

UNIVERSIDADE FEEVALE

EDUARDO BOKORNY ADAMS

INVESTIGAÇÃO DO APRENDIZADO DE SEQUÊNCIA SERIAIS EM JOGOS DIGITAIS

Novo Hamburgo

2015

EDUARDO BOKORNY ADAMS

INVESTIGAÇÃO DO APRENDIZADO DE SEQUÊNCIA SERIAIS EM JOGOS DIGITAIS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em
Sistemas de Informação pela Universidade
Feevale

Orientador: João Batista Mossmann
Coorientador: Ânderson Rodrigo Schuh

Novo Hamburgo
2015

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desse trabalho de conclusão, em especial:

Aos meus pais, Catarina e Adelar, pelo apoio em todos estes anos de caminhada.

A minha namorada Andressa, pela compreensão nos momentos de ausência durante ao projeto.

Ao professor Dalalana que me encorajou a iniciar ao projeto antes do planejado.

A professora Marta por ter indicado para o orientador João Mossmann.

E principalmente aos orientadores João Mossman e Anderson Schuh, por terem me agraciado com a parceria neste projeto. Eles, além de auxiliarem muito no projeto, conseguiram me inspirar de diversas formas, fazendo com que este não fosse apenas mais um trabalho de conclusão.

Muito obrigado a todos.

RESUMO

A execução de tarefas sequenciadas está fortemente ligada ao cotidiano das pessoas. Sendo possível identifica-la na digitação do teclado de um computador, criando sequências de ações ao volante ou mesmo tocando um instrumento musical. Pesquisas demonstram que é possível utilizar o aprendizado sequência como tarefa para o treinamento de funções executivas. Que são consideradas habilidades essenciais para a saúde física e mental, sucesso escolar e na vida além do desenvolvimento cognitivo, social e psicológico. Outra maneira possível para o treinamento das funções executivas é a utilização de jogos digitais. Sob este contexto, neste trabalho foi criado um protótipo de jogo digital que permita o treinamento da função executiva memória de trabalho. O jogo permite ao jogador interagir com uma sequência serial, enquanto seus tempos de reação são coletados para avaliação do progresso do usuário durante uma partida.

Palavras-chave: Aprendizado de sequências seriais. Funções Executivas. Cognição. Neurociência. Jogos Digitais.

ABSTRACT

The execution of sequential tasks tightly bound to the daily lives of people. Being possible to identify it during the keyboard typing, creating sequences of actions on the steering wheel or even playing a musical instrument. Researches shows is possible use the sequence learning as an executive function training. Which is considered essential skills for fiscal and mental health, life and scholar success, in addiction of the cognitive, social and psychological development. Other possible way to train executive functions is the use of digital games. In this context, in this work was developed a prototype of a digital game that permits a player to train the executive function working memory. The game permits the player to interact with a serial sequence, while his reaction time are collected for the progress evaluate during a match.

Key words: Sequence Learning. Executive Functions. Cognition. Neuroscience. Digital Games.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo do teste <i>12-AX task</i>	31
Figura 2 – Áreas do cérebro afetadas durante o experimento.....	35
Figura 3 – Níveis de atenção de um usuário do grupo que utilizou o dispositivo <i>clicker</i>	37
Figura 4 – Níveis de relaxamento de um usuário do grupo que utilizou o <i>smartphone</i>	38
Figura 5 – Tela de configuração da análise.	39
Figura 6 – Registros dos voluntários que utilizaram o MW.....	41
Figura 7 – Registros dos voluntários que utilizaram o <i>Emotiv EEG</i>	42
Figura 8 – Linha de etapas do experimento.....	44
Figura 9 – Ambiente de desenvolvimento Unity 2D.	52
Figura 10 – Acesso do modo de jogo ER 1 e ER 2.	54
Figura 11 – Tela inicial do modo de jogo ER.	55
Figura 12 – Início da partida do modo de jogo ER.	56
Figura 13 – Representação de modo de jogo ER.	56
Figura 14 – Log do bloco 1 do modo de jogo ER.	57
Figura 15 – Acesso do modo de jogo EG 1 e EG 2.....	57
Figura 16 – Tela inicial do modo de jogo EG.	58
Figura 17 – Representação de modo de jogo EG.	59
Figura 18 – Log parcial do modo de jogo EG.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempos coletados para cada alvo na primeira sessão	62
Tabela 2 – Média de progresso por bloco do experimento EG	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação da média dos tempos de reação para o modo de jogo ER.	63
Gráfico 2 – Média de tempo de reação do participante 2 do teste ER 1	64
Gráfico 2 – Média de tempo de reação do participante 2 do teste ER 1	65
Gráfico 3 – Comparação da média dos tempos de reação pela média de acertos do modo de jogo EG.	68
Gráfico 4 – Média de acertos e tempo de reação no bloco 1 do participante 2 do teste EG 1	69
Gráfico 5 – Média de acertos e tempo de reação por bloco do participante 2 do teste EG 2.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANT	<i>Attention Network Test</i>
AS	Aprendizado de Sequências
BART	<i>Balloon Analogue Risk Tas</i>
EEG	Eletroencefalograma
FC	Flexibilidade Cognitiva
FE	Funções executivas
MT	Memória de trabalho
RTS	Jogo de Estratégia em Tempo Real
TDA	Transtorno de déficit de atenção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	15
1.2 METODOLOGIA	16
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 COGNIÇÃO	17
2.1 PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO	19
2.2 FUNÇÕES EXECUTIVAS	21
2.2.1 Controle de Inibição	21
2.2.2 Memória de Trabalho	23
2.2.3 Flexibilidade Cognitiva	25
3 APRENDIZADO DE SEQUÊNCIAS	28
3.1 PREVISIBILIDADE DE SEQUÊNCIAS	29
3.2 APRENDIZADO SEQUENCIAL E MEMÓRIA DE TRABALHO	30
4 TRABALHOS RELACIONADOS	33
4.1 APRENDIZADO SEQUENCIAL EM PIANISTAS E NÃO PIANISTAS	33
4.2 UTILIZAÇÃO DO EEG NA CAPTAÇÃO DOS NÍVEIS DE ATENÇÃO E RELAXAMENTO	36
4.3 SISTEMA COMPUTACIONAL APLICADO AO CATÁLOGO DE MEDIDAS NEUROFISIOLÓGICAS BASEADAS EM ELETROENCEFALOGRAMA	38
4.4 TREINAMENTO EM JOGOS DE ESTRATÉGIAS EM TEMPO REAL: SURGIMENTO DE TRAÇOS DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA	43
4.5 ESTUDO SOBRE EFEITOS DOS ELEMENTOS DE JOGOS DIGITAIS NO TREINAMENTO DE MEMÓRIA DE TRABALHO COMPUTADORIZADA EM CRIANÇAS COM DÉFICIT DE ATENÇÃO	44
4.6 COGMED	46
4.7 REQUISITOS DE ATENÇÃO NO APRENDIZADO: EVIDENCIA SOBRE MENSURAS DE PERFORMANCE	47
5 JOGO DIGITAL EF IMPROVER	51
5.1 TECNOLOGIAS	51
5.1.1 Unity	52
5.1.2 Linguagem de programação C Sharp	53
5.1.3 Tablets e Smartphones com Andriod	53

5.2 EF IMPROVER - MODO DE JOGO ER.....	53
5.3 EF IMPROVER - MODO DE JOGO EG.....	57
6 EXPERIMENTO E RESULTADOS	61
6.1 METODOLOGIA DO EXPERIMENTO	61
6.2 RESULTADOS EXPERIMENTO - MODO DE JOGO ER	62
6.3 RESULTADOS EXPERIMENTO - MODO DE JOGO EG	66
6.4 DISCUSSÕES	71
7 CONCLUSÃO	74
7.1 CONTRIBUIÇÕES E APRENDIZADO	76
7.2 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	82
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PERFIL DO PARTICIPANTE	84
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO	85
APÊNDICE D – RESPOSTAS QUESTIONÁRIO EXPERIMENTO ER.....	86
APÊNDICE E – RESPOSTAS QUESTIONÁRIO EXPERIMENTO EG.....	91
APÊNDICE F – ARTIGO PARA FIC FEEVALE	95
APÊNDICE G – RESUMO ARTIGO HIC INTERNATIONAL 2015	97

1 INTRODUÇÃO

A habilidade de sequenciar informações é fundamental para a melhora da performance na realização de qualquer tarefa. Ao criar-se uma sequência lógica de operação para a realização de um trabalho, diminuem-se os erros e tempos de resposta em sua realização. Utilizamos estas sequências lógicas diversas vezes ao dia, como, por exemplo, sequenciando movimentos durante a digitação em um teclado de computador, criando sequências de ações ao volante ou tocando algum instrumento musical (CLEGG; DIGIROLAMO; KEELE, 1998).

O aprendizado sequencial (AS) vem sendo amplamente estudado por psicólogos como representação do aprendizado implícito, por se tratar de uma habilidade cotidiana. Desta forma, em experimentos submetendo um indivíduo a condição de repetição, este acaba por adquirir habilidade sobre a sequência de tarefas executadas, e assim, através das reproduções da série pode-se perceber uma melhora no tempo de execução e nos níveis de acerto. (BERENDS; HOMMEL; KACHERGIS; KLEINJN, 2014). Este conhecimento adquirido a partir de atividades sequenciais permite a antecipação de eventos do ambiente. Isto é possível devido a uma compilação de memórias anteriores sobre atividades sequenciadas similares (MARCHELLI, 2011).

Estudos recentes mostram que ao executarmos alguma atividade sequencial, diversas áreas do cérebro interagem durante o processo. Esta rede neural ativa durante a atividade sequencial serial é composta pelas regiões motoras sub-corticais e corticais, o cerebelo e os gânglios basais. Estudos comprovam que ao aprender uma sequência, além do aumento na agilidade e a performance com que a tarefa é realizada, ocorre uma mudança na atividade cerebral (Plasticidade Cognitiva). Nesta mudança acontece a diminuição de atividade em alguns pontos da rede neural, ao mesmo tempo que em outras áreas ocorre um aumento de atividade (PENHUNE, 2013).

A Plasticidade Cognitiva, ou Flexibilidade cognitiva, é caracterizada pela habilidade de mudar perspectivas, permitindo a visão da mesma informação de diferentes maneiras. Para que seja possível a visão de uma nova perspectiva é necessário que haja a limpeza da memória de trabalho e esta seja refeita com a nova perspectiva pensada. A flexibilidade cognitiva engloba a flexibilidade para mudar de acordo com as novas demandas ou cenários apresentados, se adaptar a novas

prioridades, admitir que está errado, e tirar vantagem repentinamente para oportunidades inesperadas (DIAMOND, 2013).

Ao analisar a atividade neural em pessoas que possuem habilidades prévias na execução de alguma atividade sequencial, é possível perceber uma diferença entre as áreas do cérebro que são afetadas em comparação com indivíduos que não possuem tal experiência. Este fenômeno foi observado no estudo realizado por Landau e D'esposito (2006), que realizaram um experimento utilizando pianistas e não pianistas. Nesta experimentação os participantes foram submetidos à um teste similar ao piano. Foi possível verificar que pianistas tiveram mais ativações das áreas do cérebro relacionadas ao AS que os participantes que não tocam piano. Além disso, os pianistas tiveram maior facilidade de aprendizado da sequência a qual foram submetidos durante os testes (D'ESPOSITO; LANDAU, 2006).

Observando o funcionamento do cérebro e áreas ativas percebe-se a existência de um mecanismo de memória de curto prazo (memória de trabalho). Este mecanismo é constantemente atualizado armazenando as últimas respostas apresentadas durante a atividade sequencial (BLANC; DOMINEY; HOEN; LELEKOV-BOISSARD, 2012). A memória de trabalho envolve manter informação na memória enquanto a trabalha mentalmente. Ela é crítica para entender algo que se desdobra através do tempo, e necessita que sejam mantidas informações em memória sobre o que aconteceu no início do desdobramento a fim de relatar algo que irá ocorrer ao seu final. Assim, é necessária para o entendimento da escrita ou fala, quando estes são uma sentença, parágrafo ou algo mais longo. Qualquer cálculo de cabeça requisita MT para ser executado, assim como reordenar itens mentalmente, traduzir instruções em ação, incorporar novo planos, considerar alternativas e reter informações na mente para criar uma relação entre elas (DIAMOND, 2013).

Existe ainda um mecanismo de reconhecimento, que em apoio ao primeiro, é responsável por distinguir alguma estrutura serial já conhecida. Desta forma, durante o aprendizado, estes mecanismos trabalham de forma que ao encontrar-se um dado já aprendido, os neurônios responsáveis por esta informação são ativados, permitindo assim, a antecipação de algum elemento da série (BLANC; DOMINEY; HOEN; LELEKOV-BOISSARD, 2012).

Durante o AS, está presente a habilidade de antecipar eventos, comprova-se isto através de evidências experimentais realizadas sobre a linguagem humana. Ao sequenciar palavras, é possível prever a próxima palavra que será dita pelo

interlocutor (CHRISTIANSEN; CONWAY; ONNIS, 2012). Esta ligação da atividade sequencial com a fala pode ser vista em um teste realizado em crianças de sete meses de idade. Ao serem expostos a uma sessão de ditado de dois minutos com sequências silábicas “*ga, ti, ga*” e “*la, ni, la*” (na língua inglesa), e em seguida outras duas sequências: Primeiro “*we, fe, we*” com sonoridade semelhante. E após “*we, fe, fe*” (com sonoridade diferente das primeiras sequências). Percebeu-se que as crianças apresentaram um maior interesse pelo novo padrão com sonoridade diferente. Evidencia-se assim, uma transferência de conhecimento adquirido na primeira sequência silábica. (BLANC; DOMINEY; HOEN; LELEKOV-BOISSARD, 2012).

Esta característica de reconhecimento de diferentes padrões sequenciais a partir de um já aprendido, é denominada de aprendizagem associativa. Este mecanismo permite assim, que ao aprender-se uma sequência, haja a associação do aprendido para demais atividades similares. Mostra-se, desta forma, que a aquisição de conhecimento pode ser dada através da adaptação do conhecimento adquirido previamente (KRUEGER, 2011).

No que tange aquisição de conhecimento, também de aprendizagem sequencial, Proctor (1990) diz que a aquisição do conhecimento é dada em três fases: (1) a fase cognitiva, (2) a fase associativa, e por fim, (3) a fase autônoma, assim definidas:

1. Fase cognitiva: durante esta fase dá-se a formação da representação cognitiva da atividade realizada. Esta representação é dada pelo conhecimento que o sujeito traz a tarefa e a codificação cognitiva de sua situação. Para qualquer ação realizada, mesmo as mais simples, é necessário que haja a codificação do estímulo e o vínculo das possíveis respostas e suas relações. Existem diversas formas de codificação de estímulos, são elas a “codificação espacial”, “codificação manual”, “codificação simbólica”, “codificação a partir das características mais salientes” e “codificação por dimensões ortogonais”. A codificação está muito presente na fase cognitiva da aquisição do conhecimento, sendo esta complexa e dinâmica (PROCTOR;REEVE;WEEKS, 1990).
2. Fase associativa: nesta fase da aquisição de habilidade é caracterizada pelo desenvolvimento das tarefas, em que é criada uma ligação direta entre o estímulo e a resposta a ser dada. Esta ligação é criada através da prática e a retenção do conhecimento adquirido durante este

treinamento. nesta fase existe uma diminuição da codificação das tarefas, uma vez que estas já estão cognitivamente codificadas (PROCTOR;REEVE;WEEKS, 1990).

3. Fase autônoma: em que após extensos períodos de tempo de prática, o indivíduo melhora em muito sua performance durante a resolução de determinada tarefa (PROCTOR;REEVE;WEEKS, 1990).

Assim é possível afirmar que durante a AS, existe um grande esforço de codificação cognitiva durante as primeiras tentativas do padrão serial executado. Porém, após algum tempo de treinamento em determinada série sequencial, pode-se perceber uma diminuição da codificação e um aumento da associação ao conhecimento já obtido. Explicando assim a mudança de comportamento neural apresentado por PENHUNE (2013).

Dado o contexto, constrói-se o seguinte questionamento: **É possível realizar o treinamento de FEs através de um jogo digital que utilize como tema o aprendizado de sequências seriais?**

Neste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica, para fazer o levantamento de referencial teórico que permita a investigação de diferentes modelos de jogabilidade que permitam o aprendizado de sequências seriais e, por consequência, a estimulação da função executiva relacionada a memória de trabalho. Após o levantamento bibliográfico, com o objetivo de apresentar o conceito e aplicação do aprendizado de sequências, foi apresentado um estudo sobre modelos de avaliações pertinentes ao trabalho. Ao final do levantamento bibliográfico, foi criado um protótipo de jogo digital que permite o ensino e avaliação de aprendizado de sequências seriais. E por fim, foi conduzido um experimento com a ferramenta desenvolvida, em que foram avaliados dados adquiridos junto ao experimento como forma de pesquisa experimental.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é **investigar diferentes modelos de jogabilidade que permitam o aprendizado de sequências seriais e, por consequência, a estimulação da função executiva relacionada a memória de trabalho.** A seguir, são apresentados os objetivos específicos:

- Apresentar o conceito e aplicação do aprendizado de sequências seriais;
- Apresentar e estudar modelos de avaliação pertinentes ao trabalho;
- Desenvolver o protótipo de um jogo digital que permita o ensino e avaliação do aprendizado de sequências seriais;
- Conduzir um experimento relacionado ao ensino e aprendizagem de sequências seriais;
- Avaliar os dados adquiridos juntos ao experimento.

1.2 METODOLOGIA

Baseado nos conceitos metodológicos apresentados por Prodanov e Freitas (2013), este trabalho caracteriza-se como uma **pesquisa aplicada**, levando em consideração a criação de um jogo que permita a solução de um problema específico.

Quanto aos objetivos, o trabalho caracteriza-se como uma **pesquisa exploratória**. Uma vez que se faz presente a investigação de um assunto de maneira a proporcionar uma definição das técnicas mais adequadas para a definição de conceitos e técnicas empregadas, buscando o objetivo da formulação de solução para o problema proposto.

Como procedimentos técnicos aplicados, na investigação será utilizada **pesquisa bibliográfica**, a fim de possibilitar o estudo das técnicas e conceitos utilizados no referencial teórico e no trabalho. E **experimental**, devido ao fato do desenvolvimento de uma ferramenta que irá necessitar de avaliação experimental e observação dos resultados obtidos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado em cinco capítulos. O capítulo 2 apresenta conceitos sobre cognição, apresentando a cognição de forma generalizada e aprofundando nos conceitos ligados as Funções Executivas. No capítulo 3, realiza-se o estudo sobre aprendizado de sequências, apresentando suas características e aplicações. No capítulo 4 os trabalhos relacionados ao aprendizado de sequências, funções executivas e metodologias de avaliação. No capítulo 5 será apresentado o jogo digital criado. O capítulo 6 irá mostrar a metodologia do experimento aplicado. E, por fim, o capítulo 7 apresentará os resultados obtidos.

2 COGNIÇÃO

A evolução humana permitiu o desenvolvimento de um aparato cognitivo capaz de decodificar com precisão estímulos do ambiente, além de trazer o entendimento dos estímulos internos. A cognição nos permite perceber, aprender, recordar, raciocinar e solucionar problemas com enorme precisão. Vendo sob esta perspectiva, estes processos parecem perfeitos, porém mesmo eles nos trazendo tantos benefícios, também podem nos levar a alguns erros, como, a supervalorização de um determinado conhecimento já adquirido, isso ocorre quando a informação não é totalmente relevante ao problema em questão (STERNBERG, 2010).

Existem muitos processos cognitivos, e estes costumam ter uma interação entre si. Pode-se exemplificar este fato com a memória, que por vezes depende da percepção. Isto por que a percepção é responsável por gerar o estímulo que irá resgatar determinada informação armazenada (STERNBERG, 2010). Dentre estes processos cognitivos, estão:

- Percepção: caracterizada por um conjunto de processos que permite o reconhecimento, entendimento e organização das sensações provenientes do ambiente (STERNBERG, 2010).
- Atenção: tido como o meio pelo qual é processada ativamente certa quantidade de informação a partir da enorme quantidade de informações disponibilizadas pelos sentidos, memória armazenada ou outros processos cognitivos. A atenção pode ser consciente ou inconsciente. Também pode ser direcionada a apenas uma determinada quantidade de estímulos do ambiente. Por exemplo, sempre se está recebendo estímulos referentes ao corpo, porém, em geral, estes estímulos não são levados em consideração quando se está observando algo, que terá a prioridade de atenção no momento. Este fato nos permite a utilização dos recursos limitados de maneira mais sensata (STERNBERG, 2010).
- Memória: meio pelo qual é possível acessar informações passadas para utilização no presente. São mecanismos dinâmicos associados a armazenagem, retenção e acesso a informações anteriores. Ela é subdividida em três categorias (receptáculos), que são: a memória sensorial, a memória de curto prazo (ou memória de trabalho) e memória de longo prazo (STERNBERG, 2010).

Sobre a atenção consciente pode-se destacar que, além de seu valor geral, ela serve a três propósitos: o primeiro auxilia no monitoramento das interações realizadas com o ambiente, o que permite que se saiba a qualidade da adaptação a situação que se está passando. Auxilia na conexão e resgate de memórias, ligando passado ao presente, permitindo um sentido de continuidade as experiências. E por fim, auxilia no planejamento e controle de ações futuras (STERNBERG, 2010).

As informações que estão disponíveis aos processos cognitivos ao entrar em um estado de inconsciência são denominadas de informações pré-conscientes. Um exemplo são informações referentes a sensações. Normalmente, nem todas as sensações do nosso corpo são notadas, mesmo estas estando disponíveis, como, por exemplo, a sensação do pé direito, que mesmo estando disponível a todo instante não é percebida a menos que se pense nela. Outro tipo de informação inconsciente é o *priming*, que ocorre quando o reconhecimento de determinado estímulo é afetado por uma apresentação anterior deste mesmo estímulo. Supondo que alguém, em uma conversa, conte a outra pessoa sobre a antena parabólica que acaba de comprar, e tempos mais tarde, esta pessoa escuta a palavra antena, neste instante lhe será apresentada mentalmente a imagem de uma antena parabólica, de maneira inconsciente, devido a conversa anterior (STERNBERG, 2010).

Estudiosos defendem que existem dois tipos de processos que comandam a atenção, que são os pré-atencionais e atencionais. Os processos pré-atencionais (automáticos) são rápidos e acontecem de maneira paralela, podem ser usados para observar apenas características sensoriais físicas de uma mensagem a que não se presta atenção sem discernir sentido ou relações. Já os processos acontecem depois, sendo executados em série, consumindo recursos de tempo e atenção, como a memória de trabalho. Também são utilizados para a observação de característica, servindo para sintetizar fragmentos em uma representação mental do objeto. Assim, a análise física dos objetos ocorre de maneira contínua, enquanto a análise semântica necessita de funções cognitivas (memória de trabalho) para ser executada (STERNBERG, 2010).

A memória, por sua vez, possui 3 operações básicas, que são a codificação, o armazenamento e a recuperação. Durante o período de codificação, se dá a transformação dos dados sensoriais para a formação da representação mental. No armazenamento, toda a memória codificada na operação anterior é guardada. E por

fim, na recuperação, é realizado o acesso a esta memória codificada e armazenada (STERNBERG, 2010).

2.1 PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO

O processamento da informação pode ser dividido em 3 estágios, a identificação do estímulo, a resposta de tradução do estímulo e o estágio da programação de resposta. A identificação do estímulo compreende a detecção, a codificação e a classificação da informação recebida do ambiente. Neste estágio, a informação é transformada em código de estímulos relevantes. Estes códigos, por sua vez, são repassados ao próximo estágio, no qual serão traduzidos para um código de resposta apropriado a partir de um conjunto de alternativas para respostas. Na sequência, a resposta mais evidente é compilada, iniciada e programada no estágio de programação de resposta (PROCTOR; REEVE; WEEKS, 1990).

Este modelo de estágios do processamento da informação provê uma heurística muito útil para investigar e organizar fatores envolvidos com a performance da tarefa de escolha reativa. Ele permite delinear as variadas manipulações que possuem como influência primária, processos de percepção, cognitivos ou motores. Embora este modelo traga 3 processos, neste estudo será salientado o segundo processo, relacionado a tradução da informação, devido ao seu efeito para as respostas a estímulos (PROCTOR; REEVE; WEEKS, 1990).

O estágio de tradução da informação pode ser dividido em 3 fases: cognitiva, associativa e a autônoma. Esta divisão de fases é dada para um melhor entendimento do funcionamento da etapa de tradução, devido a mudança de atuação desta fase ao final da aquisição do conhecimento, em que ela deixa de ter um papel dominante sobre os estímulos (PROCTOR; REEVE; WEEKS, 1990).

Durante a fase cognitiva da aquisição do conhecimento, se dá a formação da representação da tarefa. O conceito central do processamento da informação é a codificação cognitiva, que ocorre nesta primeira fase. Assim, mesmo para tarefas simples, é necessário formar uma representação que inclui a codificação dos estímulos, o conjunto de respostas atribuídas ao estímulo e suas relações. Esta codificação irá determinar o quão rápido um estímulo será traduzido para uma resposta adequada. Existem diversas formas conhecidas de codificação utilizadas na fase cognitiva (PROCTOR; REEVE; WEEKS, 1990). Segundo estes autores são elas:

- Codificação espacial: neste tipo de codificação o tema da tarefa é formado sobre a localização no ambiente do estímulo e da resposta. Essas representações e suas correspondências determinam sua eficiência.
- Codificação simbólica: nesta codificação o sujeito atribui o estímulo há algum símbolo. Assim a performance da resposta é dada pela associação do estímulo ao símbolo.
- Codificação da características mais salientes: neste caso a codificação é dada através das características mais marcantes do estímulo.

A codificação cognitiva é um processo complexo e dinâmico. Existindo diversas formas de fazer o reconhecimento e a codificação da informação. Sendo que, a maneira em que o estímulo é codificado influencia diretamente na performance de sua resposta durante o período inicial da aquisição do conhecimento (PROCTOR; REEVE; WEEKS, 1990).

A segunda fase do processamento da informação é denominada fase associativa. Durante esta fase a codificação perde força, dando espaço a associação do estímulo diretamente a resposta. Esta ligação apenas se torna possível após um tempo de treinamento e prática na tarefa. Desta forma, quanto mais prática uma pessoa tem em alguma atividade menor a codificação cognitiva necessária para sua execução, e assim, melhora a performance e eficiência (PROCTOR; REEVE; WEEKS, 1990).

Testes mostraram que desde o início da prática em alguma tarefa pode se perceber uma melhora na performance devido a uma diminuição da codificação cognitiva. Esta evolução ainda pode ser percebida semanas após os treinamentos, mantendo-se ainda para tarefas semelhantes a treinada (PROCTOR; REEVE; WEEKS, 1990).

E por fim, existe a fase autônoma, que ocorre após longos períodos de treinamento. Esta fase é caracterizada pela maximização na performance e qualidade de execução de uma tarefa, apenas atingido após grandes períodos de treinamento. Nesta fase é percebida uma diminuição na melhoria de performance, e é caracterizada pela resposta automática a um estímulo (PROCTOR; REEVE; WEEKS, 1990).

Alguns processos mentais responsáveis pela capacidade de manter o foco, a utilização da memória temporária para moldar uma informação e a capacidade de mudança rápida de pensamento ou de processamento de diversas tarefas em

paralelo, auxiliam durante a aquisição do conhecimento. Estes processos serão melhores descritos na seção a seguir.

2.2 FUNÇÕES EXECUTIVAS

Funções executivas (FEs) se referem a um conjunto de processos mentais necessários durante tarefas que precisam de concentração, atenção ou no controle de impulsos instintivos que podem não ser bons para o indivíduo. FEs são divididas em três núcleos: **controle de inibição, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva**. Entre seus principais tipos estão o raciocínio, o planejamento e a habilidade de solucionar problemas. São consideradas habilidades essenciais para a saúde física e mental, sucesso escolar e na vida além do desenvolvimento cognitivo, social e psicológico (DIAMOND, 2013). O desenvolvimento das FEs está diretamente ligado a melhora da criatividade, autocontrole, flexibilidade e disciplina (DIAMOND, 2011). A seguir será realizado um aprofundamento sobre os três núcleos.

2.2.1 Controle de Inibição

O controle de inibição é o núcleo das FEs que compreende funções responsáveis pelo controle de atenção, comportamento, pensamentos e emoções, que predisõem o sujeito a distrações que o tirem do foco. Sem o controle de inibição, o ser humano fica à mercê dos impulsos, hábitos e pensamentos antigos ou a estímulos que o desviem do caminho ao qual está seguindo. Desta forma, o desenvolvimento do controle de inibição traz o poder de escolha das reações a serem tomadas sobre determinado acontecimento de forma consciente, minimizando assim os efeitos do ambiente sobre a pessoa, possibilitando a troca da escolha, para um mais racional (DIAMOND, 2013).

O controle de inibição de atenção permite manter o foco em determinada escolha, possibilitando a atenção seletiva e supressão a atenção a outros estímulos. Tomando, por exemplo, uma festa em que ocorrem diversas conversas paralelas, o controle de inibição possibilita que seja dado foco em apenas uma conversa, ignorando as demais conversas e estímulos visuais proporcionados pelo ambiente repleto de ruídos. Outro aspecto do controle de interferências é a supressão de representações mentais prepotentes, também denominado de inibição cognitiva. Este

aspecto envolve a resistência a pensamentos estranhos ou memórias indesejáveis, incluindo o esquecimento intencional. Esta habilidade atua em colaboração com a memória de trabalho (DIAMOND, 2013).

O autocontrole é o aspecto que engloba o controle de comportamento, emoções a serviço do comportamento. É definido como a resistência a tentações e sobre ações impulsivas, como, a vontade de roubar algo. Com um baixo autocontrole, uma pessoa facilmente rouba um objeto cobiçado. Outro aspecto do autocontrole é ter a disciplina de continuar uma tarefa mesmo com diversos estímulos levando para a desistência ou para a iniciação de uma tarefa mais atrativa. Isto envolve em manter-se fazendo algo quando você gostaria de estar fazendo outra coisa. O que é relacionado ao último aspecto do autocontrole, atrasar gratificações, ou seja, ir além no desenvolvimento da tarefa para obter maiores prêmios mais tarde. Porém, esta habilidade não é útil apenas na luta contra os desejos. Ela é necessária, por exemplo, para que não se siga apenas a primeira ideia que vem à mente, mas que seja realizada uma análise de todos os fatos envolvidos para então se tomar uma decisão (DIAMOND, 2013).

Alguns testes psicológicos como o *Stroop*, permitem exercitar o controle de inibição. Neste teste são dados os nomes das cores como, por exemplo, vermelho, porém escritos com a fonte em outras cores, como por exemplo, em verde. Nesta avaliação verifica-se o nível de acerto do participante em identificar a cor da fonte, forçando-o a ignorar o significado da palavra. Este teste permite medir o controle de inibição, uma vez que a pessoa que está realizando-o precisa reprimir o primeiro pensamento, escolhendo corretamente a resposta a partir do estímulo visual apresentado (DIAMOND, 2013).

Já o teste *Flanker* requer a atenção seletiva. Para completar a atividade, o participante precisa manter o foco a um estímulo central, enquanto diversos outros estímulos são apresentados nos flancos. Quando um estímulo paralelo é mapeado, o sujeito responde mais devagar devido à necessidade de reestabelecer o foco no objetivo central. Esta atividade obriga o participante a ignorar os impulsos naturais e manter o foco apenas no seu objetivo principal (DIAMOND, 2013).

O desenvolvimento do controle de inibição é muito difícil, principalmente nas idades iniciais. Normalmente, crianças tendem a ter dificuldade de suprimir os instintos, respondendo assim, sempre a favor do estímulo dado, e respostas contrárias aos estímulos são muito mais comuns. Mesmo para adultos existe a dificuldade em

responder contrariamente aos estímulos, o que leva a uma maioria de respostas positivas ao estímulo dado (DIAMOND, 2013).

Um estudo realizado com 1000 crianças nascidas no mesmo ano e estudadas por 32 anos, mostrou que, crianças entre as idades de 3 a 11 anos, que tiveram mais controle de inibição, apresentaram menos abandono escolar e maior controle a decisões de risco, como o abuso de drogas. E depois, já na vida adulta, apresentaram melhor saúde mental e física, além de terem maior renda e apresentaram um nível de QI mais elevado (DIAMOND, 2013).

2.2.2 Memória de Trabalho

Outro dos núcleos das FEs é a memória de trabalho (MT) que envolve manter informação na mente enquanto a trabalha mentalmente. Ela é crítica para entender algo que se desdobra através do tempo, e necessita que sejam mantidas informações em memória sobre o que aconteceu no início deste desdobramento, a fim de relatar algo que irá ocorrer ao final. Assim, é necessária para o entendimento da escrita ou fala, quando estes são uma sentença, parágrafo ou algo mais longo. Qualquer cálculo de cabeça requisita MT para ser executado, assim como, reordenar itens mentalmente, traduzir instruções em ação, incorporar novos planos, considerar alternativas e reter informações na mente para criar uma relação entre ela (DIAMOND, 2013).

A MT é necessária para a habilidade de ver conexões entre coisas aparentemente sem relação e juntar os elementos a fim de formar o todo. Auxilia na criatividade, uma vez que a recombinação de elementos para a criação de novas coisas é parte integrante da criatividade. Permite o conhecimento conceitual e não apenas os perceptivos durante a tomada de decisão, considerando em conjunto o passado e o futuro (DIAMOND, 2013).

A MT é algo distinto da memória de curto prazo, pois esta é caracterizada apenas pelo armazenamento de memória, enquanto na MT está presente a manipulação desta memória. Estudos mostram que as duas ocorrem em diferentes subsistemas neurais. A MT está ligada principalmente ao córtex pré-frontal dorsolateral, enquanto o simples armazenamento de informação não necessita de ativações nesta área do cérebro (DIAMOND, 2013).

A MT e o controle de inibição se relacionam, principalmente nos casos em que existe a necessidade de agir de forma contrária à indicada pelas informações que se tem em mente. Neste caso, existe a necessidade de se reavaliar os dados armazenados e trabalhá-los de forma a dar uma resposta mais racional ao estímulo dado (DIAMOND, 2013).

O Controle de inibição é suportado pela MT quando existe a necessidade de se atingir um objetivo e este precisa ser mantido em mente, de forma que não seja dada atenção a distrações. Esta ação permite um aumento no interesse no objetivo e guia o comportamento, além de diminuir as chances de erros, como a emissão de respostas padrões ou prepotentes. Como exemplo, podemos tomar um estudo realizado com crianças entre 4 e 5 anos. Neste experimento, denominado leitura para o amigo, as crianças foram separadas em duplas. Na atividade, cada participante recebeu um livro, que deveria ler para seu colega. Ao início do experimento, os dois integrantes tentavam ler seu livro ao mesmo tempo fazendo com que nenhum escutasse a leitura do outro. Para ajudar as crianças a controlarem a inibição, os professores utilizaram um auxílio de memória visual que dizia: “orelhas não falam, orelhas escutam”. Assim, com este auxílio, as crianças conseguiram cumprir a tarefa, sempre mantendo em mente o auxílio visual (DIAMOND, 2013).

A MT também recebe suporte do controle de inibição. Para relacionar diversas ideias ou fatos, é necessário que se mantenha o foco apenas no objetivo desejado. Assim, o controle de inibição é necessário para que pensamentos passados não atrapalhem o resultado requerido. Desta forma, é necessário o autocontrole para conter pensamentos e estímulos internos, bem como estímulos vindos do ambiente, pois distrações podem levar a perda das informações em mente utilizadas pela MT. Um exemplo é a leitura de um parágrafo, quando não existe um bom controle de inibição, o parágrafo pode ser completamente lido, sem que seja retida nenhuma informação. Isto ocorre devido a pensamentos paralelos e dispersivos não controlados (DIAMOND, 2013).

Alguns testes psicológicos podem ser feitos para acessar a MT. Entre eles temos, o *Backward-digit span*, que consiste em memorizar alguns itens que são falados e repeti-los de traz para a frente, de maneira que force o participante do teste a realocar a ordem das sentenças para retorna-las ao testador. Testes que exijam a reordenação de itens mentalmente são de grande significância para melhorias na MT.

Mesmo testes que requerem a reordenação numérica como (6, 9, 4, 7) para (4, 6, 7, 9) são excelentes para a MT (DIAMOND, 2013).

Outro teste importante para acessar a MT é o *Corsi Block test*, que consiste no participante observando o testador tocar uma série de blocos, e após ele deve tocar nos blocos na mesma ordem recém avistada. Muitas variações deste teste foram recriadas computacionalmente e obtiveram bons resultado na melhora da MT em crianças (DIAMOND, 2013).

A habilidade de manter informação em memória é desenvolvida desde cedo. Mesmo crianças muito novas conseguem manter uma ou duas coisas ao mesmo tempo em mente por um tempo relativamente longo. Porém, a habilidade de manter muitas coisas em memória ou fazer qualquer tipo de manipulação mentalmente possui um desenvolvimento muito lento e apresenta uma progressão prolongada. Tem sua capacidade diminuída com a idade, percebendo-se esta diminuição em idosos (DIAMOND, 2013).

2.2.3 Flexibilidade Cognitiva

O terceiro núcleo das funções executivas é a flexibilidade cognitiva (FC), que é concebida a partir dos outros dois núcleos e seu desenvolvimento é dado muito mais tarde que os demais. Um de seus aspectos é a habilidade de mudar perspectivas, permitindo a visão da mesma informação de diferentes maneiras. Para que seja possível a visão de uma nova perspectiva é necessária que haja a limpeza da MT e esta seja refeita com a nova perspectiva pensada. E é a partir deste ponto que a FC necessita do controle de inibição. Ela também permite a troca da maneira que uma situação é pensada, o dito pensamento fora da caixa, no qual o sujeito consegue trilhar um caminho totalmente novo para solução de um problema, quando já possui uma solução na qual está trabalhando e não está obtendo sucesso (DIAMOND, 2013).

A FC também engloba a flexibilidade para mudar de acordo com as novas demandas ou cenários apresentados, se adaptar a novas prioridades, admitir que está errado, tirar vantagem repentinamente para oportunidades inesperadas (DIAMOND, 2013).

Existe uma família de tarefas que permite o acesso a FC, que é composta pelos testes *design fluency*, *verbal fluency* e *category fluency*. Nestes testes são feitas perguntas como: quantos usos você pode dar para uma mesa? Em quantas palavras

você consegue pensar que começam com a letra F? Ou ainda para falar alternadamente nomes de animais e nomes de comidas. Primeiramente, as respostas mais comuns vêm à mente, como o que se pode comer ou escrever na mesa, porém pessoas com maior FC ou maior criatividade vão trazer respostas como, dançar sobre a mesa, ficar em baixo da mesa para manter-se seco, usa-la como um escudo, quebra-la em pedaços para usar como lenha ou utiliza-la como instrumento de percussão (DIAMOND, 2013).

A FC também é investigada com teste de alternância de tarefas, como a *Wisconsin Card Task*, que consiste na disposição de cartas por algum tipo de ordenação escolhida pelo avaliador, esta ordenação pode ser pelo número da carta, cor ou tamanho, por exemplo. O participante do teste, por sua vez, precisa deduzir qual a ordenação que está sendo aplicada as cartas com base em *feedbacks* e a flexibilidade das regras da ordenação de cartas sempre que o experimentador trocar o tipo de ordenação (DIAMOND, 2013).

Uma das formas de desenvolvimento da FC é focar em uma mesma dimensão de um determinado estímulo, porém revertendo o mapeamento da resposta do estímulo. Este procedimento é denominado mudança extradimensional. Por exemplo, na tarefa 1 é necessário que se aperte esquerda para círculo e direita para triângulo, enquanto a tarefa 2, deve-se apertar esquerda para triângulo e direita para círculo. Esta tarefa pode ser executada com crianças de pouco mais de 2 anos de idade. Pois a habilidade de mudar onde dar a resposta é desenvolvida anteriormente a habilidade de mudar a maneira que se pensa sobre algo (DIAMOND, 2013).

A FC juntamente com as demais FEs, é extremamente importante para o desenvolvimento das pessoas, sendo estes necessários para o desenvolvimento do raciocínio lógico, foco nos objetivos e criatividade para a resolução de problemas. O desenvolvimento das capacidades cognitivas relacionadas as FEs é de grande importância para viabilizar o sucesso acadêmico e profissional. Sendo que, é possível desenvolver estas capacidades por meio de treinamento, conforme mencionado nos capítulos anteriores em que foram apresentadas atividades que permitem tal treinamento. (DIAMOND, 2013).

Treinamentos como o *Corsi Block test* e o *Wisconsin Card Task* mencionados acima, utilizam como base a execução de tarefas seriais. Estas tarefas permitem o estímulo das FEs através de atividades relacionadas ao aprendizado de sequências

seriais. Neste sentido, o capítulo a seguir irá detalhar os processos relacionados a aquisição da habilidade sequencial.

3 APREDIZADO DE SEQUÊNCIAS

O aprendizado de sequências (AS) pode ser considerada umas das habilidades cognitivas mais essenciais. Isto porque o cotidiano das pessoas é repleto de atividades sequenciais como andar, cozinhar, escrever ou mesmo para falar. Conseqüentemente, o AS tem sido alvo de diversos estudos, que vão desde o aprendizado implícito até a aquisição de habilidades de fala e escrita (BERENDS; HOMMEL; KACHERGIS; KLEINJN, 2014). O sistema nervoso possui a habilidade de representar eventos do ambiente, associando-os a outros eventos e estabelecer relações casuais entre eles. Tal habilidade traz ganhos de adaptação, pois ela permite a antecipação de eventos do ambiente. Gerando ações comportamentais que não necessitam ocorrer como resposta a eventos do ambiente, mas sim como representação das contingências ambientais. O que permite comportamentos gerados a partir de experiências anteriores (PAVÃO, 2011).

Uma das abordagens ao AS pode ser dada pela tarefa de tempo de reação serial. Esta abordagem foi muito utilizada em diversas pesquisas e consiste na avaliação do tempo de resposta de um indivíduo dado um estímulo serial apresentado (PAVÃO, 2011). Berends, Hommel, Kachergis, Kleinjn (2014) executaram uma versão deste teste utilizando um aplicativo de computador, em que foi apresentado aos usuários uma tela com quatro quadrados dispostos nas extremidades. O participante do desafio deveria clicar utilizando o mouse sobre o quadrado que mudasse de cor o mais rápido possível. A fim de testar a habilidade serial, a primeira e a última rodada foram realizadas com uma ordem aleatória de mudança de cor, e as demais rodadas foram executadas utilizando a mesma sequência serial. Avaliando a trajetória do mouse e os tempos de reação ao decorrer das baterias de teste, os pesquisadores puderam avaliar a AS a partir habilidade de previsão sobre a sequência serial aplicada (BERENDS; HOMMEL; KACHERGIS; KLEINJN, 2014).

A antecipação de eventos na tarefa de reação serial durante a exposição de voluntários na condição da sequência fixa parece envolver processos distintos nas fases iniciais e tardias do treino. Isto porque no início a tarefa é executada sem que haja o reconhecimento da sequência serial. Porém, nos estágios finais, os participantes podem perceber a presença da uma sequência fixa dos elementos presentes no experimento. É importante ressaltar que mesmo para os períodos iniciais

a performance dos participantes deste tipo de teste se mostra superior na execução da sequência fixa em comparação com a fase aleatória (PAVÃO, 2011).

3.1 PREVISIBILIDADE DE SEQUÊNCIAS

A previsibilidade das sequências pode ser descrita utilizando três ferramentas: a probabilidade condicional, o modelo conexionista ou a entropia informacional. As três ferramentas possuem seus pontos positivos e negativos (PAVÃO, 2011).

A probabilidade condicional é uma das formas de formalizar as previsibilidades que estão associadas em diferentes ordens apresentadas em uma sequência. Essa consiste na atribuição de um valor de probabilidade (p) de um evento X dado um elemento Y , apresentada pela expressão $p(X|Y)$. Ao aplicarmos a regra a sequência ADCACB temos $p(C|A) = 0.5$ e $p(D|A) = 0.5$ (transições únicas) ou $p(A|B) = 1$ e $p(C|D) = 1$ (transições únicas). Nesta classificação é considerada a probabilidade $p(X|X-1)$ indicando a probabilidade do elemento seguinte X , com base em um único elemento prévio a $X-1$. Esta transição $X-1;X$ é denominada de transição de primeira ordem por processar apenas um elemento prévio. Podemos ter também probabilidades definidas com base em dois elementos, representadas por $p(X|X-1;X-2)$, considerados transições de segunda ordem. Desta forma, pode-se dizer que a probabilidade condicional é uma estratégia matemática que trata a pares, trincas e quadras de elementos de uma sequência serial (PAVÃO, 2011).

O modelo de probabilidade condicional é caracterizado pela facilidade do cálculo envolvido, tratando-se apenas de uma função algébrica simples em que se avalia uma contagem dos eventos presentes em uma sequência serial. Porém, esta simplicidade pode trazer algumas falhas por não incluir uma representação integrada da estrutura de sequências (PAVÃO, 2011).

Outro modelo utilizado para fazer avaliações das sequências são os modelos conexionistas. Estes modelos são uma classe de modelos computacionais que tem sido amplamente aplicado no estudo da cognição e do comportamento. Um exemplo dessas classes são as redes recorrentes simples, redes neurais artificiais capazes de reproduzir e prever o desempenho da aprendizagem sequencial. Este modelo permite uma representação integrada da estrutura das sequências, apresentando assim uma vantagem em comparação ao modelo de probabilidade condicional. Mesmo apresentando uma representação integrada das sequências, este modelo é criticado

por não oferecer uma representação da previsibilidade explicitamente, além de ser considerado não plausível biologicamente, devido a seus neurônios e redes de neurais artificiais terem poucas similaridades com as redes biológicas (PAVÃO, 2011).

E por fim, temos a Entropia ou Teoria da Informação, que relaciona a probabilidade de um evento particular a uma medida de incerteza, de forma que eventos com baixa probabilidade de ocorrência possuem incertezas mais altas (entropias altas). O cálculo proposto neste modelo fornece uma quantidade ótima de bits necessária para a representação de cada evento de uma determinada mensagem, de forma que a quantidade média de bits/evento da mensagem seja o menor possível. Desta forma, cada evento de mensagem terá um valor de entropia (h) e o valor médio de eventos é a entropia da mensagem (H). Assim é possível mensurar o valor de entropia do evento e da mensagem a partir de um cálculo algébrico simples. Assim, cada elemento da sequência recebe um valor em bits, elementos com menor ocorrência recebem um valor em bit mais alto, enquanto valores com muita incidência são representados por um valor binário menor. Desta forma, sequências com grande repetição de elementos apresentarão um valor de entropia global menor que sequências seriais de maior sortimento (PAVÃO, 2011).

Este modelo traz a mesma vantagem da probabilidade condicional quanto a facilidade de cálculo, por demandar apenas de uma função algébrica simples de contagem de elementos. Além de permitir uma avaliação geral da sequência. Deste modo, é possível dizer que o modelo de entropia informacional agrupa vantagens dos dois modelos apresentados anteriormente (PAVÃO, 2011).

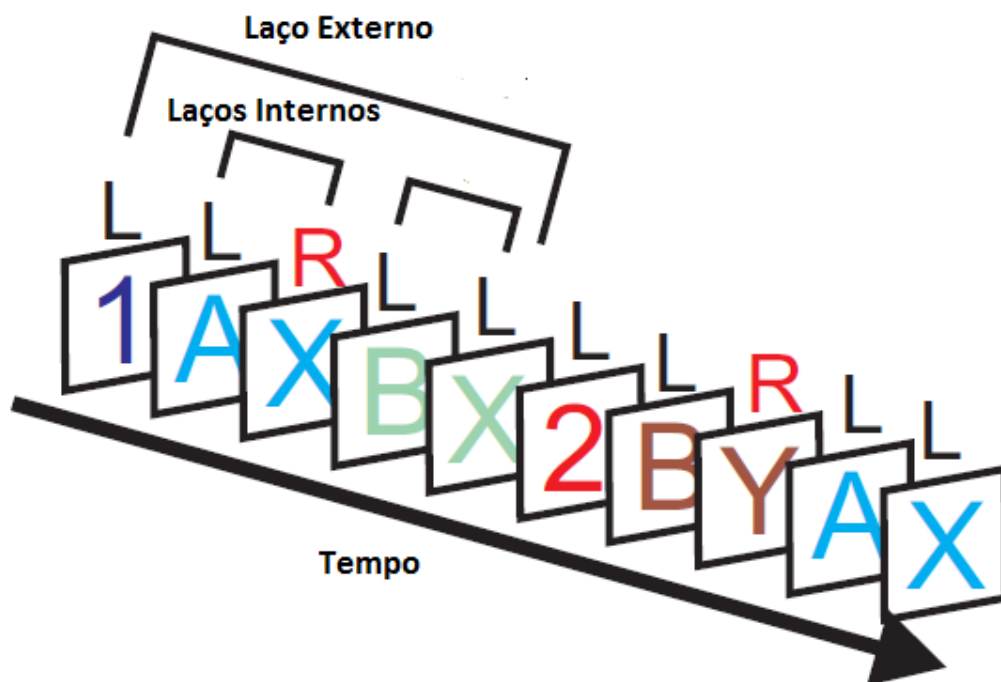
3.2 APRENDIZADO SEQUENCIAL E MEMÓRIA DE TRABALHO

Atualmente existem diversas tarefas desenvolvidas com o intuito de reforçar a MT e FC, como o *Stroop Task*, *n-back Working Memory task*, *Multiple Errands test* entre outras. Krueger (2011) realizou um experimento utilizando o 12-AX task, com o intuito de fazer uma avaliação da MT durante a atividade serial sequencial (KRUEGER, 2011).

Na *12-AX task* o participante vê uma sequência desenhada a partir de um alfabeto de 8 símbolos 1, 2, A, B, C, X, Y, Z. Cada vez que um dos símbolos é apresentado, o voluntário deve dar uma resposta. Existem 2 respostas possíveis para cada estímulo, “R” quando o objeto alvo é apresentado e “L” para os demais objetos.

A definição das respostas é apresentada previamente ao início do teste. Durante a apresentação da sequência linear, existem dois laços internos a sequência total que repetem o mesmo trecho de sequência algumas vezes, e que são envoltos por um laço maior. No primeiro laço o participante deve declarar como alvo o elemento “X”, quando este segue o elemento “A” e no segundo, “Y” deve ser tomado como alvo quando precedido e “B”. Estes pares são apresentados sem que haja nenhum aviso junto com elementos não alvos. No laço que envolve os dois laços menores, todos os elementos que não correspondem ao final de um dos pares devem ser entendidos como distração. Neste laço existem os números 1, que precede ao laço “AX”, e 2 que precede o par “BY”. Estes números também são considerados como distração. A Figura 1 mostra uma representação da sequência apresentada na *12-AX task* (KRUEGER, 2011).

Figura 1 – Modelo do teste *12-AX task*.



Fonte: Krueger(2011).

Aplicando uma versão modificada deste teste utilizando imagens de um mesmo contexto em 49 alunos do departamento de psicologia da UCL de Londres, maiores de 18 anos, saudáveis e sem deficiências de aprendizado. Krueger (2011) verificou que durante a transição entre os laços menores em que existia a mudança da regra para a identificação elemento alvo, havia uma queda na performance dos estudantes, que aumentava após algumas repetições do laço. Para a maioria dos participantes

(80%) foi possível verificar uma melhora de performance na transição de tarefas após 15 a 30 minutos de treinamento com a AX-12 task, indicando assim, uma melhora na capacidade da reposição da MT. A partir deste estudo é possível afirmar que a utilização de sequências seriais pode ser utilizada como uma forma de treinamento para a memória de trabalho bastante efetiva (KRUEGER, 2011).

O estudo do aprendizado de sequências seriais é muito presente no dia-a-dia das pessoas e está sendo amplamente estudado. Alguns estudos como o de Krueger (2011), mostram que pode-se utilizar o AS como forma de avaliação da MT. Conforme citado no capítulo 2, existem tarefas baseadas em sequências seriais utilizadas como forma de treinamento de FEs, em especial a MT e a FC. Demais estudos relacionados à AS serão descritos na seção a seguir. Juntamente com trabalhos relacionados sobre FEs, metodologias de avaliação a partir de eletroencefalograma e a utilização de jogos digitais como forma de treinamento para FEs. O próximo capítulo apresenta estudos realizados nas áreas que compõem esse trabalho.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, serão apresentados trabalhos relacionados que serão utilizados neste trabalho, servindo como uma base de conhecimento e fundamentação prática. A seguir, serão mostrados seis estudos envolvendo experimentos sobre aprendizado sequencial, avaliação de métricas fisiológicas e o efeito de jogos digitais sobre a cognição.

4.1 APRENDIZADO SEQUENCIAL EM PIANISTAS E NÃO PIANISTAS

O cérebro possui uma notável habilidade de se adaptar de maneira flexível à novas demandas. Plasticidade funcional nas regiões motoras e sensoriais ocorrem em resposta a treinamentos curtos, ou mesmo em resposta a treinamentos de meses ou anos. Isto evidencia que o tempo de treinamento em determinada tarefa possui uma crítica influência nos aspectos neurais do aprendizado. Estas fases “rápidas” e “lentas” da aquisição do conhecimento são associadas a características neurais e psicofísicas distintas. As mudanças “rápidas” normalmente ocorrem com melhorias na performance e automatização das tarefas. Enquanto nas mudanças “lentas” pode-se perceber mudanças graduais na performance e são associadas a reorganização da topografia funcional, ampliação do mapa cortical e uma mudança morfológica da estrutura do cérebro. Estudos sugerem que o aprendizado rápido aliado a atividades repetitivas está ligado a diminuição de atividade em uma rede neural fixa. Ao passo que, o aprendizado lento, aliado ao desenvolvimento estratégico, está associado com o recrutamento de áreas adicionais do cérebro durante a aquisição da habilidade (D’ESPOSITO; LANDAU, 2006).

Estudantes de piano se encaixam perfeitamente quando se trata de aprendizado lento. Estudos mostram que existem menos áreas ativas nos cérebros de pianistas, em comparação a não pianistas. Experimentos mostraram que quando um indivíduo é exposto a 15 semanas de treinamento no piano é possível verificar uma mudança no comportamento da rede neural ativa enquanto este está tocando alguma música. Diante disto, Landau e D’esposito (2006) conduziram um experimento que comparou pianistas a não pianistas a fim de avaliar áreas ativas do cérebro durante a execução de uma atividade sequencial semelhante ao piano.

Participaram do experimento 9 pianistas experientes com média de 21,8 anos de idade, e 8 não pianistas, com média de 20,6 anos de idade, estudantes da universidade da Califórnia em Berkeley. Um pianista experiente tinha no mínimo 8 anos de experiência no piano e o tocava por no mínimo 3 horas semanais, enquanto um não pianista nunca tocou nenhum instrumento musical (D'ESPOSITO; LANDAU, 2006).

Para o teste, cada um dos participantes recebeu um teclado com 8 teclas, 4 teclas para cada mão. Os voluntários deveriam teclar de acordo com a posição indicada em uma tela compostas por 8 posições vazias divididas ao meio por um "+". A indicação da tecla a ser pressionada foi representada por um "X" que aparecia em uma das posições em branco a cada 900ms. Os recrutas passam por 5 sessões de ressonância magnética funcional, cada uma com 5 minutos de duração. Cada sessão consistiu em 1 bloco com 20 desafios randômicos, 8 blocos com 20 desafios sequenciais e novamente 1 bloco com 20 desafios randômicos. Não foi repassada a informação sobre a transição dos blocos randômicos para os sequenciais aos participantes (D'ESPOSITO; LANDAU, 2006).

Após o teste foi realizada uma entrevista com os participantes em que foi questionado se eles perceberam a presença de uma sequência, e se poderiam reproduzir a sequência percebida. Todos os 17 participantes responderam que perceberam a existência de uma sequência regular durante os testes. Porém apenas 4 pianistas puderam fazer a reprodução da sequência. Nenhum dos participantes reportou que percebeu a transição dos blocos randômicos para os blocos com a sequência (D'ESPOSITO; LANDAU, 2006).

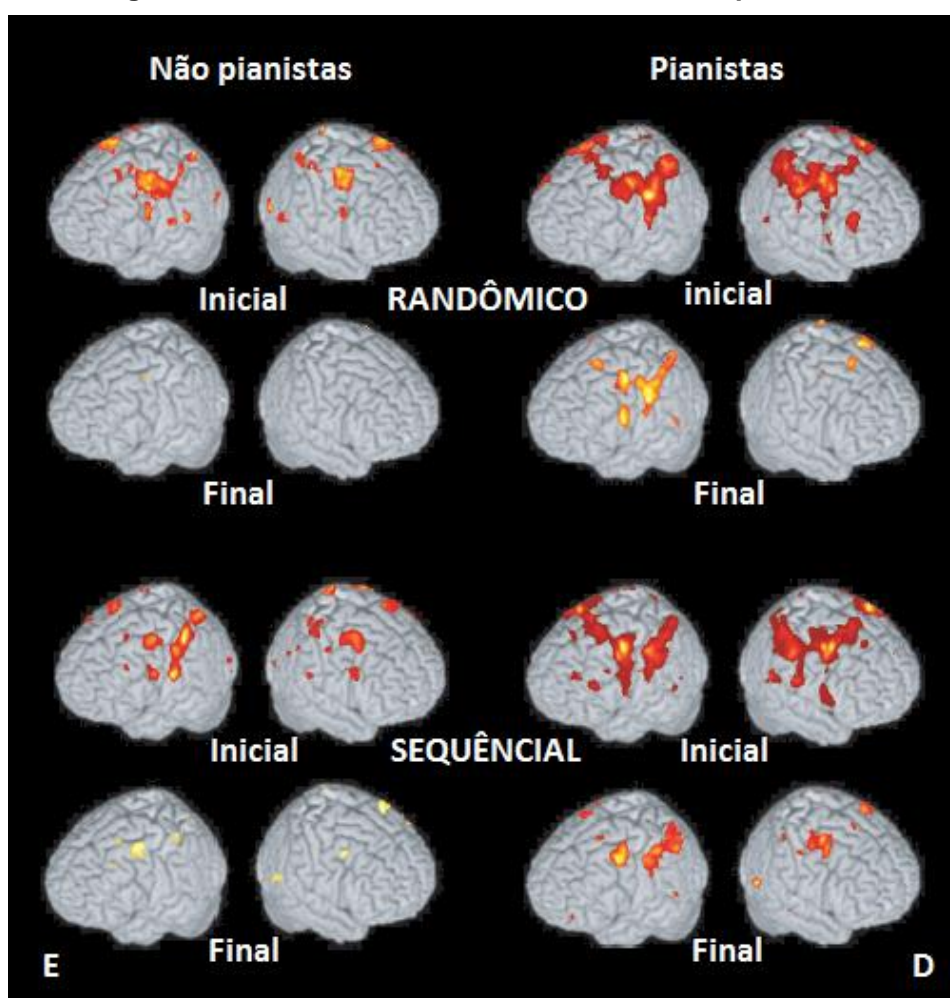
Analisando os dados apresentados pela ressonância, os autores puderam ver que durante a tarefa foram ativadas as áreas frontal inferior bilateral, pré-motor, motor sensorial, e regiões parietais do cérebro, como o gânglio basal bilateral, talamos, e a região temporal direita. Avaliando os resultados dos testes, para os dois grupos houve diminuição no tempo de resposta de acordo com o avanço das baterias. Verificou-se ainda, uma maior ativação no córtex pré-motor dorsal e ventral, área motora suplementar e pré-suplementar para os blocos sequenciais em comparação com os blocos randômicos. Os blocos randômicos não apresentaram ativações maiores que os blocos sequenciais (D'ESPOSITO; LANDAU, 2006).

Foi possível observar ainda que algumas regiões do cérebro permaneceram mais ativas para os pianistas. A diferença de atividade pôde ser verificada nas regiões

parietais, como o córtex parietal bilateral inferior e o córtex parietal bilateral superior, assim como regiões laterais direitas, como o caudado direito e córtex motor primário direito. Em nenhuma das baterias foi relatada maior atividade neural para os não pianistas em comparação com os pianistas (D'ESPOSITO; LANDAU, 2006).

Após este teste Landau e D'esposito (2006) puderam ver que ambos os grupos foram capazes de aprender a sequência serial a que foram submetidos. Evidenciou-se assim, o aprendizado rápido para os dois grupos. Isto pode ser visto na comparação das áreas do cérebro ativas durante os testes iniciais e finais apresentada na Figura 2, onde pode se perceber diminuição na atividade neural ao final do experimento. Foi possível identificar que existem diferenças no processamento da informação quando se trata de uma atividade sequencial serial. Avaliando o aprendizado "lento", é possível ver que os pianistas, por trazerem a experiência anterior, tiveram mais áreas cerebrais ativas mesmo para as últimas baterias (D'ESPOSITO; LANDAU, 2006).

Figura 2 – Áreas do cérebro afetadas durante o experimento.



Fonte: D'ESPOSITO e LANDAU (2006).

4.2 UTILIZAÇÃO DO EEG NA CAPTAÇÃO DOS NÍVEIS DE ATENÇÃO E RELAXAMENTO

O formato de ensino atual traz como um de seus principais problemas o baixo nível de engajamento dos estudantes. O que traz como consequência um decréscimo na qualidade do aprendizado. Uma maneira efetiva de tornar os alunos mais participativos em sala de aula é um sistema de respostas anônimas. Contudo, a utilização de meios tradicionais deste tipo de resposta, como cartões, faz com que os estudantes fiquem relutantes em responder as perguntas propostas. Devido a isto, diversos estudos foram realizados na área, e a utilização de ferramentas eletrônicas como meio de coleta para as respostas dos alunos mostrou-se uma boa prática para a melhoria no engajamento dos alunos (SUN, 2013).

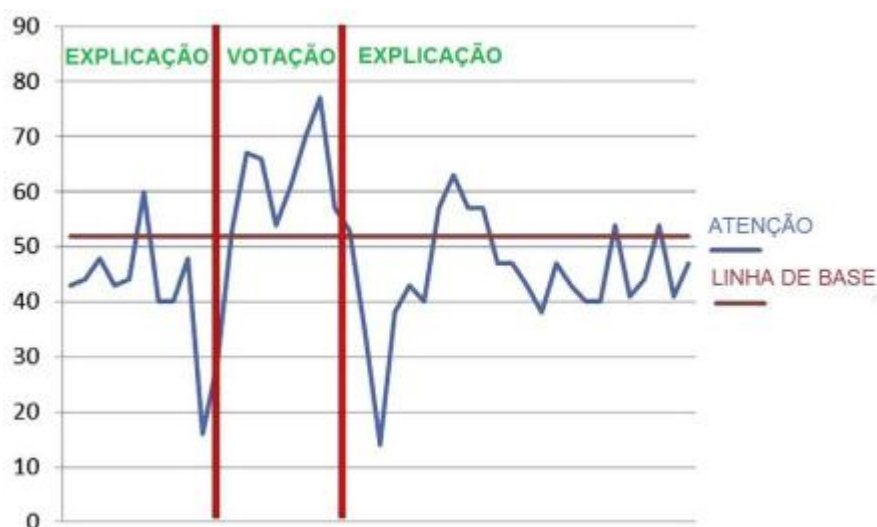
Técnicas como o *Just-in-Time Teaching* utilizando dispositivos eletrônicos vem se tornando cada vez mais comum em sala de aula, devido ao seu poder de aumentar o interesse dos alunos no conteúdo passado em sala de aula. A fim de fazer uma avaliação sobre o efeito dessas técnicas sobre o foco e relaxamentos dos estudantes, Sun (2013), realizou um experimento utilizando aparelhos de EEG. Neste foi feita a comparação de dois tipos de aparelhos eletrônicos para a coleta das respostas dos alunos, com o intuito de avaliar os seus diferentes efeitos sobre o comportamento cerebral (SUN, 2013).

Para o experimento foram selecionados estudantes dos cursos de métodos de pesquisa educacional e sociologia da educação. Os cursos foram escolhidos por exigirem dos estudantes aplicação de estudos na área da educação. Participaram 27 estudantes do curso de métodos de pesquisa educacional e 42 do curso de sociologia da educação. A idade média dos voluntários era de 22,68 anos, dos quais 37 do sexo feminino e 32 do sexo masculino (SUN, 2013).

Os participantes foram divididos em dois grupos. O primeiro grupo recebeu um aparelho em que as respostas eram dadas através de cliques (*clicker*). Enquanto os participantes do segundo grupo responderam as questões utilizando um aplicativo para *smartphone*. Foram coletados dados de atenção e relaxamento durante um tempo que compreendeu as explicações do professor sobre o conteúdo de aula, as respostas dos alunos sobre os questionamentos do conteúdo passado e a resolução dos problemas pelo professor. Além da coleta de dados utilizando o dispositivo de EEG foi realizado um questionário subjetivo aos alunos (SUN, 2013).

Analisando os dados obtidos na coleta, o pesquisador pôde verificar que os alunos que utilizaram o *clicker* para responder as perguntas, tiveram um aumento nos níveis de atenção durante a votação, conforme pode ser visto na Figura 3. Porém, após o término da votação, o nível de atenção diminuiu drasticamente. Da mesma forma, os níveis de relaxamento aumentaram durante ao período de respostas, mas tiveram uma grande queda no período que seguiu, chegando a indicar estresse (SUN, 2013).

Figura 3 – Níveis de atenção de um usuário do grupo que utilizou o dispositivo *clicker*.



Fonte: Sun, 2013.

Quanto ao segundo grupo, que utilizou os *smartphones* para a votação, os resultados obtidos foram diferentes. Neste caso, verificou-se uma queda nos níveis de atenção no início das respostas, porém com o decorrer do tempo de coleta, estes níveis aumentaram, mantendo-se em crescimento mesmo após o tempo de resolução das questões. Avaliando os níveis de relaxamento pôde-se perceber que os estudantes se mantiveram relaxados durante todo o tempo da coleta de dados, como pode ser verificado na Figura 4 (SUN, 2013).

Figura 4 – Níveis de relaxamento de um usuário do grupo que utilizou o *smartphone*.



Fonte: Sun, 2013.

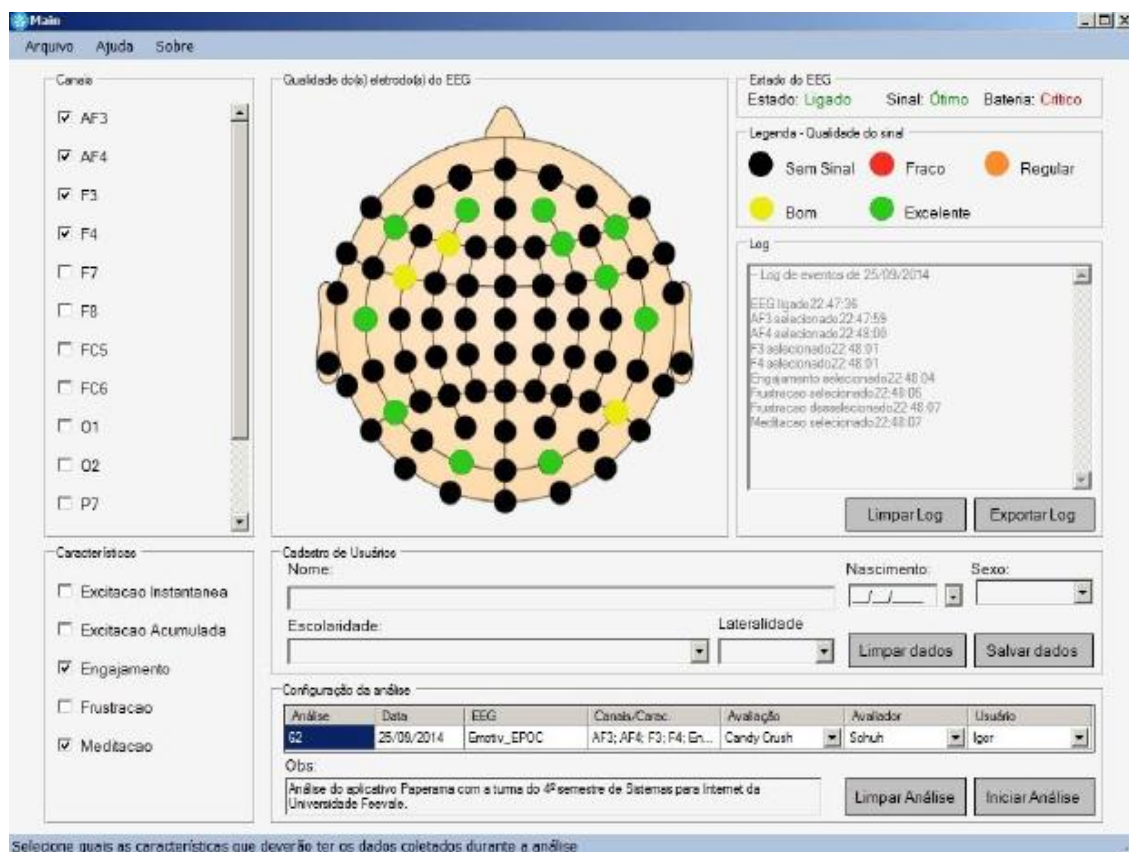
Após o experimento, Sun (2013) pôde constatar que a análise de estados cognitivos através da leitura de ondas cerebrais pode ser considerada um meio eficaz para a coleta de dados puramente estatísticos. E a partir dos resultados obtidos, é possível comprovar que a utilização de *smartphones* como ferramenta para a coleta de respostas é mais natural para os alunos em comparação aos *clickers*. Isso mostra também que este tipo de técnica utilizando a votação anônima dos estudantes, os mantém mais relaxados, sugerindo um menor nível de ansiedade, e assim, maior motivação para aprender. O autor sugere que devem ser conduzidas mais investigações na área (SUN, 2013).

4.3 SISTEMA COMPUTACIONAL APLICADO AO CATÁLOGO DE MEDIDAS NEUROFISIOLÓGICAS BASEADAS EM ELETROENCEFALOGRAMA

Pesquisas recentes apontam resultados promissores na utilização de medidas fisiológicas, como, por exemplo, frequência cardíaca, pressão arterial, condutância da pele, atividade neurofisiológica, entre outras, como forma de apoio na avaliação das metodologias tradicionais. Dentre as medidas fisiológicas citadas, podemos destacar a leitura de atividade neural, que nos últimos anos vem sendo mais amplamente estudada devido ao surgimento de aparelhos EEG portáteis de baixo custo. Estes estudos visam a busca e catalogação dos estados normais de atividade permitindo assim, a extração de medidas como atenção, relaxamento, excitação e frustração, durante a execução de determinada tarefa (PIFFER et al., 2014).

Levando em consideração o notável crescimento dos estudos relacionados a medidas neurofisiológicas, Piffer et al. (2014) realizou um estudo sobre os fenômenos ligados a neurociência e a utilização de dispositivos EEG portáteis. O objetivo era desenvolver uma ferramenta capaz de integrar com diversos aparelhos EEG portáteis, catalogando os dados obtidos da leitura em banco de dados, para auxiliar na elaboração de novas metodologias de avaliação de *softwares* e jogos digitais. Como resultado foi concebida a ferramenta denominada INTELLECTUS. A aplicação permite a captação de dados neurofisiológicos de forma padronizada de diversos modelos de EEG, trazendo ao usuário o estado atual do dispositivo em tempo real. Todas as leituras realizadas pelos dispositivos utilizando o INTELLECTUS, são salvas em banco de dados vinculando a leitura ao usuário avaliado, o que permite um estudo posterior sobre os dados obtidos. Na Figura 5 temos uma visão do programa durante a configuração da coleta de dados neurofisiológicos (PIFFER et al., 2014).

Figura 5 – Tela de configuração da análise.



Fonte: PIFFER, 2014.

Como forma de avaliar a ferramenta criada, o autor realizou um experimento de captação de medidas neurofisiológicas de 9 voluntários enquanto estes interagiam com um aplicativo *mobile*. O experimento consistiu em uma sessão de 10 minutos de

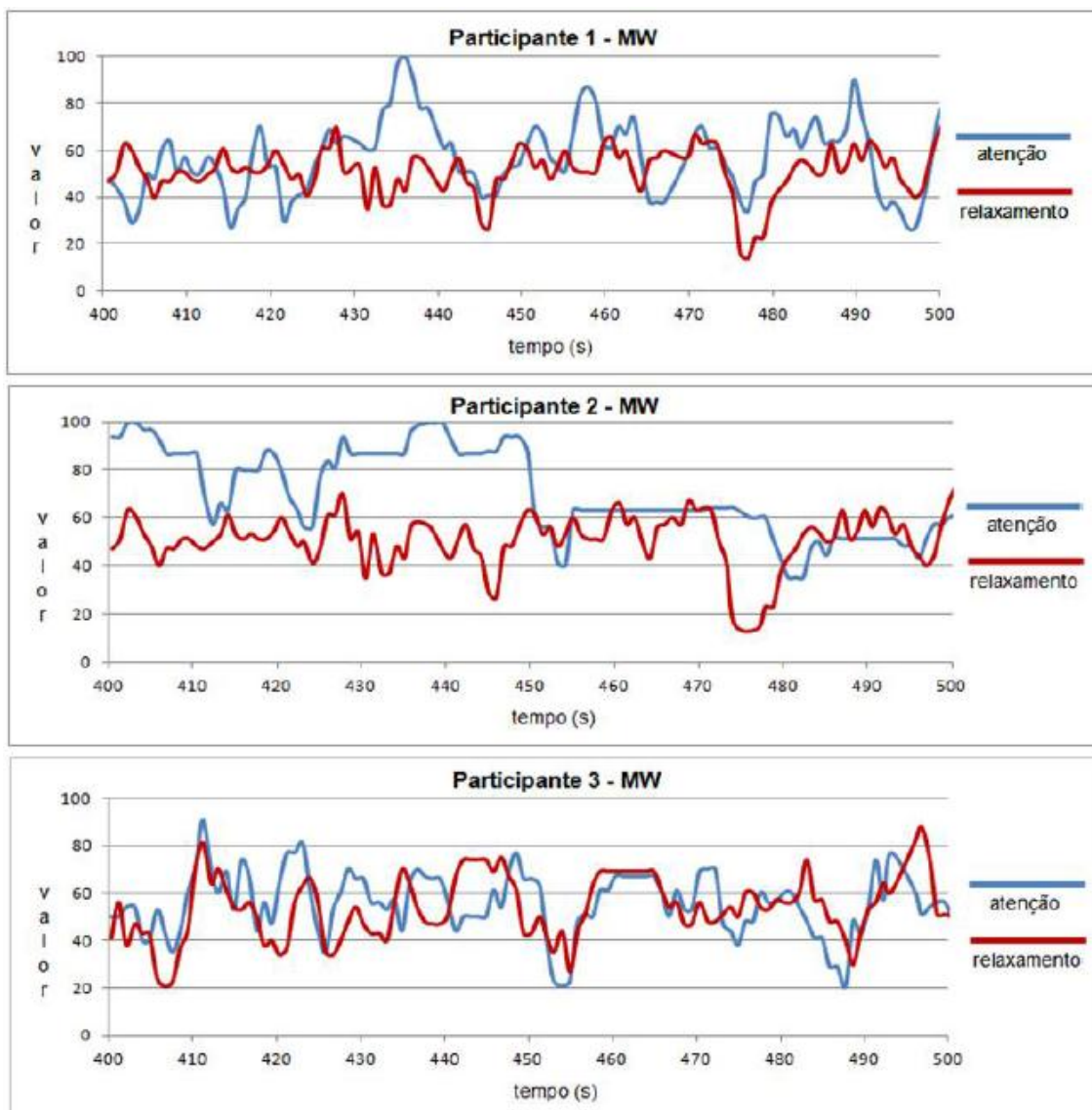
jogo para cada participante no aplicativo Paperama, jogo que consiste em uma simulação de dobradura de papel. Para a captação dos dados foram utilizados dois aparelhos EEG portáteis, o *Emotiv* EEG e o dispositivo *Neurosky Mindwave* (PIFFER et al., 2014).

Os participantes foram divididos em 2 grupos, um para cada dispositivo utilizado nos testes. Tinham idades entre 18 e 25 anos, todos estudantes da Universidade Feevale dos cursos de Ciências da Computação, Sistemas da Informação, Sistemas para Internet e Jogos Digitais. Devido a problemas de captação de dados com o grupo do aparelho *Emotiv* EEG, os testes foram realizados em 2 dias, sendo o segundo apenas para uma nova captação de medidas para o grupo que apresentou problemas, possivelmente de desconexão. Devido a isto, foram considerados apenas 6 participantes, 3 para cada grupo, sendo retirados os dados dos participantes do grupo *Emotiv* do primeiro dia (PIFFER et al., 2014).

Avaliando os dados obtidos, o pesquisador verificou uma diferença na quantidade de registros captados por cada um dos dispositivos. Esta diferença se deu devido aos recursos de leitura de cada um dos aparelhos utilizados no experimento. Percebeu-se ainda uma diferença nos níveis de foco e relaxamento captados nos dois dias de testes. Esta foi atribuída a diferença de recursos entre os aparelhos e a diferença dos ambientes em que os testes foram realizados, que no primeiro dia de coleta haviam mais focos de distração em relação ao segundo, quando as coletas foram realizadas em uma sala fechada (PIFFER et al., 2014).

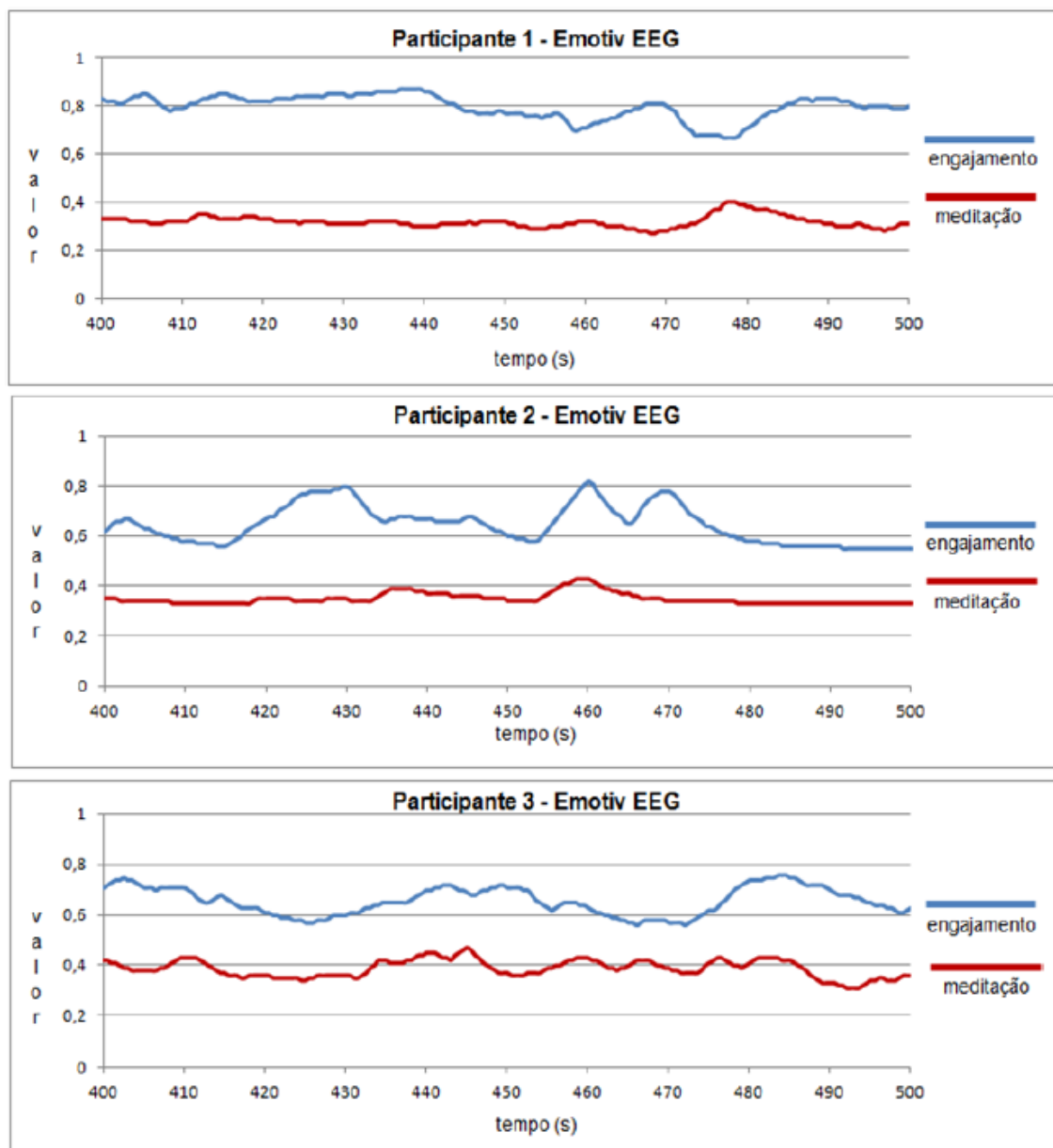
As Figuras 6 e 7 mostram o gráfico da amostragem dos dados obtidos durante as seções. Neles é possível verificar que as leituras realizadas pelo *Neurosky Mindwave* apresentam maior variância nos níveis de Atenção (foco) e meditação (relaxamento). Enquanto existe uma maior constância nos níveis apresentados pelo aparelho *Emotiv*, que teve seu teste realizado em um ambiente menos ruidoso (PIFFER et al., 2014).

Figura 6 – Registros dos voluntários que utilizaram o MW.



Fonte: PIFFER, 2014.

Figura 7 – Registros dos voluntários que utilizaram o *Emotiv EEG*.



Fonte: PIFFER, 2014.

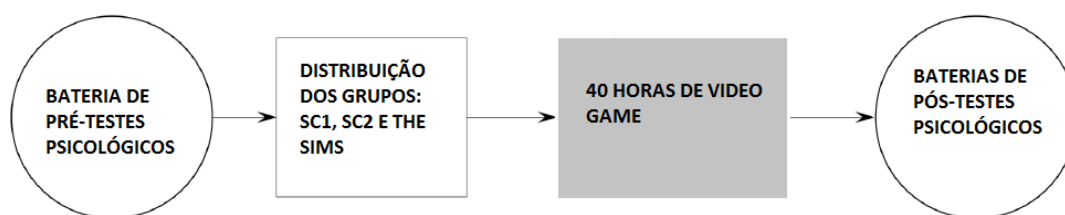
Após a avaliação realizada sobre o software INTELLECTUS, Piffer (2014), conclui que a ferramenta cumpriu com o objetivo proposto. É possível assim, ser utilizada no apoio de pesquisas de avaliação de software, como forma de buscar métricas fisiológicas, além de permitir que o pesquisador utilize o dispositivo mais adequado para a busca dos dados (PIFFER et al., 2014).

4.4 TREINAMENTO EM JOGOS DE ESTRATÉGIAS EM TEMPO REAL: SURGIMENTO DE TRAÇOS DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA

Neuroplasticidade é a habilidade que o cérebro adulto possui de não apenas aprender novos comportamentos e formar novas memórias, mas também de alterar subjacências das estruturas neurais responsáveis por estes conhecimentos. Estudos mostram que esta capacidade é treinável, ou seja, é possível melhorar a neuroplasticidade a partir de algumas práticas. Pensando nisto, Love, Glass e Maddox (2013), realizaram um experimento para investigar se jogos de Estratégia em Tempo Real (RTS) teriam algum efeito sobre a neuroplasticidade e se a partir deste treinamento seria possível alcançar uma melhora na Flexibilidade Cognitiva. Os pesquisadores utilizaram este tipo de jogo digital por necessitar de muitos movimentos simultâneos, além de exigir que o jogador tenha de tomar conta de diversas coisas ao mesmo tempo, como, a defesa e crescimento da base, exploração do mapa e o ataque aos inimigos (LOVE; GLASS; MADDOX, 2013).

Participaram do estudo 72 voluntários, com menos de 2 horas de prática em jogos digitais por semana. Estes divididos em 3 grupos. SC1 que jogou o jogo de RTS *StarCraft* com uma versão de meio mapa contando com 1 base, 1 time aliado e 1 inimigo. O segundo grupo SC2, que também jogou o *StarCraft* utilizando um mapa inteiro, duas bases, 2 times aliados e 2 inimigos, e o grupo de controle, que utilizou o simulador de vida *The Sims 2*. Os participantes praticaram os jogos designados a seus grupos durante 40 horas ao longo de 7 semanas (cerca de 1 hora por dia). Para fazer a avaliação de uma possível melhora da flexibilidade cognitiva atingida com o tempo de jogo, foram aplicados testes psicológicos antes e depois das 40 horas de jogo. A Figura 8 apresenta detalhes da metodologia empregada. Dentre os testes estão *Attention Network Test (ANT)*, *Stroop task*, *task switching*, *a novel multi-location memory task* e *test of Operating Span*, utilizados para medir a capacidade comutativa dos voluntários. E os testes *balloon analogue risk task (BART)*, *visual search task*, *information filtering task* e *WAIS-IV digit span memory task*, que mediram a flexibilidade cognitiva dos participantes (LOVE; GLASS; MADDOX, 2013).

Figura 8 – Linha de etapas do experimento.



Fonte: LOVE; GLASS; MADDOX, 2014.

Realizando uma comparação entre os resultados dos pós-testes psicológicos com os pré-testes realizados antes das 40 horas de jogo, foi possível determinar que os participantes dos grupos SC1 e SC2 tiveram uma considerável melhora na capacidade cognitiva, enquanto o grupo de controle não teve nenhuma mudança significativa. Comparando os resultados obtidos entre os grupos SC1 e SC2, verificou-se um maior crescimento da flexibilidade cognitiva para o grupo SC2. O autor explica que este fato se dá devido ao maior estresse cognitivo ao qual o grupo SC2 foi submetido, pois os participantes deste grupo precisaram executar mais tarefas simultâneas que os demais grupos avaliados (LOVE; GLASS; MADDOX, 2013).

Após este estudo, Love; Glass; Maddox, (2013), puderam concluir que a flexibilidade cognitiva pode ser treinada, e que o uso de videogames que fazem o jogador realizar múltiplas tarefas simultaneamente, como os jogos de estratégia em tempo real, permite um aumento da capacidade cognitiva. Os autores verificaram ainda que quanto maior a necessidade de divisão do foco exigida no jogo e maior necessidade de utilização de memória de trabalho, maior o benefício trazido a flexibilidade cognitiva (LOVE; GLASS; MADDOX, 2013).

4.5 ESTUDO SOBRE EFEITOS DOS ELEMENTOS DE JOGOS DIGITAIS NO TREINAMENTO DE MEMÓRIA DE TRABALHO COMPUTADORIZADA EM CRIANÇAS COM DÉFICIT DE ATENÇÃO

Especialista assumem que o déficit de autocontrole é o principal elemento no transtorno de déficit de atenção (TDA), e é relacionado às FEs, como, a memória de trabalho (MT), a inibição de resposta e o processamento temporal. Crianças com TDA possuem imparidade de MT e inibição de respostas. A MT pode ser definida como capacidade de retenção de informação durante um tempo de atraso e então criar uma

resposta a partir desta representação interna. A MT viso espacial é considerada o déficit mais importante de uma criança com TDA (PRINS et al., 2011).

Estudos mostram que recompensas, punições ou custo de respostas, retornos, ou mesmo a combinação dos três tem efeitos positivos na performance de resolução de problemas e motivação, tanto para crianças com TDA, quanto para as que não possuem. Partindo deste ponto, sugere-se que jogos digitais atendam perfeitamente esta característica, apresentando um ambiente mais atrativo e trazendo rápidas respostas, ou premiações, as ações tomadas pelo jogador. Além disso, são considerados um domínio complexo que traz a necessidade de execução de muitas tarefas ao mesmo tempo. Podem assim, ser considerada uma tarefa que promove a performance cognitiva, em comparação com atividades mais repetitivas e encaradas como tediosas por crianças com TDA (PRINS et al., 2011).

Levando em consideração que jogos digitais podem melhorar as chances de uma criança com TDA de conter seus impulsos, e manter-se motivado na execução de sua tarefa, Prins et al. (2011) realizaram um experimento adicionando elementos de jogos digitais em programas computacionais de treinamento de MT padrões, com o propósito de avaliar se as crianças conseguiriam atingir um tempo maior de treinamento. Para os testes foram utilizadas 51 crianças, entre 7 e 12 anos de idade, que estavam em uma fila de espera para o tratamento da TDA. Os pesquisadores dividiram as crianças em 2 grupos, um com a versão com traços de jogos digitais e outro com a versão padrão do *software* de treinamento de MT como grupo de controle (PRINS et al., 2011).

O estudo consistiu de uma sessão inicial seguida de 3 sessões consecutivas, espaçadas em uma semana cada. As sessões de treinamento foram feitas uma vez por semana durante três semanas, com duração de 50 minutos cada. Sempre que possível, apontamentos eram realizados no mesmo dia da sessão. A partir dos 15 primeiros minutos de cada sessão o avaliador deixava a sala dando a instrução de que a criança deveria fazer as tarefas por conta própria, voltando após um intervalo de mais 15 minutos. Para avaliar a melhora no uso da MT, foi aplicado o teste *Corsi Block-Tapping Test* antes e depois das sessões (PRINS et al., 2011).

Avaliando os resultados obtidos foi possível verificar que o grupo de controle teve um maior índice de ausência de ações nas sessões, chegando a 42% do tempo total de treinamento, contra 9% apresentado pelo grupo que utilizou a versão como elementos de jogos digitais. Consequentemente, foi detectado um maior número de

sequencias executadas pelo grupo dos jogos digitais em comparação ao grupo com o *software* padrão. Pode-se verificar, ainda, que o grupo com a versão do jogo, teve um menor índice de erro, 31% contra 49% do grupo de controle. Analisando os dados do pré e pós teste, foi verificado que houveram melhoras significativas na expansão da MT para o grupo dos jogos digitais, enquanto não foram encontradas mudanças significativas para o grupo de controle (PRINS et al., 2011).

Com este estudo os autores puderam concluir que a utilização de elementos de jogos digitais em *software* de treinamento de MT manteve as crianças mais motivadas para executa-lo. E que a utilização de jogos digitais melhorou a qualidade do tratamento da TDA, caracterizada por uma maior performance na execução do treinamento (PRINS et al., 2011).

4.6 COGMED

A MT é a habilidade de manipular e manter informações por um breve período de tempo que é muito importante para a execução de atividades cognitivas complexas. Além de armazenar informações fonológicas e viso espaciais, a MT é responsável pela função supervisora do controle de atenção. Assim, a atenção é necessária para manter e manipular a informação na MT. Isso se pode perceber com a ativação de áreas do cérebro ligadas a atenção seletiva durante a execução de tarefa que exigem muito acesso a MT (KLINGBERG et al., 2005).

Estudos mostram que é possível melhorar a MT a partir de treinamentos. Com este conhecimento, Klinberg e seus colaboradores desenvolveram a ferramenta CogMed, composta de diversos jogos que tem como função promover o treinamento da MT de forma amigável e interativa. Durante a utilização do aplicativo o usuário pode escolher o jogo. A cada partida realizada, são acumulados pontos que são convertidos em experiência. Ao adquirir uma determinada quantidade de experiência, ocorre a elevação do nível, aumentando assim a dificuldade do jogo. Dentre os jogos estão o *pool* e o *Twist*:

- *Pool*: composto por vários bonecos com forma circular, dispostos de maneira dispersa em uma piscina. Cada um dos bonecos possui características próprias, tanto visuais como sonoras. Para cada rodada da partida, alguns dos bonecos piscam e emitem um som em uma determinada sequência. Após a apresentação da sequência o jogador

deve pressionar os bonecos na ordem correta. A cada rodada acertada, o usuário recebe como recompensa uma estrela que será adicionada a seu contador de experiência.

- Twist: são apresentados vários bonecos de forma circular, dispostos lado a lado, formando um quadrado. Cada um dos bonecos possui características próprias, tanto visuais como sonoras. Para cada rodada da partida alguns dos bonecos piscam e emitem um som em uma determinada sequência. Após a apresentação da sequência o jogador deve pressionar os bonecos na ordem correta. Ao fim de cada rodada o quadro de boneco gira de forma a mudar a posição de cada boneco dentro do quadrado. Caso o jogador tenha acertado a sequência do desafio, ele recebe uma estrela de recompensa que será adicionada a seu contador de experiência.

Estudos realizados utilizando o Cogmed como ferramenta para a melhoria da MT mostram que houveram melhoras de 26% para a MT viso espacial e 23% para memória de trabalho verbal, para crianças e adultos. Pesquisas realizadas sobre crianças com problemas de transtorno de déficit de atenção e hiperatividade que utilizaram o Cogmed como forma de tratamento, mostraram um aumento na MT, além de melhorar em outras funções executivas como, a inibição, atenção e raciocínio (KLINGBERG et al., 2005).

Existem diversos estudos em andamento relacionados ao aplicativo Cogmed. Resultados de alguns destes estudos mostram que o treinamento da memória de trabalho auxilia na performance acadêmica. Os criadores do aplicativo dizem que, o treinamento da MT pode ser utilizado para remediar os baixos níveis de memória de trabalho que impede um bom desempenho acadêmico entre outras tarefas do cotidiano (KLINGBERG et al., 2005).

4.7 REQUISITOS DE ATENÇÃO NO APRENDIZADO: EVIDENCIA SOBRE MENSURAS DE PERFORMANCE

A fim de fazer uma avaliação da relação entre a memória e atenção, Nissen e Bullemer (1987) realizaram 4 experimentos em que submeteram os participantes a uma sequência serial, realizando a medição dos tempos de reação e os acertos dos participantes. Para todos os testes os pesquisadores utilizaram um monitor que

apresentava 4 luzes. A cada turno do experimento uma destas luzes era acendida como forma de estímulo ao participante, que deveria reagir a ele utilizando um teclado de computador. Para dar esta resposta os voluntários deveriam utilizar os números dos teclados localizados acima das letras. Cada uma das luzes foi representada por uma tecla específica: a tecla 3 representou a luz mais à esquerda, a tecla 5 representou a luz da esquerda mais próxima ao centro, a tecla 7 representou a luz a direita mais próxima ao centro e a tecla 9 representou a luz mais à direita do monitor (NISSEN; BULLEMER, 1987).

Os participantes foram instruídos ainda a manter os dedos posicionados sobre as teclas, de modo que, o dedo médio da mão esquerda ficou sobre a tecla 3, o dedo indicador da mão esquerda ficou sobre a tecla 5, o dedo indicador da mão direita ficou sobre a tecla 7 e o dedo médio da mão direita sobre a tecla 9. Para avaliar a performance sobre uma sequência memorizada os autores fizeram uso da sequência estática de 10 elementos representada por D-B-C-A-C-B-D-C-B-A. Cada um correspondendo a uma luz. Assim, a tecla 3 foi responsável pela resposta ao elemento A, a tecla 5 pelo elemento B, a tecla 7 pelo elemento C e a tecla 9 pela reação ao elemento D (NISSEN; BULLEMER, 1987).

Para o primeiro experimento foram criados dois grupos, um dos grupos iria responder aos estímulos representados pelo acendimento de uma das luzes utilizando a sequência estática apresentada acima, enquanto o outro grupo iria seguir o experimento com uma sequência totalmente aleatória. O teste foi dividido em 8 blocos, cada bloco contendo 100 estímulos, totalizando assim, 800 estímulos até o fim do experimento (NISSEN; BULLEMER, 1987).

Entre cada bloco o participante poderia descansar entre 1,5 minuto a 2 minutos. Para cada estímulo os participantes deveriam dar a resposta o mais rápido possível. Ao acertar um novo estímulo era apresentado em 500 milissegundos. O novo estímulo só era apresentado após o acerto do estímulo atual. Caso o voluntário errasse a luz permanecia acesa esperando a tecla correta ser pressionada. Ao final do teste, a média dos tempos de reação dos dois grupos foram comparados, e os autores puderam observar que o grupo que utilizou a sequência randômica teve uma pequena melhora nos tempos de reação, chegando a 340 milissegundos no 8º bloco, enquanto o grupo com a sequência estática teve uma melhora considerável na performance, finalizando o 8º bloco com cerca de 160 milissegundos de tempo de resposta (NISSEN; BULLEMER, 1987).

Para o segundo experimento os pesquisadores adicionaram uma nova tarefa ao teste realizado no primeiro experimento. Assim, poderiam verificar se a melhora percebida nos tempos de reação seria mantida se a atenção para realizar a tarefa de memorização da sequência fosse dividida com outra tarefa. Para isto os autores adicionaram 2 sons que eram tocados em conjunto ao estímulo realizado pelo monitor, um dos sons agudo e o outro grave. Os participantes, por sua vez, deveriam contar a número de vezes em que o som grave era tocado enquanto executavam o teste do experimento 1. Verificou-se que o nível de erro da contagem dos sons foi de 10%, enquanto pode-se perceber uma diminuição da performance dos tempos de reação da tarefa principal, passando de 160 milissegundo no 8º bloco para 520, porém a melhora de performance nos tempos de reação durante o teste foi mantida, cerca de 200 milissegundos do primeiro para o último bloco (NISSEN; BULLEMER, 1987).

No terceiro teste os pesquisadores aplicaram o mesmo teste utilizado para o segundo experimento em dois grupos de participantes, mas desta vez apenas para os 4 primeiros blocos. Para os 4 blocos finais eles recriaram a situação do primeiro teste (sem a contagem de sons), em que um grupo seguiu fazendo a tarefa com sequência estática, enquanto o outro continuou o teste com os blocos totalmente randômicos. Assim, analisando os tempos de reação do 5º ao 8º bloco foi possível verificar que os participantes da sequência fixa tiveram uma melhora de 90 milissegundos em média em sua velocidade, passando de cerca de 300 milissegundos no 5º bloco para cerca de 210 milissegundos ao final do 8º bloco. O grupo que seguiu o teste com os blocos randômicos manteve uma média de cerca de 330 milissegundos durante os 4 blocos finais (NISSEN; BULLEMER, 1987).

No quarto teste, os pesquisadores submeteram um paciente com amnésia aos testes de reação serial, no qual os 4 primeiros blocos de 100 tentativas foram realizados com a sequência estática, enquanto os 4 últimos blocos foram realizados utilizando a ordem aleatória de aparecimento dos elementos. Como grupo de controle foram utilizados voluntários sem problemas com amnésia. Ao fim do teste foi possível verificar que durante a sequência estática houve melhora na performance, que iniciou com uma média de 600 milissegundos no primeiro bloco e chegou ao 470 milissegundo no 4º bloco. Já os resultados obtidos para os pacientes saudáveis foram de cerca de 460 milissegundo no primeiro bloco para 300 milissegundo no 4º bloco. Para os 4 últimos blocos em que foi aplicada a sequência randômica foi possível verificar uma estabilidade nos tempos de reação através dos blocos, se mantendo em

cerca de 500 milissegundos para os pacientes com amnésia e 460 para os voluntários do grupo de controle (NISSEN; BULLEMER, 1987).

Diante do apresentado, o próximo capítulo apresenta nossa abordagem na busca de investigar diferentes modelos de jogabilidade que permitam o aprendizado de sequências seriais e, por consequência, a estimulação da função executiva relacionada a MT.

5 JOGO DIGITAL EF IMPROVER

Com premissa de que o jogo desenvolvido por este trabalho deva possibilitar que um jogador interaja com uma sequência serial, possibilitando a avaliação desta interação, optou-se pela criação do jogo digital EF IMPROVER. O jogo possui basicamente duas modalidades de jogabilidade, denominadas de ER e EG. Cada uma delas permite que o jogador interaja com uma sequência serial ou randômica, de modo que ao final de uma partida possam ser obtidos dados referentes a acertos e tempos de reação, permitindo assim, uma avaliação de seu progresso.

A modalidade ER é uma adaptação do teste realizado por Nissen e Bullemer (1987), na qual foi utilizada a mesma mecânica e sequência estática para a versão sequencial do modo jogo. Já a modalidade EG utiliza a sequência fixa proposta pelos cientistas para a sua versão sequencial. As duas modalidades utilizam a métrica de tempos de reação utilizada pelos pesquisadores como forma de mensurar o desempenho dos jogadores.

Assim, para alcançar este objetivo, fez-se necessário o planejamento das tecnologias a serem empregadas no desenvolvimento do software, bem como o estudo sobre as mesmas. A seção inicial deste capítulo irá apresentar as tecnologias utilizadas, e em seguida, será explicada a estrutura e o funcionamento dos dois modos de jogo do EF IMPROVER.

5.1 TECNOLOGIAS

Para o desenvolvimento do jogo digital EF IMPROVER, definiu-se como motor de jogo a ferramenta Unity¹, como linguagem de programação principal o C Sharp (C#)² e como plataforma de jogo dispositivos móveis como *Smartphones* e *Tablets* com o sistema operacional Android³.

Com isto, faz-se necessária uma apresentação das tecnologias empregadas para o desenvolvimento do jogo digital. Neste sentido, a proposta desta seção é apresentar detalhes importantes sobre as principais ferramentas utilizadas para este trabalho, assim como a justificativa na escolha dos mesmos.

¹ <https://unity3d.com/pt>

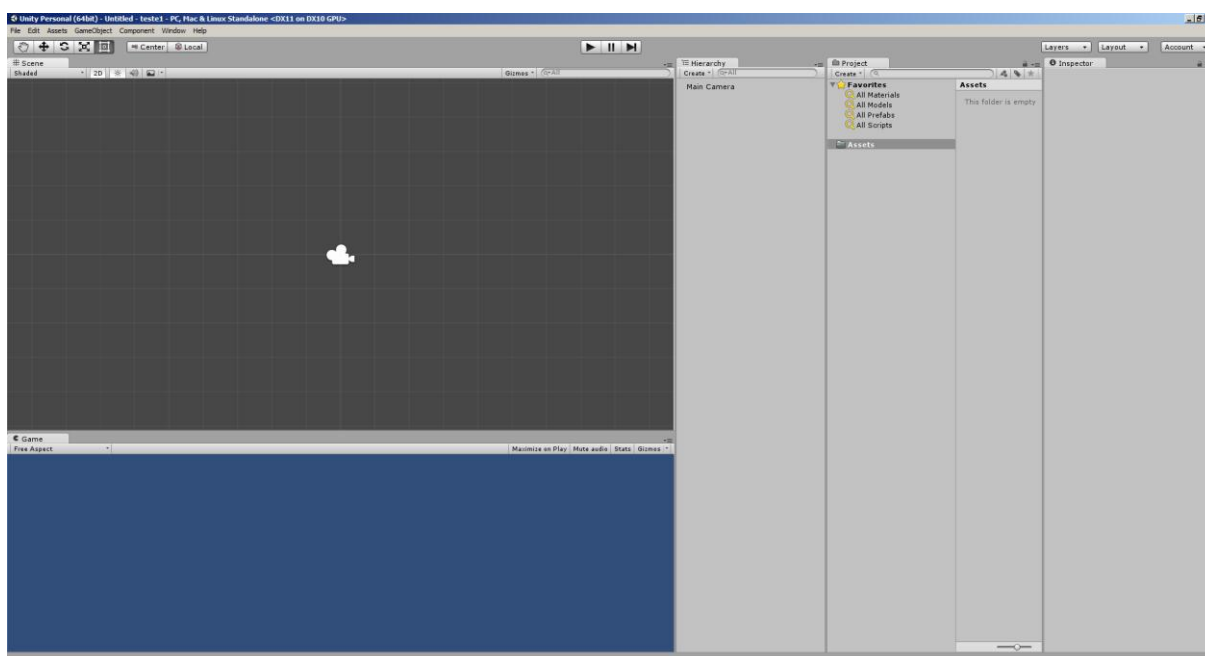
² <http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/67ef8sbd.aspx>

³ <https://www.android.com>

5.1.1 Unity

O Unity é um motor de jogos digitais com uma variedade de ferramentas que podem ser utilizadas no desenvolvimento de jogos digitais, permitindo a criação de ambientes virtuais 3D e jogos 2D. A ferramenta possibilita a utilização de scripts C# e Java Script para o desenvolvimento da lógica de programação do jogo que está sendo desenvolvido além de permitir a exportação do jogo digital criado para diversas plataformas, dentre as quais estão, Windows, Linux, Mac OS, Web e Android. A Figura 9 traz uma ilustração do ambiente de desenvolvimento do Unity.

Figura 9 – Ambiente de desenvolvimento Unity 2D.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

A escolha por esta ferramenta se deu por ela oferecer grande flexibilidade quanto a exportação do jogo para diversas plataformas. Permite assim, que o jogo fosse criado para plataformas móveis que utilizam o sistema operacional Android. O Unity ainda oferece um ambiente amigável de desenvolvimento tornando a criação do jogo simples e rápido, além de permitir a utilização de linguagens de programação amplamente utilizadas no mercado, como o C#. Outro fator importante para a escolha do Unity como motor para o jogo é sua ampla utilização no laboratório de Jogos Digitais da Universidade Feevale.

5.1.2 Linguagem de programação C Sharp

A linguagem de programação C#, desenvolvida pela empresa Microsoft⁴ como parte da plataforma .NET⁵, foi selecionada como linguagem para o desenvolvimento de Scripts dentro do motor de jogos digitais Unity. A escolha desta linguagem de programação é justificada por uma série de fatores. Dentre eles, destaca-se o fato de ser uma linguagem de programação derivada de linguagens como Java e C++, amplamente utilizadas como fundamentação da base acadêmica. E também por uma linguagem orientada a objetos, ideal para uma melhor estruturação do código fonte.

Além disso, a comunidade de programadores da plataforma .NET é vasta e muita ativa, desta forma, é possível encontrar suporte integral de programadores em sites e fóruns como por exemplo o website do Microsoft Developer Network (MSDN⁶).

5.1.3 Tablets e Smartphones com Andriod

Android trata-se de um sistema operacional para plataforma móvel desenvolvido pela Google. Possui uma interface de usuário manipulada de maneira direta, específica para dispositivos com tela sensível ao toque. Atualmente, é o sistema operacional mais utilizado em *Tablets* e *Smartphones*, devido à grande gama de fabricantes de aparelhos que o utilizam em seus dispositivos.

Optou-se pela utilização de dispositivos móveis como plataforma do jogo digital EF IMPROVER devido a facilidade de uso dos aparelhos, mobilidade e por dispensar a necessidade de grandes aparatos de infraestrutura. Já a opção de utilizar o sistema operacional Android é justificada pela facilidade de criação e instalação do aplicativo do jogo digital, uma vez que é necessário apenas transferir o arquivo de instalação (APK) para o aparelho e executá-lo.

5.2 EF IMPROVER - MODO DE JOGO ER

O modo de jogo ER do EF IMPROVER foi desenvolvido com base no experimento realizado por Nissen e Bullemer (1987), destacado nos trabalhos

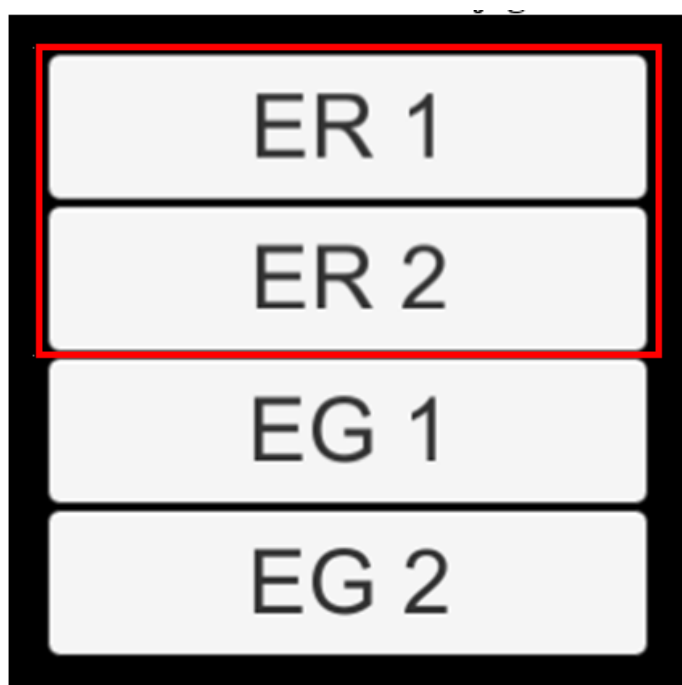
⁴ <http://www.microsoft.com>

⁵ <http://www.microsoft.com/pt-br/download/details.aspx?id=17851>

⁶ <https://social.msdn.microsoft.com/Forums/pt-BR/home>

relacionados sobre o tempo de reação serial. Desta forma, este modo jogo tem por objetivo a captação do tempo de reação do usuário sobre uma sequência a ele apresentada. O jogo possui ainda uma divisão em duas modalidades, a primeira denominada ER 1, que utiliza uma sequência serial estática de 10 elementos (D-B-C-A-C-B-D-C-B-A), a mesma utilizada no experimento de Nissen e Bullemer (1987). Enquanto a segunda modalidade, denominada de ER 2, apresenta uma sequência totalmente randômica. As duas modalidades diferenciam-se apenas pela sequência, estática ou randômica, e ficam disponíveis a escolha do jogador no menu principal do jogo nas duas primeiras posições do menu, conforme pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 – Acesso do modo de jogo ER 1 e ER 2.



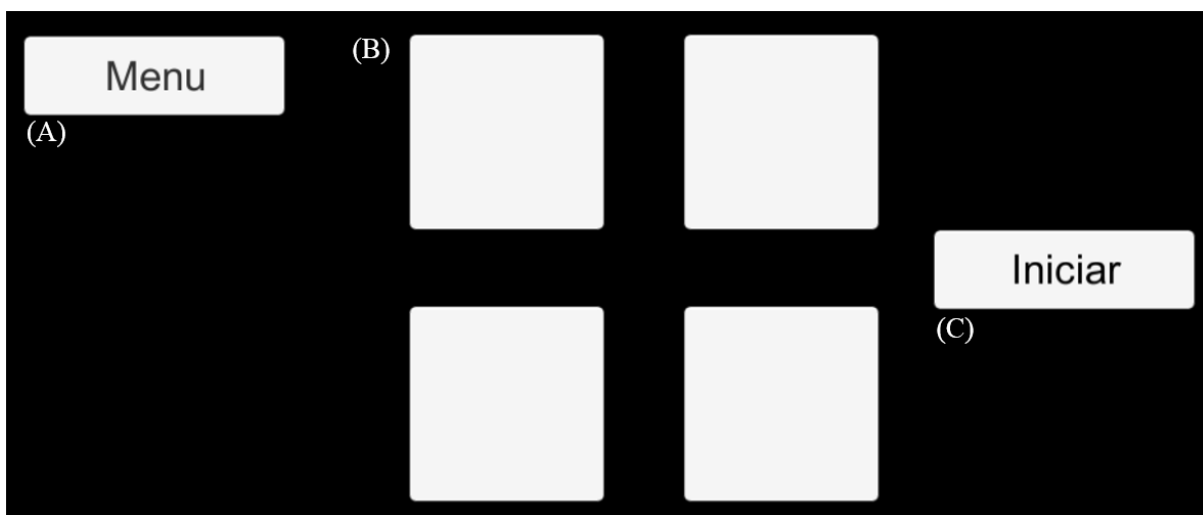
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ao acessar a opção ER 1 ou ER 2, o jogador será levado a uma tela com 4 quadrados brancos no centro, igualmente distantes entre si, representado pelo letra B na Figura 11, um botão menu no canto superior esquerdo da tela (representado pela letra A na Figura 11) e um botão iniciar posicionado no canto direito (Letra C da Figura 11). Ao tocar no botão Menu, o usuário pode retornar ao menu principal do jogo a fim de escolher outra modalidade de jogo. Neste caso, se o jogo estiver em andamento o progresso é descartado. Tocando no botão iniciar, ele é ocultado da tela e a partida é iniciada.

Cada partida é composta de 8 blocos de tentativas com 100 desafios cada. Cada desafio é representado por uma elemento da sequência fixa ou randômica.

Desta forma, no caso da modalidade de jogo ER 1, a sequência estática será apresentada 10 vezes dentro de cada bloco. Assim, ao final de uma partida, o jogador terá realizado 800 desafios para ambas as modalidades. Ao término de cada bloco de 100 tentativas, o botão iniciar é reapresentado, permitindo que o jogador possa descansar antes de disparar o início do próximo bloco, pressionando o botão iniciar.

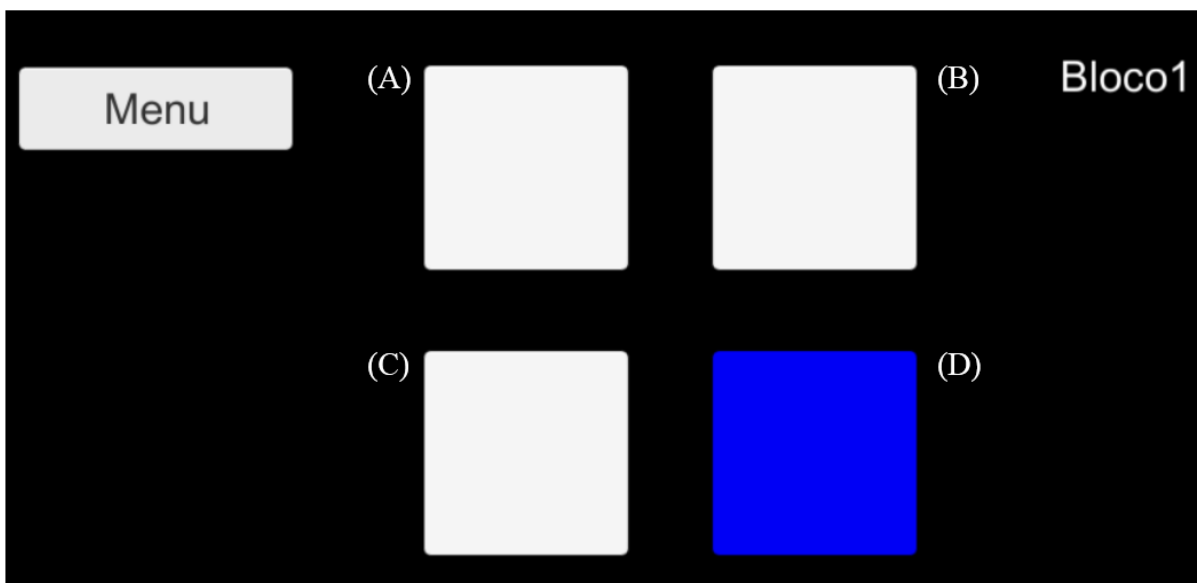
Figura 11 – Tela inicial do modo de jogo ER.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

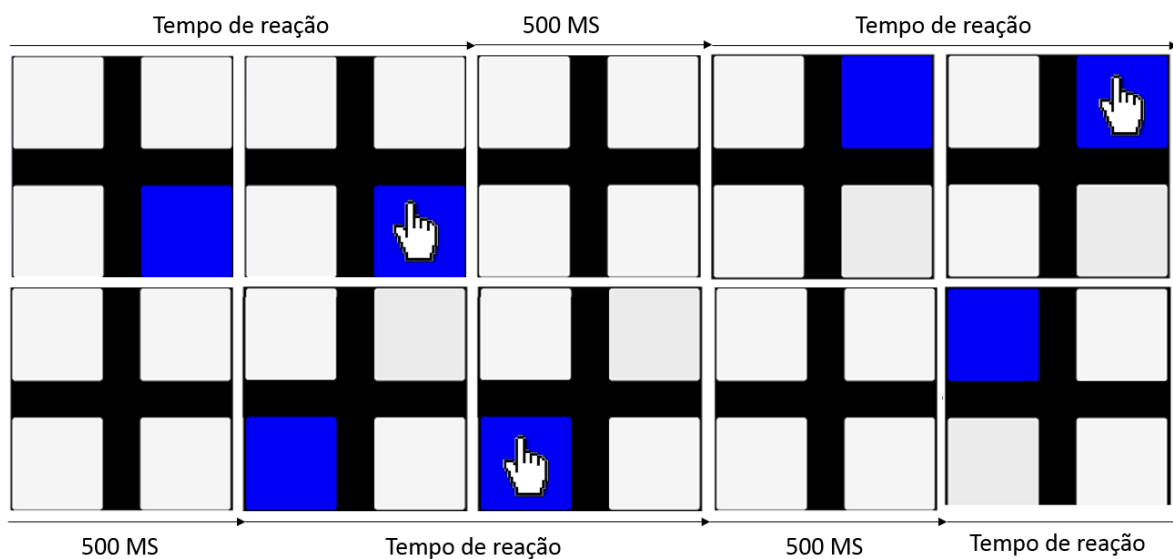
Ao iniciar a partida será apresentado um indicador do bloco atual no canto superior direito e o primeiro elemento da sequência será apresentado no respectivo quadrado central, diferenciado assim pela cor azul. A Figura 12 mostra o início de uma partida com a representação alfabética de cada elemento da sequência. O jogador, por sua vez, deve pressionar o quadrado o mais rápido possível. Ao tocar no quadrado correto, o próximo será apresentado, após 500 milissegundos, neste intervalo todos os quadrados voltam a ser brancos. Para cada desafio é captado o tempo de reação do jogador, que é estabelecido pelo intervalo entre a troca de cor do quadrado até o momento em que o jogador o pressione. Caso o jogador pressione o quadrado errado, este tempo de reação será descartado, representando assim um erro. Na Figura 13, pode ser vista uma representação da sequência de 5 desafios.

Figura 12 – Início da partida do modo de jogo ER.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 13 – Representação de modo de jogo ER.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ao término do 8º bloco a partida chega ao fim, neste momento é gerado um arquivo CSV separado por “;”, contendo o tempo de reação de cada tentativa. Para os casos em que o jogador errou o botão o tempo de reação é representado por 0. Na Figura 14 pode ser vista uma representação do arquivo gerado, onde é salvo o tempo de reação para cada elemento em sub-blocos de 10 elementos.

Figura 14 – Log do bloco 1 do modo de jogo ER.

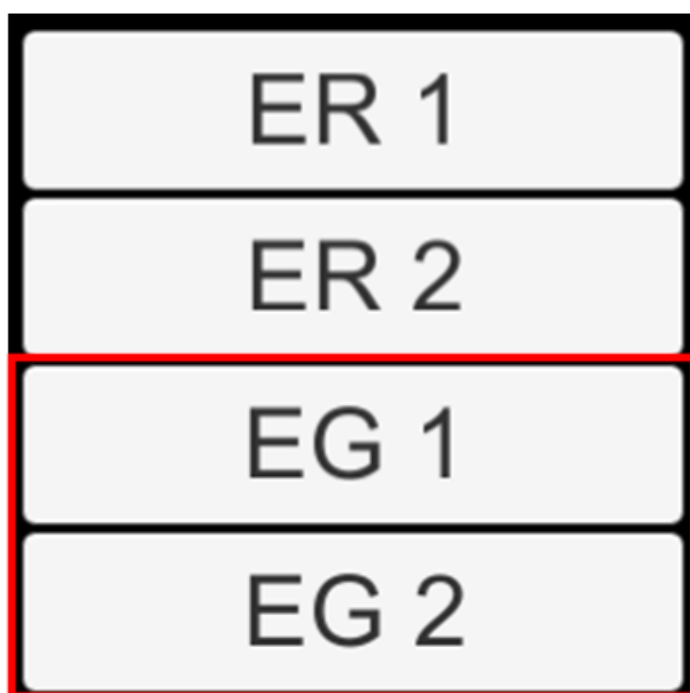
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Linha	Bloco
0.545688593294472	0.449948329478502	0.166581817902625	0.433433801867068	0.549845992587507	0.350061049219221	0.216596718877554	0	0.216483854688704	0.200536726042628	1	1
0.19993213377893	0	0.216831665486097	0.183349426835775	0.349909324198961	0.21676448931932	0.30068666767329	0.249544639140368	0.183420835062861	0.249947240576148	2	1
0.499984322115779	0.21677025873214	0.199994012713432	0.19990077894181	0.250085577368736	0.283848179969937	0.399896509945393	0.466426194645464	0	0.499903435818851	3	1
0.483131822664291	0.233500525821	0.253422806039453	0.279957449994981	0.383707658387721	0.299713127315044	0.334473803639412	0.348842971026897	0.266751771792769	0.399621876887977	4	1
0.334743278566748	0.248907497152686	0.284902759827673	0.215138486586511	0.366723237559199	0.217139580287039	0.283139947801828	0.416842551436275	0.167772134765983	0.232062502298504	5	1
0.470508489757776	0.363120048306882	0.182999375276268	0.250350469723344	0.333816305734217	0	0.333027081564069	0.566715731285512	0.233456085436046	0.36690385453403	6	1
0.266626659780741	0.199846823699772	0.183298129588366	0.233534895814955	0.200087506324053	0.199855309911072	0.216737400740385	0.28313422203064	0.200274785980582	0.516747761517763	7	1
0.250119580887258	0.21695750495863	0.216369060799479	0.183553332462907	0.199941818602383	0.166814104653895	0.16628962587714	0.100107182748616	0.133378798142076	0.199864067137241	8	1
0.28367771115154	0.167461880482733	0.219970313176513	0.216537601314485	0.166845107916743	0.216658905148506	0.183191508054733	0.399855517782271	0.150037347339094	0.20009984622876	9	1
0.216754119843245	0.166753121651709	0.200164483860135	0.183222969993949	0.183276769705117	0.13364848587662	0.19989703502506	0.283406509552151	0.400207921862602	0.183409790508449	10	1

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

5.3 EF IMPROVER - MODO DE JOGO EG

O modo de jogo EG do EF IMPROVER foi desenvolvido com base no jogo Genius lançado pela estrela na década de 1980. Desta forma, este modo de jogo tem por objetivo a captação do tempo de reação e progresso do jogador sobre uma sequência a ele apresentada. O jogo possui ainda uma divisão em duas modalidades, a primeira denominada EG 1, que utiliza de uma sequência serial estática de 10 elementos (D-B-C-A-C-B-D-C-B-A), a mesma utilizada no experimento de Nissen e Bullemer (1987), enquanto a segunda modalidade, denominada de EG 2, apresenta uma sequência totalmente randômica. As duas modalidades diferenciam-se apenas pela sequência, estática ou randômica, e ficam disponíveis a escolha do jogador no menu principal do jogo nas duas últimas posições, conforme pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 – Acesso do modo de jogo EG 1 e EG 2.

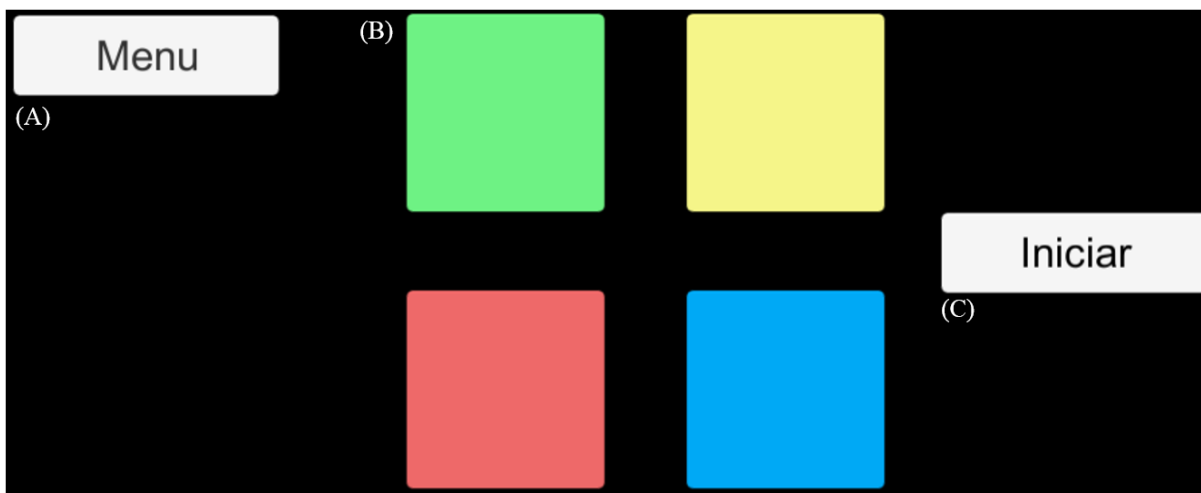


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ao acessar a opção EG 1 ou EG 2, o jogador será levado a uma tela com 4 quadrados coloridos nas cores verde, amarelo, vermelho e azul no centro da tela, igualmente distantes entre si, representados na Figura 16 pela letra B, um botão menu no canto superior esquerdo da tela (Letra A da Figura 16) e um botão iniciar posicionado no canto direito da tela (Letra C da Figura 16). Ao tocar no botão Menu, o usuário pode retornar ao menu principal do jogo a fim de escolher outra modalidade de jogo, neste caso se o jogo estiver em andamento o progresso é descartado. Tocando o botão iniciar, o botão é ocultado da tela e a partida é iniciada.

Cada partida é composta de 8 blocos de tentativas com 10 desafios cada. Cada desafio é representado por uma sequência de 10 elementos, que é apresentada gradativamente conforme o progresso do jogador. Desta forma, no caso da modalidade de jogo EG 1, a sequência estática será apresentada 10 vezes dentro de cada bloco. Assim, ao final de uma partida o jogador terá realizado 80 desafios para ambas as modalidades. Ao término de cada bloco de 10 tentativas o botão iniciar é reapresentado, permitindo assim que o jogador possa descansar antes de disparar o início do próximo bloco pressionando o botão iniciar.

Figura 16 – Tela inicial do modo de jogo EG.

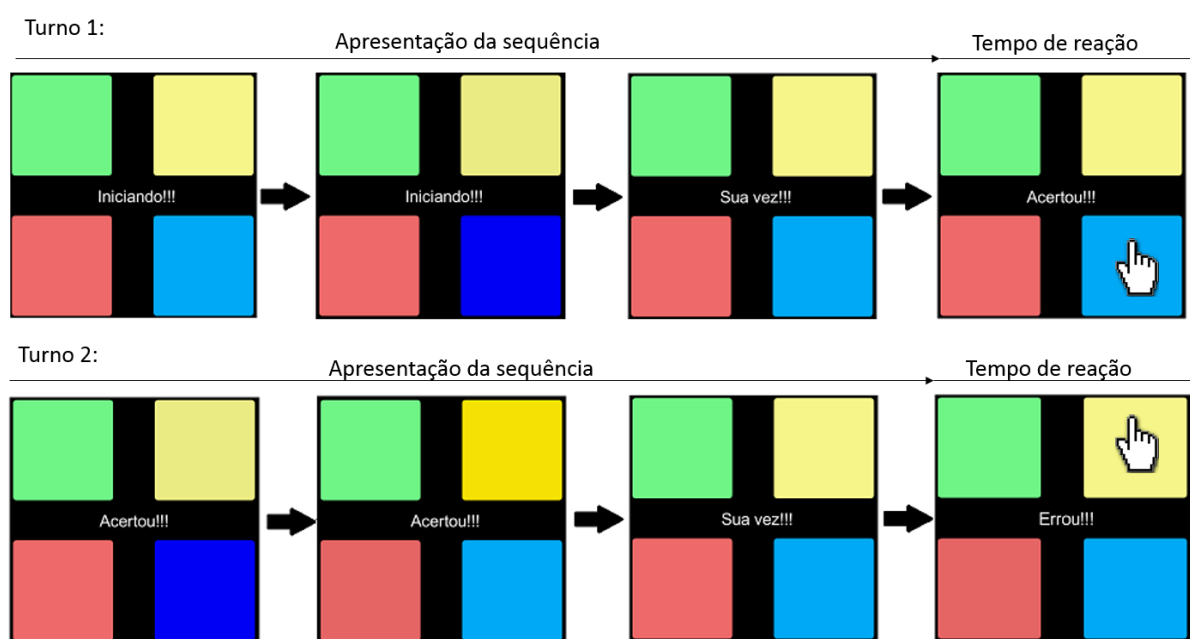


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ao iniciar a partida será apresentado um indicador do bloco atual no canto superior direito. No centro da tela será apresentada a mensagem “Iniciando!!!”, indicando que a sequência será apresentada ao jogador, e o primeiro elemento da sequência será apresentado ao jogador. Após isto, será apresentada a mensagem “Sua vez!!!”, indicando o turno do jogador, que deverá reproduzir a sequência a ele apresentada. Caso o jogador acerte a sequência, será apresentada a mensagem “Acertou!!!”. Neste momento, a sequência será reexibida acrescida do próximo

elemento da sequência. Assim, conforme o jogador vá acertando a sequência, o número de elementos que ele deve memorizar dentro do desafio vai aumentando, até que atinja o máximo de 10 elementos dentro de um desafio. Caso o jogador acerte os 10 elementos do desafio, um novo desafio será reiniciado imediatamente, até que sejam cumpridos os 10 desafios do bloco. No caso de o jogador não acertar a reprodução da sequência ou demorar mais de 5 segundos para dar continuidade a sequência, será apresentada a mensagem “Errou!!!” no centro da tela e o próximo desafio será iniciado. Na Figura 17 pode ser vista a representação de um desafio.

Figura 17 – Representação de modo de jogo EG.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ao término do 8º bloco a partida chega ao fim. Neste momento é gerado um arquivo CSV separado por “;”, contendo o progresso dentro de cada tentativa, assim como o tempo de reação da reprodução da sequência. No arquivo serão registrados o tempo para cada turno dentro do desafio, assim como o progresso na sequência dentro do desafio. Também será registrado o bloco em que o desafio ocorreu. Na Figura 18 pode ser vista a estruturação do arquivo de log gerado ao final da partida.

O capítulo a seguir, apresenta a metodologia e o experimento conduzido durante a realização desse trabalho, objetivando avaliar os artefatos produzidos e o efeito resultante da sua utilização.

Figura 18 – Log parcial do modo de jogo EG.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Linha	Bloco	Tentativa
0,916314735	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0,883105984	0,216935365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
0,816128805	0,268065732	0,313779271	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1
0,912998337	0,199875263	0,267050056	0,217449583	0	0	0	0	0	0	0	4	1
0,966195987	0,200172294	0,266844582	0,200141459	0,167699479	0	0	0	0	0	0	5	1
1,16425344	0,199881144	0,233329009	0,217113486	0,183087867	0,23329448	0	0	0	0	0	6	1
1,133034164	0,200241404	0,2331475	0,217194894	0,200437136	0,233946875	0,215386405	0	0	0	0	7	1
1,080146353	0,204135572	0,246061093	0,200031405	0,199879898	0,233316611	0,199943596	0,216611564	0	0	0	8	1
1,499460623	0,217487292	0,365830101	0,200386822	0,216413749	0,250033128	0,200317711	0,249597868	0,250156457	0	0	9	1
1,333364268	0,183099272	0,233434533	0,199565936	0,199938176	0,233558543	0,217846612	0,215416199	0,233444219	0,183325209	0	10	1
1,300017032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
1,299233021	0,200174792	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
0,816128805	0,268065732	0,313779271	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2
1,300017032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

6 EXPERIMENTO E RESULTADOS

Este capítulo irá apresentar a metodologia empregada durante os testes e avaliação com o jogo EF IMPROVER. O experimento faz-se necessário para que se possa realizar a coleta dos tempos de reação dos voluntários, de modo que se possa realizar uma análise sobre o progresso do jogador em uma partida do jogo digital.

O experimento se deu em 2 etapas: uma para o modo de jogo ER e outra para o modo de jogo EG. As seções a seguir irão explicar como foi executada a avaliação do jogo. E será apresentado o perfil dos participantes do experimento descrito na sessão anterior, assim como, os resultados obtidos a partir dos testes aplicados. Os testes ocorreram em dois dias, um dia para cada modo de jogo, nas dependências da Universidade Feevale. Abaixo será dada uma descrição para o teste de cada modo de jogo.

6.1 METODOLOGIA DO EXPERIMENTO

Para cada modo de jogo foram realizados 4 experimentos, de maneira individual com cada voluntário. Inicialmente foi realizada uma apresentação de *slides*, em que foram apresentadas as FEs, como forma de introduzir o embasamento teórico por trás do teste a ser realizado, e o funcionamento do EF IMPROVER para ao modo de Jogo ER ou EG de acordo com o teste aplicado. Por fim, o voluntário foi informado de que o jogo iria captar os tempos de reação dos movimentos realizados, e por isso deveriam executar os movimentos da maneira mais rápida e precisa possível.

Após a apresentação, os participantes receberam o termo de consentimento livre e esclarecido para ser assinado, que consta no **Apêndice A**. Este termo é a aprovação do indivíduo sobre o experimento realizado. Com o termo assinado cada participante recebeu o questionário de perfil do participante, que consta no **Apêndice B**, que serve de coleta de informações pessoais de cada participante.

A estrutura para realização do experimento contou com 1 *tablet* com Android, no qual o EF IMPROVER foi instalado. O voluntário jogou o jogo por cerca de 100 minutos, para os participantes que obtiveram sucesso em todas as tentativas. Para cada bloco do jogo o participante teve direito a 1 minuto de descanso. Durante o teste o avaliador realizou observações sobre o participante, a fim de catalogar fatores

externos para os erros, como cansaço, pressa ou erros ocasionados propositalmente para finalizar o teste mais rapidamente.

Ao final da partida o jogador recebeu o questionário do experimento, que consta no **Apêndice C**, no qual respondeu questões pertinentes ao andamento do teste realizado e críticas sobre o jogo. Após o questionário respondido, o avaliador fez a extração do arquivo no qual foram salvas as informações sobre o desempenho do voluntário, uma vez apresentado o experimento, o próximo capítulo apresenta os resultados obtidos.

6.2 RESULTADOS EXPERIMENTO - MODO DE JOGO ER

O experimento para o modo de jogo ER ocorreu no dia 21 de setembro de 2015 das 19h00min às 21h00min, na sala 202 do prédio Verde da Universidade Feevale.

Participaram do experimento 4 voluntários, todos do sexo masculino, com idades entre 23 e 34 anos, dos quais 2 estão cursando bacharelado em Sistemas de informação, 1 cursando bacharelado em Ciências da Computação e 1 cursando Mestrado em Indústria Criativa. Todos os participantes possuíam experiência com dispositivos móveis como *tablets* e *smatphones*, um dos participantes informou ter contato com jogos digitais, enquanto os demais alegaram praticar ao menos 10 horas semanais. Dois dos voluntários afirmaram ter participado de um teste como este, enquanto os outros dois voluntários informaram ser a primeira vez em um experimento deste tipo.

A partir do teste realizado foi possível fazer a coleta dos acertos e tempos de reação dos voluntários. Apenas um dos participantes concluiu o teste completo sem realizar nenhum erro, este participante fez o experimento ER 1 utilizando a sequência estática. O número mínimo de acertos ficou em 98 em um único bloco. Em uma visão geral a média de acertos foi bastante alta, não baixando de 99 acertos por bloco, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Tempos coletados para cada alvo na primeira sessão

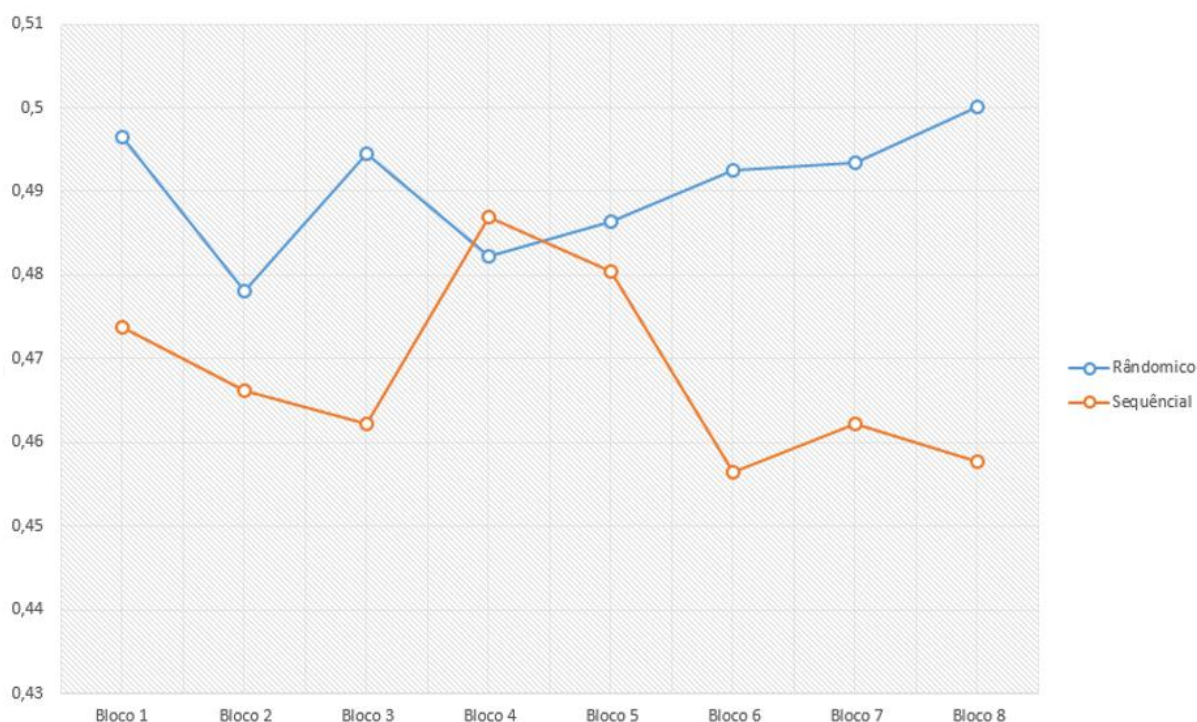
Experimento	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6	Bloco 7	Bloco 8
ER 1	99	100	100	100	100	99	99	100
ER 2	100	100	100	100	100	100	99	100

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Verificando as médias de tempo de reação para os participantes que utilizaram a versão Sequencial (ER 1), é possível perceber que do primeiro para o último bloco houve uma diminuição no tempo de reação, de uma média de 473 milissegundos no primeiro bloco para 457 milissegundos no oitavo bloco. Neste caso, foi observado um aumento do tempo de reação dos participantes no quarto bloco, no qual a média dos tempos de reação ficou em 486 milissegundos, voltando a diminuir nos blocos seguintes, conforme pode ser observado no Gráfico 1.

A partir dos tempos de reação coletados foi possível verificar que para os participantes que utilizaram a versão randômica (ER 2), o tempo de reação no primeiro e no último bloco não tiveram uma grande variação. Marcando 495 milissegundos em média para o primeiro bloco e 500 milissegundos para o oitavo bloco. Porém nos blocos intermediários foi possível observar uma pequena melhora no tempo de reação, que chegou a 478 milissegundos no segundo bloco e 482 milissegundos no quarto bloco, voltando a subir nos blocos finais, conforme pode ser visto no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Comparação da média dos tempos de reação para o modo de jogo ER.

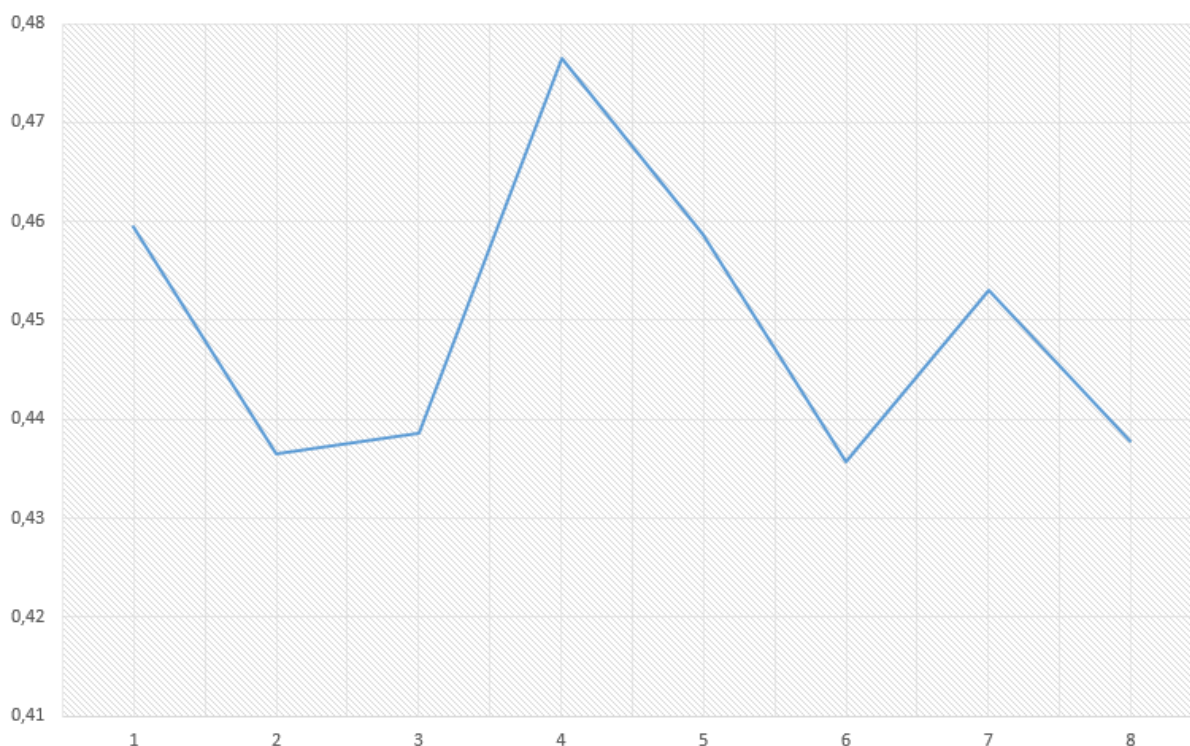


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Analisando o gráfico gerado a partir das médias dos tempos de reação de cada bloco (gráfico 1), é possível ver algumas variações instáveis no tempo de reação, como no bloco 4 e 5 do teste ER 1 (sequência estática). Esta instabilidade ocorreu devido a uma mudança na maneira de realizar o teste pelo segundo voluntário, em

que o participante passou a utilizar 3 dedos para pressionar os quadrados azuis, ao invés de utilizar apenas um dos dedos como no início do experimento, gráfico 2 apresenta o gráfico do progresso para o segundo voluntário ao fazer o teste ER 1. Outra alteração no tempo de reação foi percebida no bloco 7, onde houve a mudança de posicionamento do dispositivo utilizado para fazer o teste pelo participante.

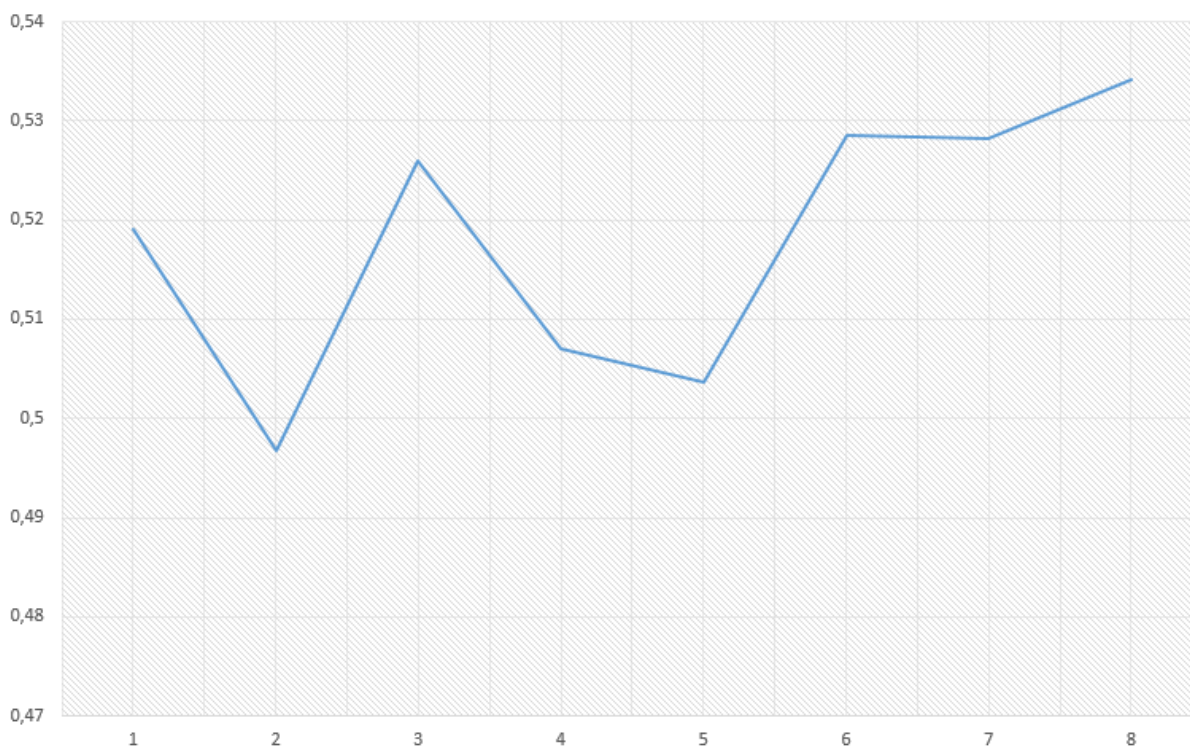
Gráfico 2 – Média de tempo de reação do participante 2 do teste ER 1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Todos os 4 testes mostraram variações de tempo de reação provenientes de mudança de posicionamento ou forma de realizar o teste. No primeiro teste realizado com a sequência aleatória, o participante alegou cansaço a partir da metade do experimento. Avaliando os resultados, foi possível detectar um aumento no tempo de reação, conforme pode ser vista no gráfico 3.

Gráfico 2 – Média de tempo de reação do participante 2 do teste ER 1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ao final do experimento cada voluntário recebeu um questionário (**Apêndice B**), no qual responderam questões referentes ao teste, deram sugestões e críticas ao experimento, questionários respondidos pelos participantes **Apêndice D**. Abaixo seguem as observações referentes as perguntas.

A primeira pergunta foi: **Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?** Todos os 4 participantes afirmaram terem percebido uma melhora no seu desempenho. A segunda pergunta foi: **Notou a presença de uma sequência durante o teste?** Os 2 participantes do experimento ER 1 responderam que foi possível identificar uma sequência, já dos 2 participantes que realizaram o experimento ER 2 apenas um respondeu positivamente.

A terceira pergunta veio como complemento a pergunta 2: **Caso tenha notado uma sequência, pode reproduzi-la?** Os 2 participantes do experimento ER 1 conseguiram fazer a representação de parte da sequência, representada pelos elementos D-B-C-A. O participante que afirmou detectar uma sequência no teste ER 2, desenhou formas geométricas, como triângulos e quadrados, com a justificativa de que em vários momentos da partida estas formas foram percebidas.

O quarta pergunta foi: **O jogo foi cansativo?** Apenas um participante, que fez o teste ER 2, respondeu que sim, os demais responderam que não. Todos os

participantes afirmaram que foi possível manter o engajamento durante o experimento ao responderem a questão: **Foi possível manter-se engajado durante o jogo?**

A sexta questão foi relacionada a **pontos positivos do experimento**. Um dos participantes não opinou. O participante do primeiro teste ER 1, respondeu que o jogo era bom para o trabalho de memória. O segundo participante do teste ER 1, respondeu que foi bom para o trabalho da coordenação motora e estimulava o usuário a utilizar mais de 1 dedo. O segundo voluntário a realizar o teste ER 2 respondeu que exercita a atenção e o raciocínio lógico.

A sétima questão foi referente aos **pontos negativos do experimento**, apenas o segundo participante do experimento ER 2 respondeu, informando que o jogo foi cansativo.

Por fim, foram pedidas **sugestões** referentes ao experimento aos voluntários. Apenas 2 participantes responderam. Foram dadas as seguintes sugestões:

- A criação de diferentes estágios para a execução das formas geométricas apresentadas no experimento ER 2.
- Um placar para o número de acertos.
- Questionar os participantes se eles tocam algum instrumento musical, utilizam calculadora no trabalho ou jogam xadrez no questionário do experimento.
- A adição de distrações no jogo para estimular o foco e atenção do jogador.
- Adicionar estímulos diferentes para cada quadrado, cada quadrado poderia ter uma cor diferente.
- Definir um padrão para a execução do teste, hoje o participante possui liberdade para utilizar mais de um dedo e acomodar o dispositivo utilizado para o teste da forma que preferir.

6.3 RESULTADOS EXPERIMENTO - MODO DE JOGO EG

O experimento para o modo de jogo EG ocorreu no dia 18 de setembro de 2015 das 08h30min às 11h30min na parte da manhã e das 13h30min às 16h30min na parte da tarde, na sala 101 do prédio amarelo da Universidade Feevale.

Participaram do experimento 4 voluntários, destes, 3 do sexo masculino e 1 do sexo feminino, com idades entre 21 e 24 anos, dos quais 3 estão cursando tecnólogo em jogos digitais na Universidade Feevale e 1 está formado em tecnólogo em jogos digitais pela Universidade Feevale. Todos os participantes possuíam experiência com dispositivos móveis como *tablets* e *smatphones*. 1 dos participantes afirmou praticar jogos digitais por 40 horas semanais, enquanto os demais informaram a pratica de até 10 horas por semana. Apenas um dos participantes afirmou ter participado de experimentos como este.

A partir do teste realizado foi possível fazer a coleta do progresso dentro de cada tentativa e os tempos de reação de cada voluntário. A partir da média e progresso dos participantes é possível observar que os voluntários que realizaram o experimento EG 1, utilizando a sequência estática, obtiveram um número maior de acertos, mantendo uma média próxima a 10. É possível verificar ainda que após o primeiro bloco existe um aumento no número de acertos dos participantes, e que este número fica estável para os demais blocos do experimento, conforme pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Média de progresso por bloco do experimento EG

Experimento	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6	Bloco 7	Bloco 8
EG 1	8,95	9,75	9,40	9,45	9,20	9,60	9,75	9,45
EG 2	6,20	7,55	7,70	7,60	8,20	7,60	6,80	7,90

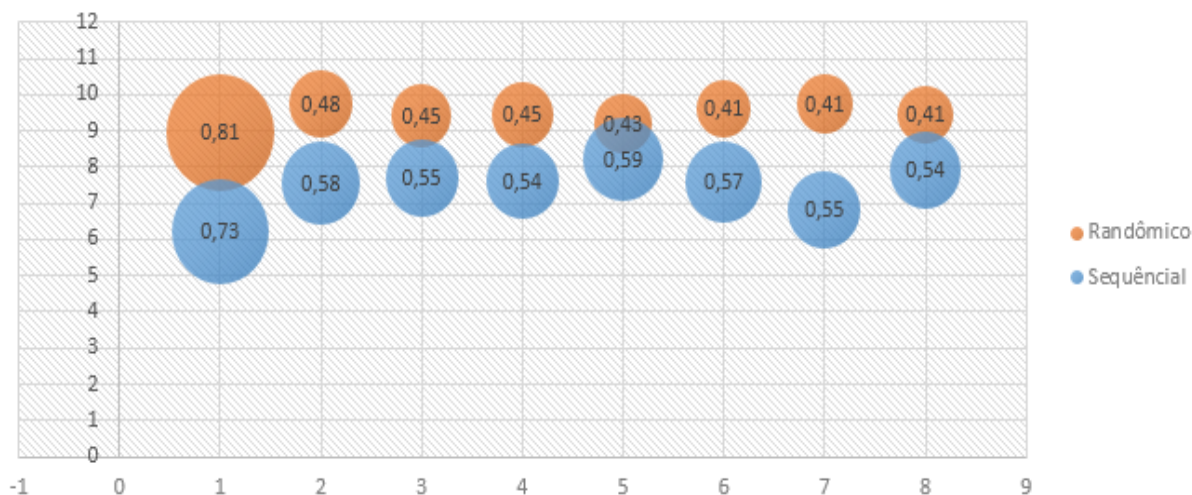
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Observando a médias de tempos de reação e o número de acertos do experimento EG 1, é possível ver uma diminuição no tempo de reação médio, que no primeiro bloco foi de 810 milissegundos, no segundo 450 milissegundos, enquanto que nos demais blocos manteve-se estável variando de 430 milissegundos até 410 milissegundos, sendo este último valor obtido nos 3 últimos blocos. O gráfico 3 demonstra o tempo médio de reação dos participantes e a média do progresso dentro das tentativas por bloco do experimento.

Avaliando os dados obtidos a partir do experimento EG 2 é possível verificar um aumento do número de acertos do primeiro para o segundo bloco, mantendo-se estável até o sétimo bloco, em que é possível verificar uma queda no número de acertos. Analisando a média de tempos de reação para cada bloco foi possível verificar uma diminuição do primeiro bloco, com 730 milissegundos, para o segundo bloco, em que foram registrados 580 milissegundos de tempo de reação. Os tempos

de reação permaneceram estáveis a partir do terceiro bloco, variando entre 540 milissegundos até 590 milissegundos, conforme pode ser observado no Gráfico 3.

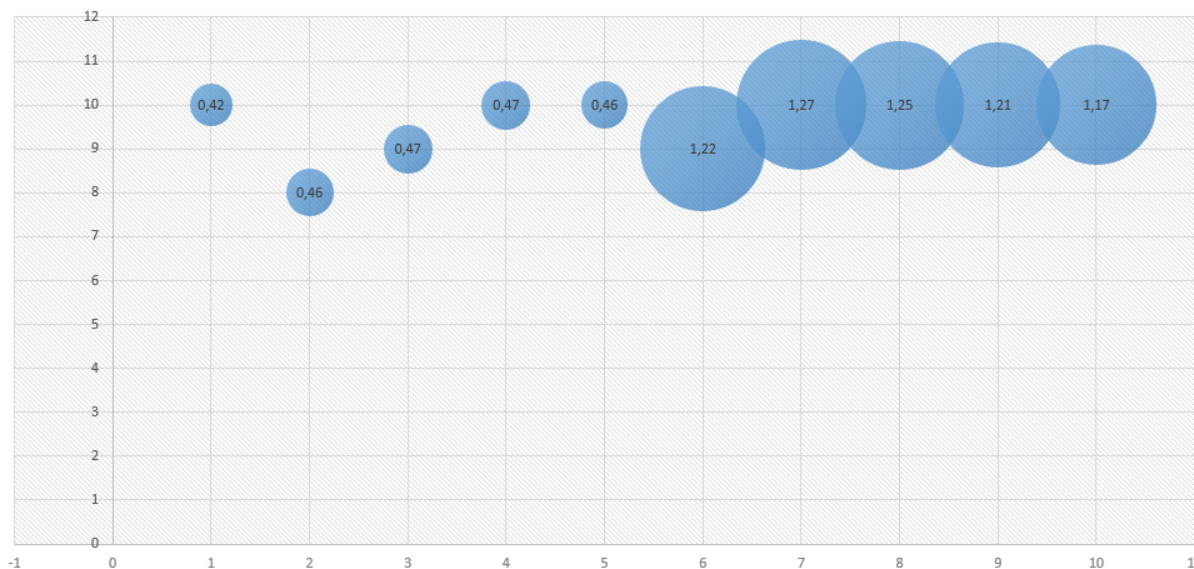
Gráfico 3 – Comparação da média dos tempos de reação pela média de acertos do modo de jogo EG.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ao compararmos os tempos de reação e o número de acertos entre os testes EG 1 e EG 2, é possível ver um número de acertos maior para os participantes que utilizaram a sequência estática durante todo o experimento. Quanto aos tempos de reação, pôde ser visto que o grupo que utilizou a sequência randômica teve tempos de reação maiores em quase todos os blocos, com exceção do primeiro. Esta diferença de tempo no primeiro bloco é justificada por um cuidado maior pelo segundo participante do teste EG 1 durante os últimos desafios do primeiro bloco, possivelmente por ainda não ter percebido a presença de uma sequência serial, como pode ser visto no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Média de acertos e tempo de reação no bloco 1 do participante 2 do teste EG 1

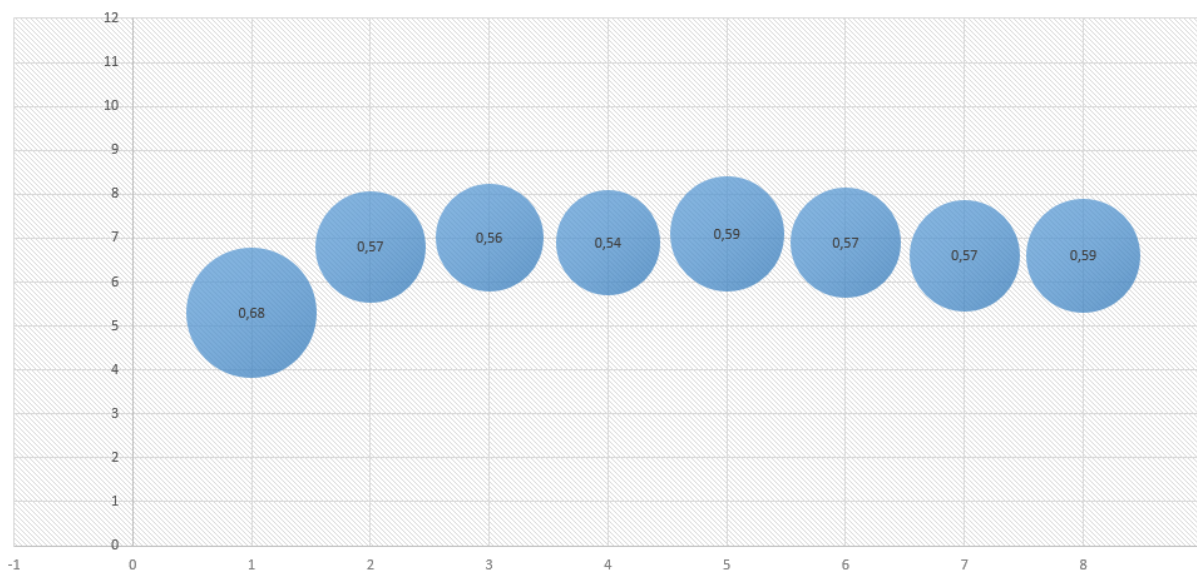


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Durante a execução do teste os participantes foram observados, e foi possível verificar que os voluntários que executaram o experimento EG 1 mostraram cansaço a partir de segundo bloco. Foi visto também que nos blocos finais destes dois participantes alguns erros foram ocasionados por pressa no início da execução da sequência. Nestes casos, os participantes iniciavam a execução antes do tempo, levando assim a finalização da tentativa. O participante 2 do teste EG 1 relatou que a partir da metade do experimento não observou mais a sequência apresentada, apenas realizava a contagem das quadrados iluminados durante a demonstração para saber em qual estágio da tentativa estava, e assim, apenas executava a sequência estática já detectada.

Para os participantes do experimento EG 2 não foi percebido cansaço. Porém, durante o teste do segundo voluntário do experimento, chegaram pessoas na sala, deixando o ambiente mais barulhento a partir do quinto bloco do experimento. O voluntário comentou que estava mais difícil de executar a atividade com as distrações apresentadas. Observando o gráfico 5 contendo as médias de tempo de reação e acerto é possível verificar uma pequena queda no número de acertos e um leve aumento no tempo de reação do participante.

Gráfico 5 – Média de acertos e tempo de reação por bloco do participante 2 do teste EG 2.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ao final do experimento cada voluntário recebeu um questionário, no qual responderam questões referentes ao teste, deram sugestões e críticas ao experimento questionários respondidos pelos participantes **Apêndice E**. Abaixo seguem as observações referentes as perguntas.

A primeira pergunta foi: **Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?** Todos os 4 participantes afirmaram terem percebido uma melhora no seu desempenho. A segunda questão foi: **Notou a presença de uma sequência durante o teste?** Todos os voluntários responderam que foi possível identificar uma sequência serial.

A terceira questão era um complemento da segunda pergunta: **Caso tenha notado uma sequência, pode reproduzi-la?** Os dois participantes do experimento EG 1 listaram corretamente a sequência escrevendo a ordem em que as cores eram apresentadas. Um dos participantes do teste com a sequência randômica não soube reproduzir a sequência, enquanto o outro participante informou que foi possível identificar padrões, como formas geométricas.

O quarto questionamento foi: **O jogo foi cansativo?** Os dois participantes que utilizaram a sequência fixa responderam positivamente, já os participantes do jogo com a sequência randômica informaram que não foi cansativo. A quinta pergunta foi: **Foi possível manter-se engajado durante o jogo?** Um participante do experimento

EG 1 e um participante do EG 2 responderam que não, os demais responderam que sim.

A sexta questão era referente aos **pontos positivos do experimento**. O primeiro participante do experimento EG 1 respondeu que foi utilizada uma tecnologia mais interessante que algo mais tradicional. O segundo participante do modo de jogo EG 1 respondeu que foi fácil a memorização da sequência pelas cores. O primeiro participante do experimento EG 2 respondeu que o jogo lhe dava vontade de prosseguir a fim de melhorar seu desempenho. E por fim o segundo jogador do experimento EG 2 respondeu que o jogo trabalha com foco e atenção do jogador.

A sétima pergunta era referente a **pontos negativos do experimento**. O primeiro participante do experimento EG 1 respondeu que o teste foi muito extenso, pouco desafiador e que haviam problemas de *feedback* ao jogador. O segundo participante do modo de jogo EG 1 respondeu que o jogo foi muito repetitivo ou massante levando em consideração o tempo de duração. O primeiro participante do experimento EG 2 respondeu que sentiu falta de estímulos, como um placar. O segundo jogador do experimento EG 2 respondeu que foi difícil manter o foco devido a muito ruídos no ambiente dos testes.

A última questão pedia **sugestões** ao experimento. O primeiro participante do experimento EG 1 sugeriu que poderia ser melhorado a animação do botão ao ser pressionado. O segundo participante do modo de jogo EG 1 sugeriu que poderia ser diminuída a quantidade de blocos. O primeiro participante do experimento EG 2 sugeriu que poderia ser incluído um placar para saber do progresso no jogo e dentro da tentativa. O segundo jogador do experimento EG 2 sugeriu que poderia ser incluído áudio aos botões.

6.4 DISCUSSÕES

A partir dos resultados obtidos nos dois testes realizados, foi possível verificar que os participantes que utilizaram os modos de jogo com a sequência estática do EF IMPROVER, apresentaram tempos de reação, em sua maioria, menores em relação aos que utilizaram a versão randômica do jogo digital. Porém, em alguns casos algumas variações foram percebidas, possivelmente foram ocasionadas a partir de fatores externos ao aplicativo. Esta sessão irá apontar e descrever tais situações.

Analisando os resultados do teste ER foi possível ver que mudanças na maneira de realizar o teste refletiam diretamente no tempo de reação obtido, conforme relatado na sessão 7.1. Uma destas situações foi a mudança da posição do dispositivo utilizado para os testes. A partir das observações realizadas durante o experimento, juntamente com a avaliação dos dados obtidos, foi possível identificar que sempre que o jogador posicionava o *tablet* de maneira diferente o tempo de reação aumentava. Este tempo de reação diminuía novamente assim que o voluntário se acostumava com a nova posição.

Outra situação percebida foi a quantidade de dedos utilizados para realizar o experimento. Esta situação foi a que mostrou maior mudança para o tempo de reação coletada para o teste ER. No momento em que um dos jogadores passou a utilizar 3 dedos ao invés de apenas um, o tempo de reação subiu drasticamente. Neste caso, o tempo de reação voltou a ser menor apenas após o voluntário voltar a utilizar apenas um dos dedos, conforme demonstrado na Figura 15 dos resultados do teste ER.

Quanto ao teste EG, situações relacionadas ao posicionamento do dispositivo tiveram menor impacto aos resultados obtidos. Mas da mesma maneira que no experimento ER, houveram algumas situações externas que resultaram em uma mudança no número de acertos por tentativa e na média do tempo de reação apresentados. A partir das observações realizadas nos testes dos jogadores que utilizaram a versão EG 1, foi possível ver que alguns dos erros apresentados foram ocasionados pelo cansaço. Para os dois voluntários que realizaram o teste EG1 foram verificados erros como o início antecipado da reprodução da sequência, provavelmente devido a pressa de finalizar a partida. Para a modalidade sequencial, o jogo apresentou-se monótono, conforme pôde ser visto nas respostas apresentadas no questionário do experimento. Esta percepção se dá pelo fato dos jogadores realizarem a reprodução da sequência em 80 tentativas. Devido a este grande número de execuções da mesma sequência serial foi possível verificar que os jogadores dos modos de jogo EG 1 já haviam percebido a sequência no primeiro bloco de testes. Os participantes relataram ainda, que ao final do experimento, não observavam mais a sequência apresentada pelo jogo, ao invés disso, apenas contavam o número de elementos que deveriam reproduzir.

Já os jogadores que utilizaram a versão randômica do teste EG apresentaram maiores problemas referentes aos ruídos no ambiente em que o teste foi realizado. Como esta modalidade de jogo não apresentava uma sequência já conhecida pelo

jogador, necessitou maior atenção durante a realização do experimento. A interferência dos ruídos foi bastante percebida no segundo teste da versão EG 2, onde o ambiente dos testes se tornou muito barulhento a partir do 5º bloco do experimento. Verificando os resultados, neste caso, é possível perceber que o número de acertos não baixa, apenas o jogador mantém a média já atingida, que em comparação com os primeiros blocos, é maior.

Avaliando os dados obtidos é possível afirmar uma melhora no tempo de reação e acertos para ambos os experimentos, mesmo com as interferências externas não previstas. Avaliando os resultados do experimento ER é possível verificar uma diminuição nos tempos de reação do primeiro para o último bloco do experimento para os jogadores que utilizaram a versão sequência, enquanto os jogadores que utilizaram a versão randômica mostraram tempos semelhantes do início para o fim do experimento. Esta mesma melhora de tempos de reação foi percebida no experimento ER, em que os participantes da modalidade ER 1 mostraram uma diminuição no tempo de reação na comparação dos blocos iniciais para os finais. Esta mesma diminuição no tempo de reação foi percebida para os participantes da versão ER 2, porém, neste caso, esta diminuição é menor.

7 CONCLUSÃO

As FEs são consideradas habilidades essenciais para a saúde física e mental, sucesso escolar e na vida além do desenvolvimento cognitivo, social e psicológico. Pesquisas sobre o assunto buscam a evolução destas habilidades nas pessoas, a fim de melhorar sua qualidade de vida. Ferramentas como o CogMed, permitem o treinamento de algumas das FEs que utilizam como base o AS, em especial a MT, vem apresentando bons resultados, principalmente junto a crianças. Conforme citado na seção 2.2, podemos ver que existem ligação entre MT e FC com o aprendizado de sequências serias.

A partir dos trabalhos relacionados podemos ver que o AS vem sendo amplamente estudado nos últimos anos, recebendo auxílio de ferramentas como EEG que facilitam a coleta de medidas neurofisiológicas para a avaliação dos resultados obtidos. Principalmente com a criação de dispositivos portáteis para fazer este tipo de avaliação. Desta forma, é possível concluir que está é uma área de estudos que tende a crescer, levando a necessidade de ferramentas que apoiem estes estudos, como a ferramenta INTELLECTUS, que auxiliam a utilização e catalogação de dados neurofisiológicos de diversos modelos de aparelhos EEG de maneira centralizada.

Outro tipo de ferramenta que pode auxiliar nestes estudos é um jogo digital que permita o treinamento e avaliação do AS. A partir das pesquisas apresentadas podemos verificar que a utilização de jogos digitais para o reforço e desenvolvimento da memória de trabalho vem tendo sucesso, assim como a utilização de Jogos Digitais para o desenvolvimento da Flexibilidade Cognitiva e MT.

Este trabalho teve por objetivo a investigação de diferentes modelos de jogabilidade que permitam o aprendizado de sequências seriais e, por consequência, a estimulação da função executiva relacionada a MT. Com base nos dados coletados é possível demonstrar que o AS pode ser utilizado como forma de treinamento e melhoria da FEs ligadas a cognição, especialmente a MT.

Com base nestes fundamentos formulou-se o seguinte problema: **É possível realizar o treinamento de FEs através de um jogo digital que utilize com o tema aprendizado de sequências seriais?**

Após um breve estudo sobre a temática proposta, as tecnologias disponíveis e os trabalhos relacionados, foi proposto o objetivo geral deste trabalho: **Investigar diferentes modelos de jogabilidade que permitam o aprendizado de sequências**

seriais e, por consequência, a estimulação da função executiva relacionada a MT.

Afim de cumprir este objetivo, realizou-se a divisão do mesmo em tarefas menores, também conhecidas como objetivos específicos. Estes objetivos foram elaborados de forma sistêmica e sequencial, visando atingir o objetivo geral. Desta forma, foi realizada uma **pesquisa bibliográfica**, que se iniciou nos conceitos básicos da cognição e aprendizado de sequências. Esta revisão está descrita nos capítulos 2 e 3. Assim, cumpriu-se o primeiro objetivo específico: **Apresentar o conceito e aplicação do aprendizado de sequências seriais.**

Após o levantamento bibliográfico sobre conceitos da cognição e aprendizados de sequências seriais, iniciou-se uma pesquisa sobre trabalhos relacionados aos assuntos aprendizado de sequências seriais, cognição, FEs, EEG e jogos digitais que trabalham FEs. Com este estudo foi possível tomar conhecimento sobre as técnicas empregadas para a avaliação do aprendizado de sequências seriais, assim como, jogos digitais que de alguma forma permitam o treinamento das FEs. A partir deste estudo foi possível desenvolver um método de avaliação para ser utilizado na ferramenta. Assim, com o capítulo 4, referente aos trabalhos relacionados, foi possível cumprir o segundo objetivo específico: **Apresentar e estudar modelos de avaliação pertinentes ao trabalho.**

Ao final da revisão bibliográfica e pesquisa sobre trabalhos relacionados, foi definido o protocolo do funcionamento do jogo digital a ser concebido, assim como, as tecnologias que seriam empregadas no seu desenvolvimento. Neste momento definiu-se que o jogo digital seria desenvolvido para plataformas móveis, como *tables* e *smartphones*, e que seriam empregadas duas modalidades de jogo: uma delas baseada no trabalho relacionado na seção 4.7 e o outro no jogo Genius da estrela. Para realizar a estruturação do jogo utilizou-se como motor de jogos digitais a ferramenta Unity 3D, na qual foram aplicados *scripts* utilizando a linguagem C Sharp (C#). O detalhamento das tecnologias empregadas, bem como as características do jogo digital desenvolvido, intitulado como EF IMPROVER, e de seu funcionamento, estão descritos no capítulo 5. Desta maneira, obtém-se o terceiro objetivo específico: **Desenvolver o protótipo de um jogo digital que permita o ensino e avaliação do aprendizado de sequências seriais.**

Após finalizado o desenvolvimento do jogo digital EF IMPROVER, foi criada uma metodologia para o experimento. Assim, no capítulo 6 foi criado um roteiro para

aplicação dos testes das 2 modalidades do jogo digital, que foi aplicado em 8 voluntários, cumprindo assim o quarto objetivo específico: **Conduzir um experimento relacionado ao ensino e aprendizagem de sequências seriais.**

Ao término dos testes iniciou-se a avaliação dos dados obtidos junto ao experimento realizado, que está descrita no capítulo 7. Com esta avaliação dos dados foi possível cumprir o último objetivo específico: **Avaliar dados adquiridos juntos ao experimento.**

Conclui-se que o objetivo geral deste trabalho foi obtido: **Investigar diferentes modelos de jogabilidade que permitam o aprendizado de sequências seriais e, por consequência, a estimulação da função executiva relacionada a MT.** Avaliações sobre o aprendizado de sequência poderão ser conduzidas utilizando os acertos e tempos de reação dos jogadores fornecidos pelo jogo digital EF IMPROVER. Contudo, este estudo será continuado, aprimorando o jogo digital e agregando novos desafios aos jogadores.

Nas próximas seções, serão apresentados as contribuições e o aprendizado que se obteve através deste trabalho. Ainda, serão destacadas limitações e trabalhos futuros.

7.1 CONTRIBUIÇÕES E APRENDIZADO

As seguintes contribuições foram obtidas com o desenvolvimento deste trabalho:

- Desenvolvimento de um jogo digital que poderá ser utilizado para o treinamento do aprendizado de sequências seriais e FEs, permitindo uma análise dos tempos de reação e acertos dos participantes.
- Publicação e apresentação de um resumo no formato pôster na Feira de Iniciação Científica 2015, na Universidade Feevale, o qual consta no **Apêndice F.**
- Publicação de um artigo completo para VIII GAMEPAD (Seminário de Games e Tecnologia) da Universidade Feevale.
- Envio de resumo de Artigo para HCI International 2015. Resumo em inglês no **Apêndice G.**

7.2 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Durante os experimentos do jogo digital EF IMPROVER foi possível fazer o levantamento de algumas situações que causaram interferência na coleta de dados ou performance dos participantes, conforme apontados na seção 7.3. Abaixo serão destacadas as situações observadas:

- Percebeu-se que no experimento ER, sempre que o jogador acomodava o dispositivo utilizado para a realização do teste havia um reflexo direto no tempo de reação. Isso fazia com que em alguns momentos fosse possível verificar uma mudança no tempo de reação para mais. Assim, para que esta situação não ocorra mais, pretende-se estabelecer uma posição padrão do dispositivo, que ficará repousado sobre uma mesa, e o jogador por, sua vez não poderá movimentá-lo.
- No experimento ER, sempre que o jogador modificava o dedo utilizado para execução do teste, ou passava a utilizar mais dedos para pressionar os quadrados, ocorria um aumento no tempo de reação. Para solucionar esta limitação, será definida uma regra para a execução da tarefa estabelecida, em que o jogador deverá utilizar apenas um dedo para a execução do jogo, ou será definido o uso de um dedo específico para cada quadrado, conforme o teste realizado por Nissen e Bullemer (1987).
- No caso do jogo EG, para a modalidade de jogo EG 2, os ruídos apresentados no ambiente em que os testes foram realizados afetaram diretamente a performance dos jogadores. Desta forma, para novos testes, pretende-se utilizar um ambiente mais controlado livre de distrações.

Pretende-se ainda realizar modificações no jogo digital EF IMPROVER, a fim de melhorar funcionalidades já existentes, ou até mesmo, adicionar novas funcionalidades. A seguir serão descritas as modificações previstas para o futuro deste projeto:

- Adição de placares como forma de retorno do progresso do jogo ao jogador.

- Criação de um novo modo de jogo, que através de distrações adicionadas aos modos de jogo já existentes, permitam o treinamento da FE controle de inibição.
- Criação de um novo modo de jogo que exija do jogador o controle de diversas tarefas simultâneas, a fim de estimular a FC, esta tarefa simultânea pode ser a duplicação da tela de jogo, ou mesmo a adição da contagem de sons, conforme utilizado no experimento de Nissen e Bullemer (1987).
- Realizar novos testes em ambientes mais controlados e com mais voluntários.
- Aplicar o EF IMPROVER como forma de treinamento da MT em um projeto com idosos em parceria com uma pesquisa na Universidade Feevale.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERENDS, Floris, HOMMEL, Bernhard, KACHERGIS, George, KLEINJN, Roy de. **Trajectory Effects in a Novel Serial Reaction Time Task**, 2014. Disponível em: <<https://mindmodeling.org/cogsci2014/papers/131/paper131.pdf>>. Acesso em 26/02/2015.

BLANC, Jean-Marc, DOMINEY, Peter F., HOEN, Michel, LELEKOV-BOISSARD, Taïssia. **Neurological basis of language and sequential cognition: Evidence from simulation, afasia, and ERP studies**, 2003. Disponível em: <<http://www.isc.cnrs.fr/dom/B&L03.PDF>>. Acesso em 26/02/2015.

CHRISTIANSEN, Morten H., CONWAY, Christopher M., ONNIS, Luca. **Similar neural correlate for language and sequential learning: Evidence from event-related brain potentials**, 2012. Disponível em: <<http://psych.cornell.edu/sites/default/files/2012-cco-LCP.pdf>>. Acesso em 26/02/2015.

CLEGG, Benjamin A., DIGIROLAMO, Gregory J., KEELE, Steven W. **Sequence Learning**, 1998.

D'ESPOSITO, Mark, LANDAU, Susan M. **Sequence Learning in pianists and nonpianists: An fMRI study of motor expertise**, 2006. Disponível em: <http://keck.ucsf.edu/~houde/sensorimotor_jc/SMLandau06a.pdf>. Acesso em 26/02/2015.

DIAMOND, Adele, **Executive Functions**, 2013.

DIAMOND, Adele, **Intervations shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old**, 2011.

KLINGBERG, T., FERNELL, E., OLESEN, P.J., JOHNSON, M., GUSTAFSSON, P., DAHLSTRÖM, K., GILLBERG, C.G., FORSSBERG, H., WESTERBERG, H. **Computerized training of working memory in children with ADHD: a randomized, controlled trial**, 2005.

KRUEGER, Kai A. **Sequential learning in the form of shaping as a source of cognitive flexibility**, 2011. Disponível em: <http://www.gatsby.ucl.ac.uk/~krueger/krueger2011_thesis.pdf>. Acesso em 26/02/2015.

LOVE Bradley C., GLASS Brian D., MOGGOX, W. Todd. **Real-Time Strategy Game Training: Emergence of a Cognitive Flexibility Trait**, 2013.

MARCHELLI, Leopoldo Francisco Barletta. **O conceito de entropia informacional permite prever a aprendizagem serial, em ratos?**, 2011. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/.../tde.../Leopoldo_Marchelli.pdf>. Acesso em 26/02/2015.

NISSEN, Mary Jo, BULLEMER, Peter. **Attentional Requirements of learning: Evidence from performance measures**, 1987.

PAVÃO, Rodrigo. Entropia informacional e aprendizagem de sequências, 2011.

PENHUNE, Virginia B. Neural encoding of movement sequences in the human brain, 2013.

PIFFER, Igor. **Sistema computacional aplicado ao catalogo de medidas neurofisiológicas baseadas em eletroencefalograma**, 2014. Disponível em: <http://tconline.feevale.br/tc/files/0001_3762.pdf>. Acesso em 26/02/2015.

PRINS, P.J.M., DOVIS, Sebastiaan, PONSIOEN, Albert, BRINK, Esther ten, OORD, Saskia van der. Does Computerized Working Memory Training with Game Elements Enhance Motivation and Training Efficacy in Children with ADHD?, 2011.

PROCTOR, Robert W., REEVES, T. Gilmour, WEEKS, Daniel J. A triphasic approach to the acquisition of the response-selection skill, 1990.

PRODANOV, Cleber Cristiano, FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/cultura/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico--2-edicao>>. Acesso em: 26/02/2015.

STERNBERG, Robert J. **Psicologia Cognitiva**, Tradução de Anna Maria Dalle Luche e Roberto Galman, 5ª Edição, 2010.

SUN, Jerry Chih-Yuan. **Influence of polling technologies on student engagement: An analysis of student motivation, academic performance, and brainwave data**, 2013. Institute of Education, National Chiao Tung University, 1001 Ta-Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan, ROC

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado a participar do TCC de graduação intitulado: Modelo de avaliação para aprendizado de sequências seriais em jogos digitais. O trabalho está sendo realizado pelo acadêmico Eduardo Bokorny Adams, do curso de Bacharelado em Sistemas de informação, na Universidade Feevale, orientado pelo pesquisador responsável, professor Mestre João Batista Mossmann. O objetivo principal deste trabalho é investigar e propor um jogo digital capaz de permitir o treinamento de memória de trabalho a partir de sequências seriais.

Sua participação nesta pesquisa será voluntária. Após receber orientações sobre a atividade proposta, será realizado um experimento, de forma individual, através do qual, será avaliado o tempo de reação serial em um jogo digital. Por fim, será necessário o preenchimento de um questionário. Não haverá riscos relacionados à sua participação nesta pesquisa. A sua participação nesta pesquisa estará contribuindo para informações de fins acadêmicos, incluindo a possibilidade de publicações científicas. Garantimos o sigilo de seus dados de identificação, primando pela privacidade e por seu anonimato. Manteremos em arquivo, sob nossa guarda, por 5 anos, todos os dados e documentos da pesquisa. Depois de transcorrido esse período, os mesmos serão destruídos.

Você tem a liberdade de optar pela participação na pesquisa e retirar o consentimento a qualquer momento, sem a necessidade de comunicar-se com o(s) pesquisador(es). Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será rubricado em todas as folhas e assinado em duas vias, permanecendo uma com você e a outra deverá retornar ao pesquisador. Abaixo, você tem acesso ao telefone e ao endereço eletrônico institucional do pesquisador responsável, podendo esclarecer suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, em qualquer momento no decorrer da pesquisa.

Telefone institucional do pesquisador responsável: (51)3586 8800, ramal 9023.

E-mail institucional do pesquisador responsável: mossmann@feevale.br.

Nome do pesquisador responsável: Professo Me. João Batista Mossmann.

Assinatura do pesquisador responsável

Local e data: _____, ____ de _____ 2015.

Declaro que li o TCLE: concordo com o que me foi exposto e aceito participar da pesquisa proposta.

Assinatura do sujeito da pesquisa

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PERFIL DO PARTICIPANTE**QUESTIONÁRIO DO PERFIL DO PARTICIPANTE**

Tipo questionário:

Nome: _____

Gênero:

 M F

Idade: _____

Profissão: _____

Escolaridade:

 Ensino Médio Superior incompleto Superior Outro: _____

Curso: _____

Quanto tempo (média em horas) por semana você gasta com jogos digitais (Jogos de vídeo game, computador, celular, *tablets*, etc): _____Possui experiência com *smatphones* ou *tablets*? SIM NÃO

Já participou de um teste como este?

 SIM NÃO

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO**QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO**

Tipo questionário:

Nome: _____

Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?

SIM

NÃO

Notou a presença de uma sequência durante o teste?

SIM

NÃO

Caso tenha notado um sequência, pode reproduzi-la? _____

O jogo foi cansativo?

SIM

NÃO

Foi possível manter-se engajado durante o jogo?

SIM

NÃO

Pontos positivos do experimento: _____

Pontos negativos do experimento: _____

Sugestões: _____

APÊNDICE D – RESPOSTAS QUESTIONÁRIO EXPERIMENTO ER

QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

Tipo questionário: EXTRA 11

Nome: _____

Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?

 SIM NÃO

Notou a presença de uma sequência durante o teste?

 SIM NÃOCaso tenha notado um sequência, pode reproduzi-la? NÃO

O jogo foi cansativo?

 SIM NÃO

Foi possível manter-se engajado durante o jogo?

 SIM NÃO

Pontos positivos do experimento: _____

Pontos negativos do experimento: _____

Sugestões: _____

QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

Tipo questionário: *EXRL*

Nome:

Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?

SIM

NÃO

Notou a presença de uma sequência durante o teste?

SIM

NÃO

Caso tenha notado um sequência, pode reproduzi-la? *Γ Δ ∇ Δ*

O jogo foi cansativo?

SIM

NÃO

Foi possível manter-se engajado durante o jogo?

SIM

NÃO

Pontos positivos do experimento: *Exercício de atenção e raciocínio lógico*

Pontos negativos do experimento: *Carrocinho*

Sugestões: *Podem criar senários diferentes para os exercícios com formas diferentes.*

QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

Tipo questionário: Ex 211

Nome:

Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?

 SIM NÃO

Notou a presença de uma sequência durante o teste?

 SIM NÃOCaso tenha notado um sequência, pode reproduzi-la? A, B, C, D - D B C A

O jogo foi cansativo?

 SIM NÃO

Foi possível manter-se engajado durante o jogo?

 SIM NÃOPontos positivos do experimento: Bom para trabalhar a memóriaPontos negativos do experimento: —||—Sugestões: —||—

QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

Tipo questionário:

Nome: _____

Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?

SIM

NÃO

Notou a presença de uma sequência durante o teste?

SIM

NÃO

Caso tenha notado um sequência, pode reproduzi-la? 4 7 2 1 ou 4 2 3 1

e Outras entre 2 e 3

O jogo foi cansativo?

SIM

NÃO

Foi possível manter-se engajado durante o jogo?

SIM

NÃO

Pontos positivos do experimento: Melhora a Coordenação.

Estimula a usar + de 1 dedo

Pontos negativos do experimento: _____

Sugestões: 1) Placa

2) Avaliar se a peça foi utilizada como
valor, toca instrumental como violão/guitarra/Piano,
Outros de colunados diariamente.

3) Porquê o Brul?

- 4) Não notei sinais de distração.
- 5) Acho que obter as somas diferentes de cada posição seria um estado interessante.
- 6) Fiz isso ao tentar usar o dedo.
É Acho que melhorei o tempo no Bloco F,
que melhorei a posição da mão.

APÊNDICE E – RESPOSTAS QUESTIONÁRIO EXPERIMENTO EG

QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

Tipo questionário: Ex612

Nome: _____

Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?

SIM

NÃO

Notou a presença de uma sequência durante o teste?

SIM

NÃO

Caso tenha notado um sequência, pode reproduzi-la? Azul, amarelo, vermelho, verde, vermelho, amarelo, azul, vermelho, amarelo, verde.

O jogo foi cansativo?

SIM

NÃO

Foi possível manter-se engajado durante o jogo?

SIM

NÃO

Pontos positivos do experimento: Fácil memorização pelas cores e sequência

Pontos negativos do experimento: Repetitivo/manante considerando a quantidade de blocos.

Sugestões: talvez diminuir a quantidade de blocos/cores por bloco.

QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

Tipo questionário: EX 611

Nome:

Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?

SIM

NÃO

Notou a presença de uma sequência durante o teste?

SIM

NÃO

Caso tenha notado um sequência, pode reproduzi-la? _____

O jogo foi cansativo?

SIM

NÃO

Foi possível manter-se engajado durante o jogo?

SIM

NÃO

Pontos positivos do experimento: Trabalha com a atenção e
foco do jogador

Pontos negativos do experimento: Devido conexões e barulho
durante o experimento perdi minha concentração

~~Sugestões:~~ Várias vezes

Sugestões: botar áudio para cada cor

QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

Tipo questionário: Ex621

Nome: _____

Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?

SIM

NÃO

Notou a presença de uma sequência durante o teste?

SIM

NÃO

Caso tenha notado um sequência, pode reproduzi-la? Eu consegui memo-
rizar as sequências pelo formato que ela formava

O jogo foi cansativo?

SIM

NÃO

Foi possível manter-se engajado durante o jogo?

SIM

NÃO

Pontos positivos do experimento: O jogo me dava vontade
de continuar para tentar ir melhor

Pontos negativos do experimento: Senti falta de estímulos,
como um placar.

Sugestões: Indicar qual meu progresso geral
e específico (dentro de uma sequência)

QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

Tipo questionário: EXCM

Nome:

Notou alguma melhora no seu desempenho durante o jogo?

SIM

NÃO

Notou a presença de uma sequência durante o teste?

SIM

NÃO

Caso tenha notado um sequência, pode reproduzi-la? Azul - Amarelo - Vermelho - Verde - Vermelho - Amarelo - Azul - Vermelho - Amarelo - Verde

O jogo foi cansativo?

SIM

NÃO

Foi possível manter-se engajado durante o jogo?

SIM

NÃO

Pontos positivos do experimento: Utilizar uma tecnologia mais interessante que algo mais tradicional

Pontos negativos do experimento: Muito extenso, pouco desafiador, problemas de feedback na interface

Sugestões: Melhorar o feedback do botão pressionado, por vezes entei por não saber se o botão reconheceu meu input

APÊNDICE F – ARTIGO PARA FIC FEEVALE

APRENDIZADO DE SEQUÊNCIAS SERIAIS EM JOGOS DIGITAIS

Palavras-chave: Aprendizado de sequências seriais. Funções Executivas. Cognição. Neurociência. Jogos Digitais.

RESUMO

A execução de tarefas sequenciadas está muito presente no cotidiano das pessoas, sendo possível identificá-la na digitação em um teclado de computador, criando sequências de ações ao volante ou mesmo tocando algum instrumento musical. Além disso, aprendizagem de sequências vem se tornando um objeto de estudo cada vez mais requisitados por cientistas como uma representação do aprendizado implícito e forma treinamento para capacidades cognitivas. Neste contexto, este resumo apresenta o desenvolvimento de um jogo digital que permita o treinamento e avaliação do aprendizado de sequências seriais e capacidades cognitivas. Dentre estas capacidades cognitivas que podem ser estimuladas com um Jogo Digital aplicado ao aprendizado sequencial serial estão as Funções Executivas (FEs), compostas pelo Controle de Inibição, a Flexibilidade Cognitiva (FC) e a Memória de Trabalho (MT). Estudos mostram que FEs como a FC podem ser aprimoradas utilizando jogos RTS como forma de treinamento. Aplicativos como o CogMed utilizam da serialização como uma forma de treinamento da MT. Pesquisadores da Califórnia demonstraram que existe diferença entre ativações do cérebro entre pianistas e não pianistas na execução de sequências. Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os fenômenos ligados ao aprendizado sequencial, gerando embasamento teórico para a prototipação de um jogo digital. Este jogo apresenta dois modelos de avaliação de tempo de reação sobre sequências. No primeiro, é apresentado ao jogador uma tela com quatro quadrados brancos, em que, a cada rodada, um dos quadrados é colorido de azul. Este quadrado azul deve ser pressionado o mais rápido possível. No segundo modelo o jogo apresenta quatro quadrados cada um com uma cor, em que é apresentada uma sequência ao jogador, que por sua vez deve tentar reproduzi-la, semelhante ao que ocorre no jogo Genius lançado pela Estrela na década de 80. Os estímulos serão apresentados de duas formas, na primeira será apresentada uma sequência fixa e 10 posições que será repetida 10 vezes por bloco

de testes, durante 8 blocos de execução de testes, contabilizando 800 tentativas, 100 por bloco. E na segunda os estímulos serão apresentados aleatoriamente. Desta forma através da medida do tempo de reação, será possível mensurar se houve o aprendizado na sequência executada. Atualmente o jogo está em fase de prototipação.

APÊNDICE G – RESUMO ARTIGO HIC INTERNATIONAL 2015

SERIAL SEQUENCE LEARNING ON DIGITAL GAMES

Keywords: Sequence learning, Executive function, Cognition, Neuroscience, Digital Games.

Abstract

The execution of serial task is very present on the daily life of the people, being possible identify it on keyboard typing, creating sequenced action on the steering wheel or playing a musical instrument. Furthermore, sequence learning, is being an increasing target of scientist studies as a form of implicit learning [1]. In this context, our aim was to developer and evaluate a digital game witch permit the sequence learning and cognitive training.

Among this cognitive capacities that can be stimulated with a digital game applied to sequence learning are the Executive Functions (EFs), compounds by Inhibition Control (IC), Cognitive Flexibility (CF) and Working Memory (WM).

Studies shows that EFs like CF can be improved using Real Time Strategy games as way of training [5]. Applicative like CogMed uses sequence learning based on reaction time as a way of training of WM [4].[6] developed a evaluate method for sequence learning based on serial reaction time. As application of the evaluate method were made 4 experiments on subjects interacted with a serial sequence. Using a modified version of [6] method, California researchers demonstrated a difference on brain areas of pianist and non-pianists, being activated during the execution of a sequence [2].

As main contribution of this paper, a digital game was developed. This game presents two model of evaluation of reaction time over sequences. To develop this game was used the games engine Unity 3D. In the first game mode, named as ER, is presented a screen with 4 white squares , for each turn of the game, one of this squares is colored by blue. This square must be pressed as soon as possible. During the game the reaction times of the player is saved, this reaction time consists of the time interval between the blue square apparition and the reaction of the player, as can be seen on the Figure 1.

The second mode, named as EG, was based on the Simon game, in it is presented 4 squares, each one with one color, which a sequence is showed to the player, who as his time needs to reproduce it. This sequence is presented progressively, starting with one element, and

in each turn a new element is added, until complete 10 elements or the player misses the sequence, as can be seen at Figure 2. During the game is collected reaction time and progress of each sequence.

Stimuli are presented in 2 ways, on the first, is presented a static sequence with 10 elements represented by D-B-C-A-C-B-D-C-B-A, the same sequence used by [6], which will be repeated 10 times for block, during 8 blocks of test, counting 800 attempts for ER mode or 80 attempts for the EG mode. On the second way, the stimulus are presented randomly, using the same structure presented earlier. So, the game allow collection and evaluation of the reaction time of the users during the execution of a serial sequence.

Two performance tests were performed for each game mode, using a tablet with Android SO. At the first test, 4 volunteers executed the game with EG mode. 2 volunteers practiced using the random mode, and the other 2 practiced with the static sequence. The second test using the ER game mode was accomplished at Feevale University. In this, participated 4 volunteers also divided in 2 groups, one using the random version and the other using the static sequence.

Reaction time of the volunteer were taken from the tests. Analyzing the reaction times of the ER game, was possible see that the average of the reaction times of the players who used the static sequence were smaller in the eight block comparing with the first block, as can be seen in the Figure 3. At the data obtained with the EG test, was possible to verify that players who practiced with the static sequence presented smaller average of reaction time and a greater average of hits almost all the time of the tests, in comparison with the player who used the random version of the test, as can be seen at the Figure 4.

From de data collection taken with the game prototype created on this work, was possible to do an analysis of reaction times of the players, tin a way that was possible to realize a decrease in the reaction times from the beginning to the end of a match, for the static sequence players. Further questions, along with the detailing of the digital game, carrelate works discussions, and lessons learned will be presented and discussed fully in the final paper.

References

[1] BERENDS, Floris, HOMMEL, Bernhard, KACHERGIS, George, KLEINJN, Roy de. **Trajectory Effects in a Novel Serial Reaction Time Task**, 2014. Disponível em: < <https://mindmodeling.org/cogsci2014/papers/131/paper131.pdf>>. Acessado em 26/02/2015.

[2] D'ESPOSITO, Mark, LANDAU, Susan M. **Sequence Learning in pianists and nonpianists: An fMRI study of motor expertise**, 2006. Disponivel em: <http://keck.ucsf.edu/~houde/sensorimotor_jc/SMLandau06a.pdf>. Acessado em 26/02/2015.

[3] DIAMONDS Adele, **Executive Functions**, 2013.

[4] KLINGBERG, T., FERNELL, E., OLESEN, P.J., JOHNSON, M., GUSTAFSSON, P., DAHLSTRÖM, K., GILLBERG, C.G., FORSSBERG, H., WESTERBERG, H. **Computerized training of working memory in children with ADHD: a randomized, controlled trial**, 2005.

[5] LOVE Bradley C., GLASS Brian D., MOGGOX, W. Todd. **Real-Time Strategy Game Training: Emergence of a Cognitive Flexibility Trait**, 2013.

[6] NISSEN, Mary Jo, BULLEMER, Peter. **Attentional Requirements of learning: Evidence from performance measures**, 1987.

Anex

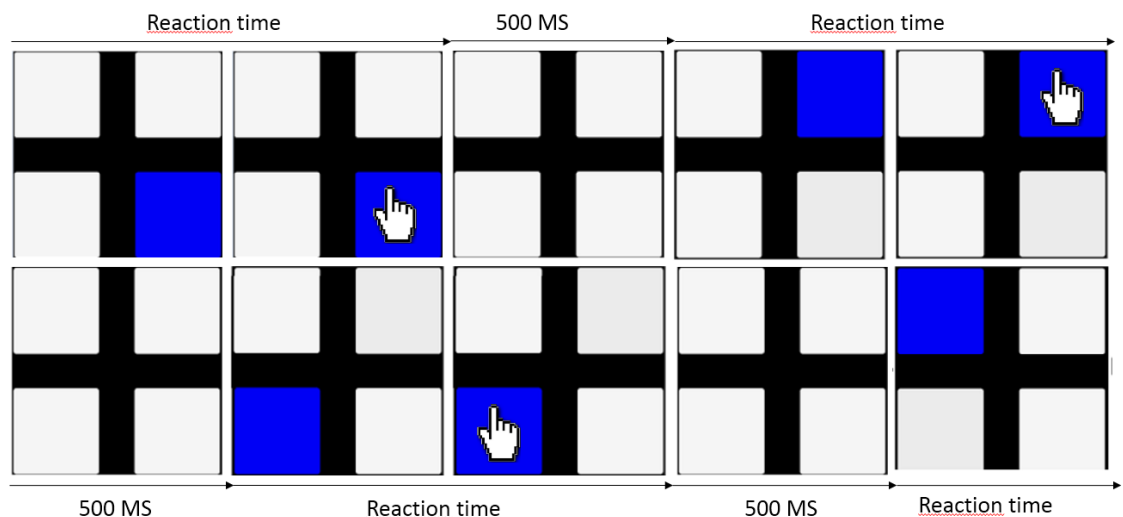


Figure 1 – Execution of ER game mode

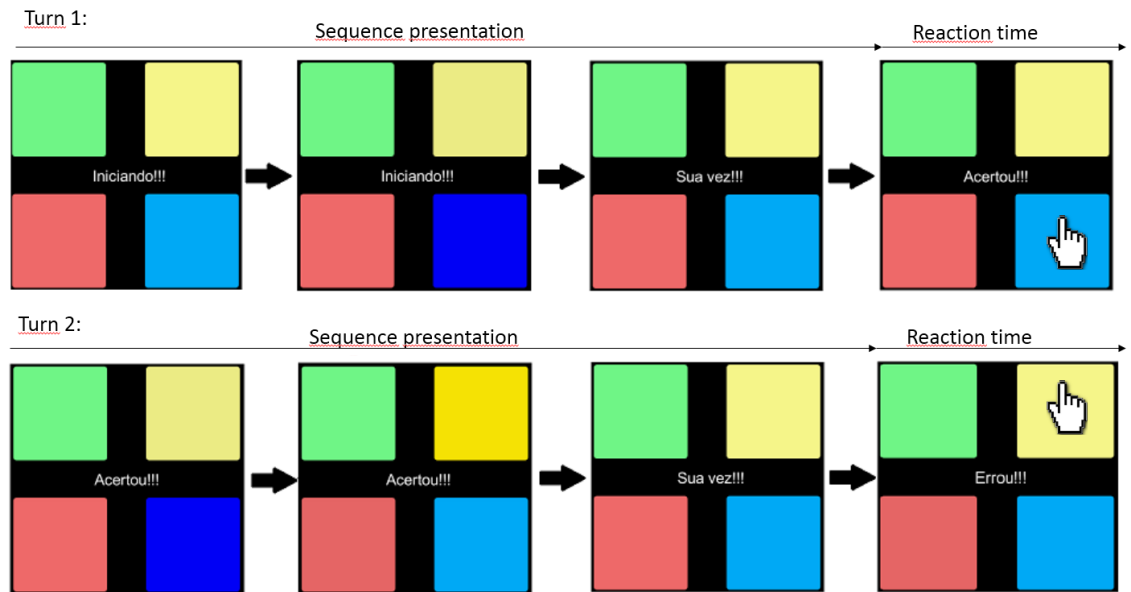


Figure 2 - Execution of EG game mode

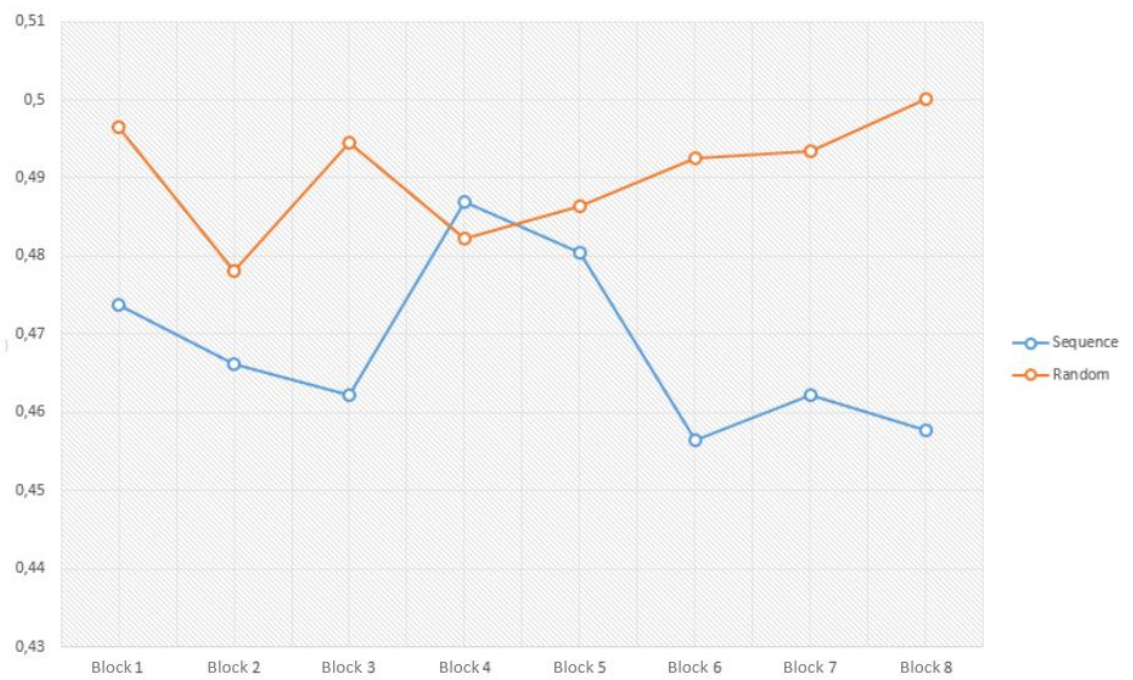
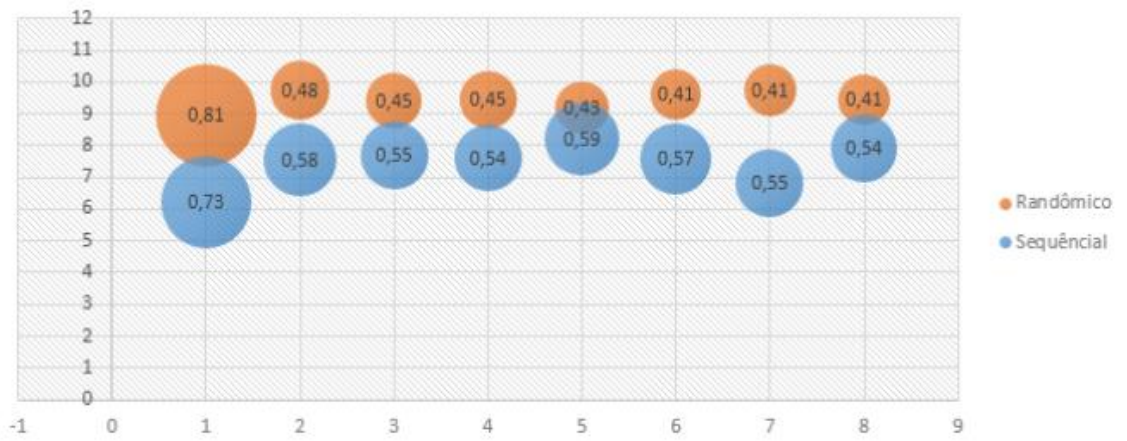


Figure 3 – Average reaction time of ER game mode test.



- Heights of the balls represents hit average.
- Diameter of the balls represents reaction time average

Figure 4 – Average reaction time and hit of EG game mode test.