha dos Alimentos*, *Rev. Nutr*, 12(1), pp.65-80.
- Strandvall, T. (2009) "Eye tracking in human-computer interaction and usability research", *Human-Computer Interaction–INTERACT*, pp.936-937.