



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS ERECHIM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO**

**SINDIA LILIANE DEMARTINI DA SILVA**

**A INTERATIVIDADE DOS JOGOS DIGITAIS NA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA:  
UMA DISCUSSÃO EM NEUROCIÊNCIA**

**ERECHIM  
2017**

**SINDIA LILIANE DEMARTINI DA SILVA**

**A INTERATIVIDADE DOS JOGOS DIGITAIS NA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA:  
UMA DISCUSSÃO EM NEUROCIÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação, sob a orientação da Prof<sup>a</sup>. Dra. Nilce Fátima Scheffer.

ERECHIM

2017

## UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

Rodovia ERS, Km 135, 200  
Zona Rural  
CEP 99700-000  
Erechim – RS  
Brasil

### PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Silva, Sindia Liliane Demartini da  
A interatividade dos jogos digitais na aprendizagem  
matemática: uma discussão em Neurociência/ Sindia  
Liliane Demartini da Silva. -- 2017.  
120 f.:il.

Orientadora: Nilce Fátima Scheffer.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da  
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Mestrado  
Profissional em Educação - PPGPE, Erechim, RS , 2017.

1. Aprendizagem Matemática. 2. Jogos Digitais. 3.  
Neurociência Cognitiva. 4. Atenção. 5. Memória. I.  
Scheffer, Nilce Fátima, orient. II. Universidade Federal  
da Fronteira Sul. III. Título.

**SINDIA LILIANE DEMARTINI DA SILVA**

**A INTERATIVIDADE DOS JOGOS DIGITAIS NA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA:  
UMA DISCUSSÃO EM NEUROCIÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS para obtenção do título de Mestre em Educação, defendido em banca examinadora em 30 de outubro de 2017.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Nilce Fátima Scheffer.

Aprovado em: 30/10/ 2017.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nilce Fátima Scheffer – UFFS/Chapecó

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Salete Loss – UFFS/Erechim

---

Prof. Dr. Arnaldo Nogaro – URI/Erechim

---

Prof. Dr. Thiago Ingrassia Pereira – UFFS/Erechim  
(Suplente)



Aos meus pais, Afonso e Pierina, os maiores mestres que conheci, gratidão por tudo o que sou. E, às minhas filhas Ana Lia e Ane Liz, almejo que o dia em que colherem os frutos dos seus esforços também lembrem das suas raízes.

## AGRADECIMENTOS

A palavra de ordem é GRATIDÃO!

Gratidão a Deus pela vida, pela saúde e pela proteção nas idas e vindas até a universidade.

Gratidão à mensageira que anunciou a direção deste mestrado na minha vida, uma pessoa iluminada chamada Simoni.

Gratidão a minha família, suporte da minha vida, apoio de todas as minhas fraquezas e companheira de todas as minhas conquistas.

Gratidão ao meu esposo Milton, que zelou pelas nossas filhas na minha ausência, que me protegeu e me encorajou a ser mais forte do que pensava conseguir.

Gratidão à família do AG, o modo como carinhosamente chamamos a escola onde trabalho, aos meus alunos, colegas professoras, funcionários e em especial à Maria Angélica pela compreensão e apoio.

Gratidão à Prof<sup>a</sup>. Dra. Nilce, pela orientação, dedicação e carinho com que me conduziste pelos labirintos da pesquisa e da escrita.

Gratidão ao Prof. Dr. Arnaldo e a Prof<sup>a</sup>. Dra. Adriana pela apreciação do meu projeto e pelas valiosas sugestões.

Gratidão aos professores do PPGPE, ilustres guias das minhas aprendizagens.

Gratidão aos colegas do curso, pessoas especiais que tornaram mais leves as sobrecargas, cada um com seu jeito, pra sempre a amizade.

*Gratidão é a memória do coração!*

*Ditado francês*

“Educar verdadeiramente não é ensinar fatos novos ou enumerar fórmulas prontas, mas sim preparar a mente para pensar.”

(Albert Einstein)

## RESUMO

A pesquisa desenvolveu-se na perspectiva qualitativa, pois trata-se de um estudo de campo com análise de conteúdo, que tem por objetivo verificar as funções cognitivas de atenção e memória de estudantes em atividade com jogos digitais online de Matemática. Para tanto, buscou-se resposta para a questão “Quais aspectos de atenção e memória se manifestam na interação de estudantes com jogos digitais online de Matemática?” e, como subsídios teóricos, baseou-se em autores como Prensky (2012); Palfrey; Gasser (2011), Scheffer (2017), Gravina; Basso (2012), Borba; Silva; Gadanidis (2013) que abordam temas relacionados aos Jogos Digitais e Educação Matemática e, com relação às contribuições da Neurociência, guiou-se por autores que descrevem a Fisiologia do Sistema Nervoso, como Bear; Connors; Paradiso (2002), Kandel et. al. (2014), Lent (2010), Izquierdo (2001,2010), Goleman (2014), e, autores que relacionam os estudos da Neurociência Cognitiva com a Educação, Bartoszeck (2006), Cosenza; Guerra (2011), Herculano-Houzel (2009) e Nogaró (2012). Os participantes da pesquisa foram estudantes voluntários dos anos finais do Ensino Fundamental de uma escola pública do estado do Rio Grande do Sul, que participaram de oficinas interativas com os jogos digitais Cobrador de Ônibus, Sjoelbak, Batalha Matemática e Space Race, as quais foram filmadas para a coleta de dados. Os dados foram organizados e analisados a partir de categorias relativas às funções cognitivas de atenção e memória e os resultados do estudo mostram que são evidenciados aspectos que demonstram que o estudante mantém a atenção sensorial/mental voltada para a atividade quando está interagindo com os jogos digitais, bem como faz o uso da memória de trabalho, e processos de evocação e consolidação de memória permanente. Apresenta-se como produto resultante da pesquisa uma proposta didática de uso dos jogos digitais *online* para disciplina de Matemática dos anos finais do Ensino Fundamental.

Palavras-chave: Aprendizagem Matemática. Jogos Digitais. Neurociência. Atenção. Memória.

## ABSTRACT

The search was developed in a qualitative perspective, because it is a field study with analysis of the content that has as objective to verify the cognitive functions of attention and memory of the students in activities with online digital games of Math. In this reason, we seek the answer to the question “Which aspects of attention and memory are expressed in the interaction of the students with digital online games of Math?” and, as theoretical source, it was based in authors as Prensky (2012); Palfrey; Gasser (2011), Scheffer (2017), Gravina; Basso (2012), Borba; Silva; Gadanidis (2013) that work with topics related to Digital Games and Math Education and, related to the Neuroscience contributions, we were guided by authors that describe the Physiology of the nervous system, as Bear; Connors, Paradiso (2002), Kandel et. al. (2014), Lent (2010), Izquierdo (2001, 2010), Goleman (2014), and, authors that are related to the Cognitive Neuroscience studies with the Education, Bartoszeck (2006), Cosenza; Guerra (2011), Herculano-Houzel (2009) and Nogaro (2012). The participants of the search were volunteer students of the final years of the Elementary School in a public school from Rio Grande do Sul, they interacted in interactive workshops with the digital games Bus Charger, Sjoelbak, Math Battle and Space Race, which were recorded to the data collection. The data was organized and analyzed following the categories related to the cognitive functions of attention and memory and the results of the study presents that there are evident aspects that demonstrate that the students keep the mental/sensory attention in the activity when they are interacting with the digital games, the same way they use the work memory, the processes of evocation and consolidation of permanent memory. It is presented as a result product of the search a didactic purpose of the use of the online digital games to the Math subject of the final years of the Elementary school.

Keywords: Learning Math. Digital Games. Neuroscience. Attention. Memory.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Anatomia do Sistema Nervoso .....	31
Figura 2 – Anatomia básica do neurônio .....	33
Figura 3 – Regiões do cérebro responsáveis pelo processamento de cada modalidade sensorial .....	36
Figura 4 – Etapas sequenciais dos sistemas de memória.....	47
Figura 5 – E2 em atividade com o Jogo Cobrador de Ônibus .....	65
Figura 6 – E1 e E2 em atividade com o Jogo Cobrador de Ônibus.....	66
Figura 7 – E5 e E6 em atividade com o Jogo Cobrador de Ônibus.....	66
Figura 8 – Nível 3 do Jogo Cobrador de Ônibus .....	71
Figura 9 – E3 em etapa de contagem de pontos do Jogo Sjoelbak .....	72
Figura 10 – E5 e E6 em atividade com o Jogo Sjoelbak .....	73
Figura 11 – Etapa do Jogo Space Race .....	74
Figura 12 – Classificação de E2 no Jogo Space Race.....	74
Figura 13 – Etapa do Jogo Batalha Matemática.....	75
Figura 14 – Níveis e Recordes do Jogo Batalha Matemática.....	76
Figura 15 – E5 e E6 em atividade com o Jogo Batalha Matemática .....	77
Figura 16 – Etapa de mudança de nível no Jogo Cobrador de Ônibus.....	78
Figura 17 – Regras do Jogo Sjoelbak .....	79
Figura 18 – Etapa do Jogo Batalha Matemática.....	79
Figura 19 – Identificação da nave dos jogadores no Jogo Space Race.....	80
Figura 20 – E4 em atividade com o Jogo Sjoelbak .....	82
Figura 21 – Quadro de valores das passagens do Jogo Cobrador de Ônibus.....	83
Figura 22 – Pontuação de E5 no Jogo Sjoelbak .....	85
Figura 23 – Pontuação de E6 no Jogo Sjoelbak .....	85
Figura 24 – E6 em atividade com o Jogo Space Race.....	87
Figura 25 – Classificação de E1 no Jogo Space Race.....	88
Figura 26 – E2 em atividade com o Jogo Cobrador de Ônibus.....	89
Figura 27 – Interface do Jogo Balança Lógica .....	92
Figura 28 – Interface do Jogo Slitherlink Classic.....	93
Figura 29 – Interface do Jogo Cubox .....	95
Figura 30 – Interface do Jogo Pin Cracker .....	96
Figura 31 – Interface do Jogo Numbles .....	97
Figura 32 – Interface do Jogo The Equator .....	98

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pesquisas realizadas na década 2007-2017 que abordam jogos digitais relacionados à aprendizagem .....	21
Quadro 2 – Jogo Cobrador de Ônibus .....	54
Quadro 3 – Jogo Space Race (Corrida Espacial) .....	55
Quadro 4 – Jogo Sjoelbak – (Bilhar Holandês) .....	56
Quadro 5 – Jogo Batalha Matemática.....	57
Quadro 6 – Desempenho de E2 no Jogo Cobrador de Ônibus.....	68
Quadro 7 – Pontuação de E5 e E6 no Jogo Cobrador de Ônibus .....	85
Quadro 8 – Pontuação de E3 e E4 no Jogo Cobrador de Ônibus .....	86
Quadro 9 – Desempenho de E6 no Jogo Space Race .....	87
Quadro 10 – Relação de jogos e conteúdos matemáticos explorados .....	92

## LISTA DE SIGLAS

FMRI – *Functional Magnetic Resonance Imaging* (Ressonância Magnética Funcional)

PPGPE – Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação

RS – Rio Grande do Sul

SN – Sistema Nervoso

SNC – Sistema Nervoso Central

SNP – Sistema Nervoso Periférico

TDIC – Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

UFFS – Universidade Federal da Fronteira Sul

URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	Dos caminhos que conduziram a pesquisa .....	14
1.2	Dos procedimentos da pesquisa.....	16
1.3	Da apresentação da pesquisa .....	17
<b>2</b>	<b>TECNOLOGIA DIGITAL NA EDUCAÇÃO ESCOLAR CONTEMPORÂNEA</b> .....	19
2.1	Pesquisas sobre os jogos digitais e a aprendizagem .....	20
2.2	Educação Matemática no contexto das tecnologias .....	23
2.3	Neurociências e enlaces com a Educação Contemporânea.....	25
<b>3</b>	<b>ASPECTOS HUMANOS FISIOLÓGICOS DA APRENDIZAGEM</b> .....	30
3.1	O cérebro.....	30
3.1.1	A estrutura do Sistema Nervoso .....	31
3.1.2	A estrutura dos neurônios e as conexões relacionadas à aprendizagem .....	33
<b>4</b>	<b>AS FUNÇÕES QUE INTEGRAM O SISTEMA COGNITIVO</b> .....	38
4.1	A aprendizagem .....	38
4.1.1	As funções cognitivas .....	39
4.2	A atenção e a memória.....	40
4.2.1	A atenção.....	40
4.2.2	A memória.....	46
<b>5</b>	<b>JOGOS DIGITAIS: COADJUVANTES NA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA</b> .....	51
5.1	Os jogos digitais da pesquisa .....	53
<b>6</b>	<b>PERCURSO DA PESQUISA</b> .....	59
6.1	A pesquisa em Educação Matemática na abordagem qualitativa .....	59
6.2	O contexto da pesquisa e os participantes.....	60
6.3	Procedimentos de coleta, organização e análise dos dados.....	62
<b>7</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS DA PESQUISA</b> .....	64
7.1	Aspectos evidentes de atenção na interação de estudantes com jogos digitais <i>online</i> de matemática .....	64
7.1.1	Aspectos ambientais.....	64
7.1.2	Aspectos emocionais.....	67
7.1.3	Aspectos do jogo .....	69
7.1.4	Aspectos corporais .....	76

7.1.5	Ideias conclusivas.....	78
<b>7.2</b>	<b>Aspectos evidentes de memória na interação de estudantes com jogos digitais <i>online</i> de matemática .....</b>	<b>81</b>
7.2.1	Aspectos característicos de memória de trabalho .....	82
7.2.2	Aspectos característicos de memória permanente .....	86
7.2.3	Ideias conclusivas.....	89
<b>7.3</b>	<b>O produto da pesquisa.....</b>	<b>91</b>
<b>7.4</b>	<b>Sugestões de jogos digitais <i>online</i> de matemática para os anos finais do Ensino Fundamental.....</b>	<b>92</b>
7.4.1	Jogo Balança Lógica .....	92
7.4.2	Jogo Slitherlink Classic.....	93
7.4.3	Jogo Cubox.....	95
7.4.4	Jogo Pin Cracker .....	96
7.4.5	Jogo Numbles.....	97
7.4.6	Jogo The Equator .....	98
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS .....</b>	<b>101</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>108</b>
	APÊNDICE A – Autorização da Diretora.....	109
	APÊNDICE B – Autorização da 15ª Coordenadoria Regional de Educação .....	110
	APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....	111
	APÊNDICE D – Termo de Assentimento .....	113

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Dos caminhos que conduziram a pesquisa

Desde as brincadeiras de criança, já almejava ser professora, iniciei os estudos para este fim cursando o Magistério na Escola Santa Teresinha, de Sananduva/RS, entre os anos de 1997 e 2000, ano em que realizei o estágio, que na época era do início do ano letivo até o período de férias de inverno, me identifiquei plenamente com a profissão, e a partir de então, os sonhos e desejos envolvendo a minha profissão só aumentaram.

Queria muito cursar o ensino superior, mas isto só foi possível financeiramente quando comecei a trabalhar, fui nomeada professora das séries iniciais no Estado do Rio Grande do Sul no dia oito de outubro de 2004, e em julho de 2006, dava início a mais uma etapa de meu futuro profissional: o curso de Licenciatura em Matemática na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI/Campus de Erechim/RS. Entre dificuldades e conquistas, a graduação foi concluída em fevereiro de 2009.

Em seguida, tive a oportunidade de avançar os estudos com a Pós-Graduação *Latu Sensu*, no mesmo ano, passei a cursar Especialização em Metodologias do Ensino da Matemática e Física, pela Portal Faculdades, de Passo Fundo/RS.

No ano de 2008, passei a trabalhar com a Matemática das séries finais do Ensino Fundamental, na qual me realizo imensamente até os dias de hoje.

Foi no período da graduação que as Tecnologias da Informação e Comunicação surgiram com mais ênfase nos meus estudos e, conseqüentemente, no meu trabalho, inicialmente com desafios e certas dificuldades, mas cada vez mais aumentando a motivação pelas tecnologias, principalmente as relacionadas à Educação Matemática.

Profissionalmente estável e realizada, com a família formada, mas aquela inquietação por estudar, inovar, continuava palpitando nos meus desejos e eis que estava ali mais um passo das minhas conquistas, no mês de julho 2015 obtive a aprovação para ingressar no Programa de Pós-Graduação Profissional em

Educação da Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS/Campus Erechim, novamente muitos desafios, dificuldades e realizações em cada uma das etapas.

E a pesquisa? Ah, a pesquisa me deixou muito feliz, contemplaria assuntos que me estimulam: a educação matemática, as tecnologias e, como não poderia faltar um novo desafio, a Neurociência.

O trabalho diário com adolescentes me levou a constatação de que esses estudantes estão imersos em conteúdos das TDIC, que usam a Internet para manter contatos sociais, de amizade, de relacionamento, bem como para criar novos laços com pessoas ou grupos de mesmo interesse, que buscam respostas às suas curiosidades, que pesquisam, mas que, essencialmente, aprendem e produzem conhecimento dessa forma.

Prensky (2001, p. 1), no início do século XXI chamava a atenção para o fato de que a rápida difusão da tecnologia digital estava repercutindo na educação escolar, dizia que: “Nossos alunos mudaram radicalmente. Os alunos de hoje não são os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi criado”.

O autor apresenta, na publicação *Digital Natives, Digital Immigrants Part 1*, (2011, p. 1- 2), a metáfora de que esses novos alunos, os nativos digitais<sup>1</sup>, são todos “falantes nativos” da linguagem digital dos computadores, games e Internet, enquanto que os imigrantes digitais<sup>2</sup> tem um certo grau de “sotaque”, ou seja, em processo de aprendizagem dessa nova linguagem.

Tanto nativos quanto imigrantes digitais estão hoje interagindo nos espaços escolares, o que torna necessário procurar convergências no modo como utilizam tais tecnologias.

Diante disso, dirigi meu olhar para o que tem sido pesquisado e o que há de inovação no uso de TDIC na educação escolar e, a partir de observações feitas nas minhas próprias aulas, observei que os jogos digitais *online* podem ser uma rica possibilidade no âmbito da aprendizagem matemática.

Para tanto, busquei também os estudos da Neurociência, com finalidade de conhecer o caminho da aprendizagem através do Sistema Nervoso, a fisiologia do cérebro e o funcionamento do sistema cognitivo humano. Nesta área de estudo, o

---

<sup>1</sup> Expressão que denomina os jovens que nasceram nas últimas décadas e representam as primeiras gerações que viverão toda a sua vida cercados de ferramentas digitais (PRENSKY, 2001, p. 1).

<sup>2</sup> Expressão que denomina aqueles que não nasceram no mundo digital, mas que em alguma época de sua vida precisaram adaptar-se (PRENSKY, 2001, p. 2).

foco foi direcionado às funções cognitivas de atenção e memória que podem ser potencializadas na interação com jogos digitais *online*.

Desta forma, delineou-se a pesquisa com a intenção buscar esclarecimentos para a questão: quais aspectos de atenção e memória se manifestam na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática?

Apresentam-se por meio desta pesquisa considerações acerca do tema com o intuito de trazer subsídios que consolidem esta tríade “Jogos Digitais – Aprendizagem Matemática – Neurociência”, como recurso orientador para professores e demais atraídos pela educação no contexto da era digital.

## **1.2 Dos procedimentos da pesquisa**

A meta desta pesquisa volta-se para o estudo das funções cognitivas de atenção e memória de estudantes em interação com jogos digitais *online* de matemática, para tanto, houve a necessidade de buscar conhecimentos da área das Neurociências ao que diz respeito de como esses processos acontecem no cérebro humano.

Trata-se de uma pesquisa empírica com abordagem qualitativa, uma vez que “pesquisas em Educação Matemática realizadas segundo a abordagem qualitativa nos fornecem informações mais descritivas, que primam pelo significado dado às ações” (BORBA; ARAÚJO, 2013, p.24).

A coleta de dados ocorreu a partir de oficinas no laboratório de informática de uma Escola Estadual de Ensino Fundamental do município de Sananduva/RS no mês de março de 2017 e contou com a participação de estudantes dos anos finais desta etapa de ensino. As mesmas foram filmadas com o intuito de “registrar os argumentos discursivos e também formas não verbais” (POWEL; SILVA, 2015, p. 28).

Isto pôde ser evidenciado ao longo das descrições das sessões filmadas, que além da linguagem, incluem expressões corporais e o próprio silêncio em alguns momentos, para Flick (2009, p. 184), esta transcrição é uma etapa necessária para a interpretação de dados registrados por meios técnicos, porém não deve dominar o processo de pesquisa com exatidão em demasia, o que justifica considerar também anotações e demais observações realizadas no decorrer das atividades.

Tais atividades foram desenvolvidas sempre em duplas, com o propósito de haver a interatividade estudante-computador ao mesmo tempo em que estudante-estudante e estudante-pesquisadora.

Inicialmente foi apresentado para cada dupla de estudantes a interface do jogo e os principais comandos, de modo que eles pudessem também explorar as demais possibilidades por meio da experimentação e do diálogo. Este procedimento foi adotado em cada um dos jogos selecionados para a pesquisa<sup>3</sup>.

O tempo de cada atividade, ou seja, da coleta de dados, variou em relação aos níveis de avanço de fases do jogo e a própria interlocução entre os estudantes.

Na etapa de sistematização, através da seleção e codificação (MARCONI; LAKATOS, 2010, p.166-167); após o exame minucioso dos dados, sistematizou-se na organização em duas categorias: aspectos evidentes de atenção na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática; e, aspectos evidentes de memória na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática.

A partir disto, efetivou-se a busca de esclarecimentos e respostas à indagação da pesquisa com base nos dados coletados, na bibliografia e no referencial construído posto que “a importância dos dados não estão neles mesmos, mas no fato de proporcionarem respostas às investigações” (MARCONI; LAKATOS, 2007, p. 21).

Esta pesquisa configura-se numa relação entre aprendizes, ao criar oportunidades de saberes para pesquisadora, participantes e leitores, dado o que Scheffer (2002, p.78) define como essencial em uma pesquisa: interesse, respeito, compreensão e simpatia pelos pesquisados, flexibilidade e criatividade por parte do pesquisador e sensibilidade para discernir o momento de interferir do momento de apenas observar.

### **1.3 Da apresentação da pesquisa**

Esta pesquisa é apresentada no texto da dissertação organizado da seguinte forma:

---

<sup>3</sup> Os jogos selecionados são descritos no Capítulo 5.

O primeiro capítulo traz esta introdução, considerando a trajetória profissional e os procedimentos e características da pesquisa.

O segundo capítulo traz um panorama das tecnologias digitais na educação escolar contemporânea, as áreas de estudo em pesquisas, bem como da Educação Matemática e alguns enlaces com a Neurociência.

No terceiro capítulo, descrevem-se os aspectos humanos fisiológicos da aprendizagem, trata-se de forma especial o Sistema Nervoso e o órgão fundamental que define as particularidades do ser humano: o cérebro; também são apontadas a estrutura dos neurônios e conexões relacionadas à aprendizagem.

No quarto capítulo destacam-se as funções que integram o sistema cognitivo, em especial as funções cognitivas da atenção e da memória.

No quinto capítulo dá-se ênfase à aprendizagem alicerçada em jogos digitais e correlações com a Educação Matemática, apresentando os jogos utilizados no processo de coleta de dados da pesquisa.

O sexto capítulo descreve os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, o contexto e os participantes.

O sétimo capítulo apresenta os dados e resultados a partir de unidades significativas da pesquisa por meio das categorias:

1. Aspectos evidentes de atenção na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática;
2. Aspectos evidentes de memória na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática.

Também se apresenta neste capítulo o produto da pesquisa: jogos digitais *online* para explorar a matemática nos anos finais do Ensino Fundamental.

E, por fim, no oitavo capítulo, as considerações finais decorrentes da análise de dados, dos resultados e da conclusão deste estudo.

## 2 TECNOLOGIA DIGITAL NA EDUCAÇÃO ESCOLAR CONTEMPORÂNEA

No contexto em que vivemos, a tecnologia está presente na maioria dos espaços e a todo o momento, seja no trabalho ou na vida pessoal, faz-se necessário ponderar e aprender a lidar com ela, aproveitar seus benefícios e driblar seus riscos.

Na escola, pela razão de ser o espaço de trocas e constituição de saberes, valores e atitudes que culminam no exercício da cidadania, não pode ser diferente. A tecnologia está em rápida mutação e não é possível diminuir a velocidade das mudanças, nem fazer com que retrocedam no campo da educação, pois, estas são consequências automáticas da geração de estudantes nascidos na era digital.

A insegurança com relação ao uso das TIC é a maior ameaça enfrentada neste panorama, principalmente por pais e professores que se encontram na linha de frente e têm papel importante a desempenhar na educação dos jovens. Palfrey e Gasser (2011, p. 20-21) sugerem aos pais e professores que em vez de banir as tecnologias ou deixar que os jovens façam uso delas trancados em seus quartos, busquem soluções criativas nestas relações, permitindo que os nativos digitais sejam interlocutores e guias nesta maneira conectada de ser.

Prensky (2012, p. 34) também considera que, os professores e alunos de hoje vivem em um mundo totalmente diferente: “são tão diferentes na abordagem, na visão de mundo, no estilo e nas necessidades, que mal conseguem se comunicar”. É ainda mais enfático quando diz que “o resultado é um desastre” justificado pela existência de um choque abrupto entre professores criados em uma geração pré-digital, educados nos estilos do passado, e aprendizes criados no mundo digital.

Nesse sentido, a educação é vista como a melhor maneira de ajudar os nativos digitais a lidar com a tecnologia, com a sobrecarga de informações e entretenimentos, bem como a construção de sua própria identidade. Além de aprender a dominar as ferramentas digitais, os jovens precisam ser conscientizados quanto aos benefícios e riscos envolvidos nesta prática.

Professores e estudantes não podem estar em descompasso, algumas das habilidades ensinadas no passado são muito pertinentes, mas a pedagogia do sistema educacional carece de ser atualizada no panorama digital, para isso o debate do dia a dia, as leituras e os próprios experimentos e pesquisas vão ajudar a desvelar os melhores caminhos.



## 2.1 Pesquisas sobre os jogos digitais e a aprendizagem

A influência das mídias digitais no que tange a informação e o conhecimento aumenta a cada dia, exigindo-nos refletir sobre o que se espera da tecnologia como recurso pedagógico eficaz no processo de ensino e aprendizagem.

Este fato destaca que, os jogos digitais constituem-se em uma das ferramentas educativas capazes de proporcionar um ambiente motivador e desafiador, fazendo com que o estudante se sensibilize a construção de seu conhecimento.

Prensky, há seis anos já mencionava que a aprendizagem baseada em jogos digitais seria considerada uma forma de aprender bastante comum em pouco tempo pelos seguintes motivos:

1. A aprendizagem baseada em jogos digitais está de acordo com as necessidades e os estilos de aprendizagem da geração atual e das futuras gerações.
2. A aprendizagem baseada em jogos digitais motiva porque é divertida.
3. A aprendizagem baseada em jogos digitais é incrivelmente versátil, passível de ser adaptada a quase todas as disciplinas, informações ou habilidades a serem aprendidas e, quando usada de forma correta, é extremamente eficaz (PRENSKY, 2011, p. 23).

Ou seja, para o autor, a aprendizagem baseada em jogos digitais situa a educação em seu espaço e tempo, atribui como condição necessária à motivação e a eficiência da educação desta geração.

No que se refere aos estilos de aprendizagem citados pelo autor, é coerente também ponderar Scheffer (2015, p. 279) quando diz que “utilizar os diferentes avanços tecnológicos disponíveis para mudar o sentido da formação e abarcar processos e procedimentos que atendam as pessoas, nas suas diferenças, necessidades e especificidades” é inerente ao contexto social e educacional atual.

O que evidencia a importância de se efetivarem mais pesquisas relacionadas a tecnologias associadas à aprendizagem, bem como a divulgação destas produções científicas de modo a auxiliar o professor, coadjuvante nesse processo.

Nesta pesquisa, com o intuito de investigar elaborações acadêmicas que relacionam os jogos digitais com a aprendizagem, apresenta-se a seguir produções

publicadas na última década no site da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações<sup>4</sup>.

A investigação inicial foi mediante o descritor “jogos digitais”, a página apresentou um total de 422 arquivos, todavia o site oferece sugestões de tópicos para refinar a pesquisa inicial, assim, foram selecionados os filtros: “Ano de Publicação: 2007 – 2017” e “Assunto: Aprendizagem” e a página apresentou 12 arquivos, sendo 10 dissertações (D) e 2 teses (T) conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Pesquisas realizadas na década 2007-2017 que abordam jogos digitais relacionados à aprendizagem

Título	Autor principal	Publicação	Grau
Jogos digitais educacionais destinados ao intercâmbio social, cultural e econômico: rompendo barreiras territoriais	OLIVEIRA, Fabiana Martins de	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, (PUC), 2015	D
Business game, uma contribuição para a aprendizagem no mundo corporativo	DOMINGOS, Mateus Filipe	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, (PUC), 2015	D
O jogo em jogo: a contribuição dos games no processo de aprendizagem dos estudantes do ensino fundamental	SOUSA, Carla Alexandre Barboza de	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2015	D
Jogos digitais no ensino de matemática: o desenvolvimento de um instrumento de apoio ao diagnóstico das concepções dos alunos sobre diferentes representações dos números	MAZIVIERO, Hélio Fernando Gomes	Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2014	D
Desenvolvimento de um novo objeto de aprendizagem para o ensino de probabilidade no ensino médio	GONÇALVES, Felipe Albuquerque	Universidade Estadual da Paraíba, 2014	D
Análise de jogos digitais infantis para o ensino e aprendizagem de história das artes	VIEIRA, Izana Weber	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC), 2014	D
Interpretando "mundos": jogos digitais & aprendizagem histórica	SANTOS, Bergston Luan	Universidade Federal de Uberlândia, 2014	D
Modelo conceitual para criação, aplicação e avaliação de jogos educativos digitais	JAPPUR, Rafael Feyh	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2014	T
Games e educação: potência de aprendizagem em nativos digitais	ABREU, Pedro Henrique Benevides de	Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2012	D
Ambientes tecnológicos lúdicos de autoria (ATLA): espaços de criação e experimentação para o aprendizado	PINTO, Ivete Martins	Universidade Federal do Rio Grande (FURG), 2012	T
Futebol, tecnologia e aprendizagem: corpo, performance e criatividade	FERREIRA, Almir de Oliveira	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC), 2010	D
Jogando e aprendendo: um paralelo entre videogames e habilidades cognitivas	KASHIWAKURA, Eduardo Yukio	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, (PUC) 2008	D

Fonte: Acervo da autora

<sup>4</sup> Interface desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibicit) com objetivo de reunir teses e dissertações defendidas no Brasil em um único portal de busca. Disponível em: <<http://bdtd.ibicit.br/vufind/>>. Acesso em 29 mai. 2017

Posteriormente, buscaram-se pontos convergentes com esta pesquisa, para apresentar um panorama desta última década acerca dos jogos digitais relacionados à aprendizagem.

Entre os pontos convergentes, a busca colocou em destaque os quatro enfoques que seguem:

- Interação de estudantes do Ensino Fundamental com jogos digitais;
- A matemática como área de estudo;
- Estudos da Neurociência Cognitiva;
- Funções Cognitivas de Atenção e Memória.

Destes critérios, verificou-se que 3 pesquisas foram desenvolvidas com estudantes do Ensino Fundamental em atividade com jogos digitais; 2 pesquisas contemplaram a Matemática como área de estudo; 1 pesquisa analisou os aspectos de Atenção e Memória e nenhuma pesquisa apresenta a abordagem específica da Neurociência Cognitiva.

A partir desta busca, constatou-se que, embora haja pesquisas com enfoques semelhantes, esta dissertação marca seu diferencial ao apresentar proposta para ensino e aprendizagem matemática com jogos digitais *online* voltadas às séries finais do Ensino Fundamental, tendo em vista a abordagem neurocientífica das funções cognitivas de atenção e memória.

Também vale destacar que, os outros enfoques de pesquisa que permeiam análises de jogos digitais, games, videogames, softwares, ambientes tecnológicos ou plataformas, por meio de catalogação e/ou desenvolvimento de material didático na forma de game, jogo digital e objeto de aprendizagem e/ou na aplicação desses recursos nos diversos níveis de ensino, inclusive de curso superior, nas áreas de Arte, História, Engenharia e Ciências, permitiram ampliar conhecimentos a partir dos temas estudados por estes autores.

Esta análise foi importante pela variedade de conceitos e experiências conduzidas pelos pesquisadores, tornando possível identificar o processo sistemático do desenvolvimento de conhecimento em diversas áreas tendo os jogos digitais como subsídio.

Outra consideração em destaque diante desta investigação é que, de um total de 12 trabalhos, 6 foram desenvolvidos em Programas de Pós-Graduação em Educação e 6 foram desenvolvidos em Programas de Pós-Graduação em

Engenharia/Tecnologia/Design Digital, isto nos levar a considerar que as duas áreas de pesquisa, Educação e Ciência da Tecnologia, realizaram estudos com relação aos jogos digitais, assim sendo, poderiam estar em conjunto no desenvolvimento de recursos inovadores, expandindo, por exemplo, o número de jogos digitais que atendam os mais diversos conteúdos e disciplinas.

Assim, as pesquisas de desenvolvimento de produtos, como os jogos educativos *online*, e as pesquisas de caráter pedagógico do uso de tais recursos vêm contribuir significativamente na educação escolar em tempos de entretenimento digital interativo.

## **2.2 Educação Matemática no contexto das tecnologias**

As tecnologias trouxeram consigo mudanças significativas no ensino. Pais (2005, p. 23), diante dessa constatação, pressupôs uma nova competência pedagógica, que leva profissionais da educação à pesquisa, uma vez que surge a necessidade da estruturação dos objetivos, metodologias e conteúdos apropriados ao novo instrumento.

Percebe-se que ao tratar das inovações tecnológicas na educação também se torna necessário a reflexão das práticas e metodologias utilizadas nas relações de ensinar e aprender.

Segundo Simões e Nogaro (2016, p. 120), as mudanças educativas não determinam o desaparecimento de metodologias tradicionalmente eficazes, mas vem contribuir de modo a enriquecê-las, com mais significado.

No que se refere à Matemática, Borba; Silva e Gadanidis (2014, p. 17-18) constata que a inovação tecnológica permitiu a exploração e o surgimento de outros cenários para o ensino e a aprendizagem da disciplina.

Segundo os autores, observa-se que as instituições de ensino e os professores estão ampliando o uso de TDIC para oferecer mídias interativas que possam enriquecer as aulas, o que têm motivado os estudantes à aprendizagem.

Vale considerar que, cada vez mais, a tecnologia tem sido útil como recurso educativo, despertando a sensibilidade dos professores quanto à existência de diferentes representações que favorecem a análise dos procedimentos de resolução, conceitos e estratégias desenvolvidas pelos estudantes (SCHEFFER, 2017, p. 37).

De acordo com a autora, as TDIC vieram a somar na disciplina de Matemática, enriqueceram muito os processos de ensinar e de aprender, pois uma demonstração estática, escrita no papel, pode ganhar vida e movimento através de um software dinâmico ou um aplicativo, por exemplo, tornando a aprendizagem ainda mais significativa.

Gravina e Basso (2012, p. 13) trazem para reflexão o quanto a rotina de nossas vidas tem se organizado em função das facilidades tecnológicas que temos à disposição, e também declara importante a presença da tecnologia digital na Educação Matemática:

[...] a tecnologia digital coloca à nossa disposição diferentes ferramentas interativas que descortinam na tela do computador objetos dinâmicos e manipuláveis. E isso vem mostrando interessantes reflexos nas pesquisas em Educação Matemática, especialmente naquelas que têm foco nos imbricados processos de aprendizagem e de desenvolvimento cognitivo nos quais aspectos individuais e sociais se fazem presentes (GRAVINA; BASSO, 2012, p.13).

A autora destaca o potencial educativo que as tecnologias digitais representam no ensino da Matemática, pois constitui uma opção pedagógica contemporânea à medida que evidencia a tendência de aproximar os saberes científicos dos conteúdos escolares com os saberes do cotidiano.

Entre outros elementos importantes para a Educação Matemática nesta demanda, encontra-se o processo de desenvolvimento de espaços de aprendizagem digital cooperativos: as redes sociais, que, para Basso et. al. (2013, p. 136) “estão cada vez mais presentes na vida escolar de qualquer estudante, seja como forma de entretenimento, como forma de comunicação ou até mesmo de pesquisa”.

Nesta perspectiva, as tecnologias digitais *online* também permitem que ocorra uma nova forma de aprender Matemática, cooperativamente, através da comunicação, da interação e do trabalho colaborativo em espaços além de sala de aula.

A tecnologia, portanto, não dissocia os processos de ensinar e de aprender, a cada nova pesquisa, a cada novo desafio, a cada novo olhar pedagógico em direção aos horizontes das descobertas, a Matemática vai se tornando uma área intuitiva, prazerosa e significativa.

E, para compreender aspectos inerentes ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes nesta disciplina, os estudos da Neurociência têm sido considerados

pelos pesquisadores em educação, como por exemplo, esta pesquisa, que aborda os jogos digitais e as funções de atenção e memória. Isto amplia possibilidades de uma prática educativa que contempla potencialidades, mas que também proporciona avanços em possíveis limitações, objetivando a aprendizagem plena (SILVA; SCHEFFER, 2016, p. 846).

E o futuro ainda nos surpreenderá, nenhum conhecimento está acabado, pois a educação caracteriza-se por alternâncias entre construir, desconstruir e reconstruir, no coletivo, em cada lugar, em cada tempo e em cada nova pesquisa.

### **2.3 Neurociências e enlaces com a Educação Contemporânea**

Refletir a respeito da estrutura cognitiva humana, a primeira vista nos impõe um desafio, Herculano-Houzel (2009)<sup>5</sup> nos deixa mais confortáveis para tratar do assunto ao afirmar que a Neurociência, nos apresenta tantas informações sobre como o cérebro funciona e como este funcionamento faz de nós o que somos, pensamos, sentimos ou lembramos que não precisamos ser neurocientistas ou entender em detalhes o cérebro para apreciar a vida.

Neste sentido, torna-se importante que a pesquisa científica a respeito da cognição do ser humano seja também desenvolvida na área da Educação, pois, quando falamos em memória, linguagem, aprendizado, não se trata apenas de estudos de laboratório, mas abrange a escola, os profissionais da educação e seus processos pedagógicos, e a própria vida, por considerar o ser humano como aprendiz por natureza.

As pesquisas em Neurociências têm contribuído para o conhecimento detalhado de como se caracteriza o cérebro e o seu funcionamento, o que pode colaborar no trabalho pedagógico, pois ao conceber as funções cognitivas será possível compreender mais detalhadamente as etapas da aprendizagem (SILVA; SCHEFFER, 2016, p. 8).

Bartoszeck (2006, p. 3) observa uma postura otimista dos pesquisadores em educação, considera o fato de que as descobertas em Neurociências contribuam

---

<sup>5</sup> As citações de Suzana Herculano-Houzel (2009) são pronunciadas em vídeo e, portanto, não apresentam número de página.

para a teoria e práticas educacionais, pois é no cotidiano escolar que se estabelecem grande parte das relações de aprendizagem.

Este caráter, de efetivar propostas que respeitem os fatores biológicos de desenvolvimento do ser humano com relação à aprendizagem, é desafiador diante da multiplicidade de recursos e metodologias na discussão de novas informações.

O estudo científico do Sistema Nervoso a partir de pesquisas amparadas pelas Neurociências tem contribuído à compreensão de vários aspectos da aprendizagem e do comportamento humano, e constantemente têm sido direcionadas ao campo educacional.

Para aproximar os estudos neurocientíficos da proposta desta pesquisa, inicialmente faz-se necessário apresentar algumas definições básicas, esclarecidas a seguir.

Na busca de definição para o termo Neurociências, este, claramente, reúne áreas do conhecimento que estudam o Sistema Nervoso. Dessa forma, assumem o propósito de descrever e explicar mecanismos neurais que desempenham qualquer ato cognitivo, perceptivo ou motor, considerando que para compreender o cérebro é necessário conhecer tanto a sua estrutura quanto o seu desempenho.

A definição de Cosenza e Guerra (2011, p. 142) destaca que:

As neurociências estudam os neurônios e suas moléculas constituintes, os órgãos do sistema nervosos e suas funções específicas, e também as funções cognitivas e o comportamento que são resultantes da atividade dessas estruturas (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 142).

Para estes autores, além da anatomia do SN e funções específicas, as Neurociências abrangem os estudos das funções cognitivas e do modo como o ser humano responde em relação aos estímulos.

Por conseguinte, Bartoszeck (2006, p. 1) define como ciência dos neurônios, área de conhecimento recente que integra neurologia, psicologia e biologia a fim de esclarecer como funciona o SN.

É uma área recente que tem tido muito destaque nos últimos anos. De acordo com Bear, Connors e Paradiso (2002, p. 3), a evolução das Neurociências ocorreu quando os cientistas perceberam que a melhor abordagem vinha da interdisciplinaridade, ou seja, quando há a combinação das concepções tradicionais para produzir uma nova perspectiva.

No sentido desta ampla visão, o termo Neurociências, no plural, considera, segundo Lent (2010, p. 6), cinco grandes disciplinas neurocientíficas:

- A Neurociência molecular tem como objeto de estudo as moléculas, o estágio mais elementar do funcionamento do cérebro, que permitem aos neurônios comunicar-se entre si. Pode ser também chamada de Neuroquímica ou Neurobiologia molecular.
- A Neurociência celular aborda as células que formam o Sistema Nervoso, sua estrutura e sua função. Pode ser chamada também de Neurocitologia ou Neurobiologia celular.
- A Neurociência sistêmica considera populações de células nervosas situadas em diversas regiões do Sistema Nervoso, que constituem sistemas funcionais como o visual, o auditivo e o motor. Quando apresenta uma abordagem mais morfológica é chamada Neuro-histologia ou Neuroanatomia, e quando lida com aspectos funcionais é chamada Neurofisiologia.
- A Neurociência comportamental dedica-se a estudar as estruturas neurais que produzem comportamentos e outros fenômenos psicológicos como o sono, os comportamentos sexuais, emocionais e muitos outros. É, às vezes, conhecida também como Psicofisiologia ou Psicobiologia.
- A Neurociência cognitiva é a que trata das capacidades mentais mais complexas, geralmente típicas do ser humano, como a linguagem, a autoconsciência e a memória. Pode ser também chamada de Neuropsicologia.

Nota-se que as áreas são diferenciadas pelo objeto de estudo, mas não há delimitações nítidas, pois sempre que tentamos compreender o funcionamento do SN perpassamos caminhos entre elas.

Nas últimas décadas, Kandel (2014, p. 25) considera que os avanços tecnológicos abriram caminho para o estudo científico do encéfalo. Novas técnicas de imagem permitem hoje a visualização do encéfalo humano em ação, o que torna possível identificar regiões específicas associadas a determinados modos de pensamento e de sentimento, assim como, de padrões de interconexões.

No que se refere ao estudo dos meios que conduzem à aprendizagem, de como se adquire conhecimento é que a Neurociência Cognitiva converge com a Educação, de acordo com Bartoszeck:



[...] a neurociência oferece um grande potencial para nortear a pesquisa educacional e futura aplicação em sala de aula. Pouco se publicou para a análise retrospectiva. Contudo, faz-se necessário construir pontes entre a neurociência e a prática educacional. Há forte indicação de que a neurociência cognitiva está bem colocada para fazer esta ligação de saberes (BARTOSZECK, 2006, p.04).

A Neurociência, por meio do aperfeiçoamento das técnicas de neuroimagem das últimas décadas, possibilitou grande progresso na compreensão da cognição humana, contudo as mudanças neurobiológicas não são as únicas a fundamentar os processos que levam à aprendizagem.

As Neurociências são ciências naturais que estudam princípios que descrevem a estrutura e o funcionamento neurais, buscando a compreensão dos fenômenos estudados. A educação tem outra natureza e finalidades, como a criação de condições para o desenvolvimento de competências pelo aprendiz em um contexto particular. Ela não é regulada pelas leis físicas ou biológicas, mas também por aspectos humanos que incluem, entre outras, a sala de aula, a dinâmica do processo ensino e aprendizagem, a família, a comunidade e as políticas públicas (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 143).

É nesse sentido que a Neurociência compactua com a Educação, pois desvendar os mistérios que envolvem os processos pelos quais o cérebro recebe, processa, organiza, armazena ou descarta as informações é campo de pesquisa dos cientistas, mas a conexão com os enlaces pedagógicos vai acontecer na escola. Assim, a evolução dos estudos neurocientíficos na procura da compreensão da mente humana, por si só, não representa uma extraordinária revolução no fazer pedagógico dos educadores, mas é necessária para a conscientização de que estes conhecimentos são úteis para quem educa as gerações do século XXI (NOGARO, 2012, p. 3).

Decorrente do avanço das tecnologias deste novo tempo, os educadores: pais, responsáveis ou professores, buscam compreender suas crianças e jovens, pois pensam, agem e se relacionam totalmente diferente deles quando tinham a mesma idade. Segundo Palfrey e Gasser (2011, p. 11), estamos diante da primeira geração de Nativos Digitais, estudantes que nasceram depois de 1980, quando as tecnologias digitais chegaram *online*. São crianças e jovens que começaram a aprender já na linguagem digital, têm tendência para as multitarefas, utilizam as TDIC para ter acesso, usar as informações e criar novo conhecimento e novas

formas de arte e, muito mais que isso, se expressam e se relacionam um com o outro de maneiras mediadas pelas tecnologias digitais.

As mudanças que vêm acontecendo nestas últimas décadas não são todas boas, mas serão duradouras, os Nativos Digitais serão os responsáveis por mover os mercados e transformar as indústrias, a educação e a política global (PARFLEY; GASSER, 2011, p.16-17).

Pensar a escola como espaço de socialização de conhecimento em tempos de saturação de tecnologias digitais é pensar nestes estudantes que, por serem a primeira geração que viverá toda a sua vida na era digital, representarão mudanças profundas nas próximas décadas. O medo que pais e professores têm enfrentado com relação às barreiras de linguagem e culturais é motivo de preocupação na medida que estes é que detém a responsabilidade de orientar, amparar e educar as crianças e jovens nas decisões que estão tomando.

E, de acordo com os autores, sempre paira no ar o questionamento “qual é o papel da escola?”, talvez o ponto de vista em relação às mudanças é a grande sacada:

Os Nativos Digitais tem todo o potencial e a capacidade para impulsionar muito mais a sociedade, de um sem número de maneiras – se deixarmos. Mas não se engane: estamos em uma encruzilhada. Há dois caminhos possíveis diante de nós: um em que destruimos o que é ótimo na internet e na maneira como os jovens a utilizam, e outro em que fazemos escolhas inteligentes e nos encaminhamos para um futuro brilhante em uma era digital. As apostas das nossas ações de hoje são muito altas (PARFLEY, GASSER, 2011, p. 17).

Por essa razão, as rápidas mudanças têm exigido dos profissionais da educação uma visão mais ampla acerca de todas as áreas, inclusive o estudo do cérebro na sua configuração de unidade fundamental do ser humano. Segundo Silva e Scheffer (2016, p. 8), as pesquisas em Neurociências têm contribuído para o conhecimento detalhado de como se caracteriza o cérebro e o seu funcionamento, o que pode colaborar no trabalho pedagógico, pois ao conceber as funções cognitivas será possível compreender mais detalhadamente as etapas da aprendizagem.

### **3 ASPECTOS HUMANOS FISIOLÓGICOS DA APRENDIZAGEM**

A aprendizagem é sempre o centro das ações e das pesquisas de caráter educacional, porém sua definição passa por diferentes abordagens. Neste capítulo, a aprendizagem é tratada nos seus aspectos fisiológicos, caracteriza-se o Cérebro, o caminho das informações através do Sistema Nervoso e o fantástico trabalho dos Neurônios.

#### **3.1 O cérebro**

Todas as experiências humanas estão registradas no cérebro e é isso que faz com que possamos sobreviver, interagir com o meio e produzir respostas apropriadas aos estímulos. Embora tenhamos um padrão de vias motoras e sensoriais, não existe um cérebro igual a outro!

De acordo com Cosenza e Guerra (2011, p. 32), o sistema nervoso humano inicia seu desenvolvimento nas primeiras semanas de vida embrionária e no período uterino o feto já conta com uma série de reflexos e de movimentos que é capaz de executar. Ao nascer, a criança já carrega um conjunto de circuitos neuronais em pleno desenvolvimento, fundamentais para que se estabeleçam todas as funções que está por desempenhar. O que vai moldá-la é a formação de ligações sinápticas entre os neurônios estabelecendo os primeiros circuitos e muito deste desenvolvimento irá se construir mediante interações com o meio. Um exemplo disto é a visão, o recém-nato já é capaz de enxergar, mas o que vê é apenas um esboço do será capaz de ver em um tempo muito breve, aprenderá estimulado pelo ambiente, fortalecendo circuitos neuronais já existentes e formando novas sinapses.

Os primeiros anos de vida se caracterizam por uma intensa atividade evolutiva do cérebro, desde os primeiros meses há muito o que se aprender, e são aprendizagens complexas: comer, andar, falar e compreender a linguagem, reconhecer os seus, portanto, é nesta fase que os estímulos precisam ser bem orientados. No entanto, vale lembrar que somos aprendizes por toda a vida, o cérebro adulto não tem a mesma facilidade de reorganização de que um cérebro jovem, mas a eficácia de aprendizagem é mantida graças à plasticidade, a capacidade humana de remodelar as conexões neuronais.

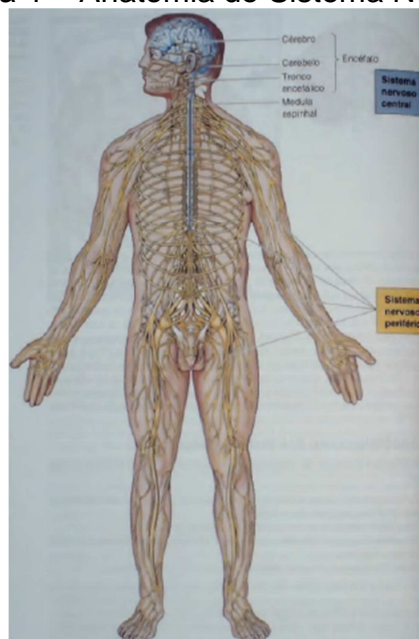
Izquierdo (2010, p. 59) denomina a plasticidade como “o conjunto de processos fisiológicos, em nível celular e molecular, que explica a capacidade das células nervosas de mudar suas respostas a determinados estímulos como função da experiência”, e segundo Cosenza e Guerra (2011, p. 36), é “no fazer e no desfazer das associações entre as células nervosas que a aprendizagem acontece”. E, entre tais caminhos das aprendizagens humanas está a própria curiosidade de como o cérebro funciona, uma interrogação que desafia um tanto de pesquisadores. Inicialmente, é preciso conhecer a anatomia deste fantástico sistema para entender a organização harmônica da aprendizagem, da própria vida.

### 3.1.1 A estrutura do Sistema Nervoso

A estrutura fundamental do Sistema Nervoso, de acordo com Bear, Connors e Paradiso (2002, p.164), é composta pelo encéfalo, a medula espinhal e os nervos, sendo que a anatomia básica deste sistema é definida por duas divisões: o Sistema Nervoso Central (SNC) e o Sistema Nervoso Periférico (SNP).

Segundo os autores, o SNC é formado pelo encéfalo - que compreende o cérebro, o cerebelo e o tronco encefálico - e pela medula espinhal. Consiste de nervos e células nervosas que se localizam fora do encéfalo e da medula espinhal, distribuídas pela extensão de todo o corpo humano (Figura 1).

Figura 1 – Anatomia do Sistema Nervoso



Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2002, p. 8)

Para um melhor entendimento, os autores destacam que no SNP estão as fibras nervosas que desempenham a função tanto de enviar os sinais dos receptores sensoriais (olfato, paladar, visão, audição e tato)<sup>6</sup> ao SNC, quanto a função de enviar os sinais de volta do SNC aos músculos e glândulas. Assim, o SNC é o responsável por receber e processar tais informações e pela capacidade adaptativa modifica sua organização estrutural permitindo resposta a cada nova experiência. Dessa forma,

[...] a capacidade de adaptação do Sistema Nervoso, especialmente a dos neurônios, às mudanças nas condições do ambiente que ocorrem no dia a dia da vida dos indivíduos, chama-se *neuroplasticidade*, ou simplesmente plasticidade, um conceito amplo que se estende desde a resposta a lesões traumáticas destrutivas, até as sutis alterações resultantes dos processos de aprendizagem e memória. Toda vez que alguma forma de energia proveniente do ambiente de algum modo incide sobre o Sistema Nervoso, deixa nele alguma marca, isto é, modifica-o de alguma maneira. E como isso ocorre em todos os momentos da vida, a neuroplasticidade é uma característica marcante e constante da função neural (LENT, 2010, p. 149).

A partir disso, pode-se dizer que é a neuroplasticidade, portanto, que nos permite sermos aprendizes por toda a vida, fazendo e desfazendo associações entre as células nervosas é que a aprendizagem acontece.

Segundo Cosenza e Guerra (2011, p. 36), o SN se modifica durante toda a vida, mas dois momentos são particularmente importantes ao longo do seu desenvolvimento: o período em torno da época do nascimento e o período da adolescência. De acordo com os autores, do nascer ao primeiro ano de vida, a criança terá duplicado a massa cerebral e, considerando que não ocorre formação de novas células nervosas nesse período, esse crescimento é praticamente todo devido à formação de novas ligações, os bebês têm uma intensa atividade de aprendizagem, precisam reconhecer pessoas e o mundo que os cerca, a linguagem e a comunicação, aprender a firmar seu pescoço, ficar sentado, engatinhar, levantar-se, caminhar... Na fase da adolescência também ocorre um notável trabalho cerebral, mas no sentido de rearranjos e descarte de sinapses que preparam o indivíduo para a vida adulta, ou seja, a taxa de aprendizagem de novas informações diminui, mas aumenta a capacidade de usar e elaborar o que já foi aprendido.

---

<sup>6</sup> Na verdade em número maior, levando em consideração que na pele, por exemplo, além do tato percebemos também a sensação de pressão, a dor e a temperatura (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 20).

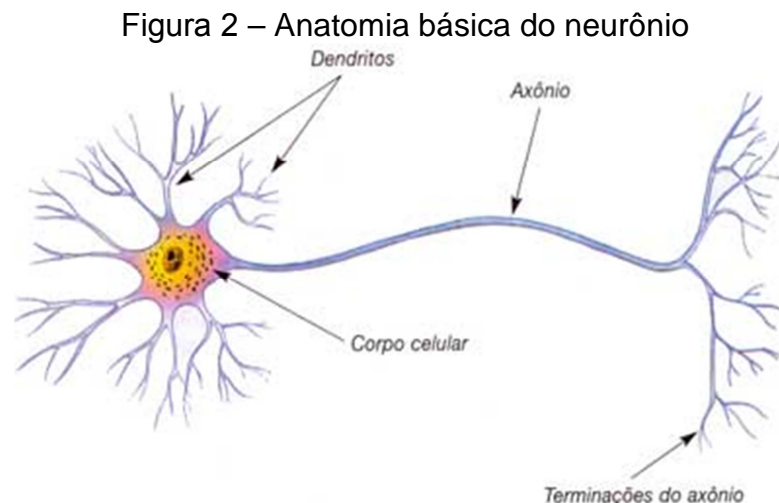
A partir dos autores, constata-se que, mesmo antes do nascimento, a maneira como o ser humano vive e se comporta diante de cada informação é oriunda da atividade dos circuitos neuronais que funcionam de forma conectada no sistema nervoso e desenvolvem várias funções de extrema importância para o perfeito funcionamento do organismo. Isto é, além de executar tarefas específicas, o SN atua em conjunto com outros órgãos do corpo humano, auxiliando-os em seu funcionamento.

Este sistema minuciosamente ordenado apresenta-se neste estudo a partir dos neurônios: como estão organizados, suas vias sinalizadoras e como se comunicam.

### 3.1.2 A estrutura dos neurônios e as conexões relacionadas à aprendizagem

Estímulos e diversos tipos de informações são captados por nossos receptores sensitivos, percorrem pelo sistema nervoso até chegar ao encéfalo, no caminho inverso, quase instantaneamente é dada uma resposta. Todo este processo ocorre em milésimos de segundos devido ao trabalho gerenciador central dos neurônios.

O neurônio (Figura 2) é a unidade funcional básica do Sistema Nervoso, pois é ele que percebe as modificações no meio ambiente e, conseqüentemente, comunica tais modificações a outros neurônios. Também é responsável por comandar as respostas corporais a essas sensações por meio da linguagem elétrica ou química.



Fonte: <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/>

Segundo Kandel (2014, p. 20) o neurônio é definido tipicamente por quatro regiões morfológicas: corpo celular, dendritos, axônio e terminais pré-sinápticos. Cada uma delas com papel distinto na geração de sinais e na comunicação com outras células nervosas.

Desse modo, os dendritos são especializados em receber estímulos; o corpo celular é o local de recepção de estímulos através de contatos sinápticos; e o axônio é especializado em gerar e conduzir o potencial de ação, juntamente com suas terminações. Os dendritos sempre trazem o impulso nervoso para o corpo celular, enquanto o axônio leva o impulso para fora do corpo celular.

Além dos neurônios, outros componentes têm fundamental importância neste processo, pois mantêm a coesão do tecido neural. As células gliais são:

[...] os neurônios que percebem modificações no meio ambiente, comunicam tais modificações a outros neurônios e comandam as respostas corporais a estas sensações. Acredita-se que a glia contribui para a função encefálica, sobretudo por isolar, sustentar e nutrir os neurônios vizinhos (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002, p. 23).

Portanto, de acordo com os autores, nesta relação de contato, as células gliais ocupam o espaço entre os neurônios modulando a atividade neural responsável pelo processamento das informações.

Os neurônios têm ramificações minúsculas que se expandem e se conectam a outros neurônios para formar uma rede neural. Cada uma dessas conexões determina pensamentos e lembranças, porque o cérebro constrói os conceitos por meio da memória associativa, assim, pensamentos, ideias e sensações são construídas interconectadas pela rede neural, de modo a serem conservadas todas as relações possíveis umas com as outras. Logo,

[...] a complexidade do comportamento humano depende mais da organização dos neurônios em circuitos anatômicos com funções precisas do que de sua variedade. Um princípio organizacional fundamental do encéfalo, portanto, é que as células nervosas com propriedades similares podem produzir ações diferentes de acordo com a maneira como se interconectam (KANDEL, 2014, p. 20).

A capacidade dos neurônios de estabelecer conexões entre si ao receberem os estímulos é, portanto, o que determina o que somos, nossos pensamentos e

ações. A cada novo estímulo, a rede de neurônios se recompõe e se reorganiza, o que possibilita uma diversidade enorme de respostas.

Desse modo, tais conexões ocorrem graças aos impulsos nervosos, que podem passar de uma célula a outra, criando assim uma cadeia de informação, da seguinte forma: o impulso nervoso se apresenta como um potencial de ação ou pulso de eletricidade, porém, os neurônios não estão diretamente interligados, uma vez que existe um espaço entre eles, a *sinapse*; logo, o sinal não pode ultrapassar eletricamente esse espaço. Para esta função existem substâncias químicas especiais, chamadas neurotransmissores, que permitem então, que as células emissoras se comuniquem com as células receptoras.

O processo de transferência de informação na sinapse é denominado transmissão sináptica. Por considerar que a direção normal do fluxo de informação é do axônio terminal para o neurônio alvo, denomina-se o axônio terminal como pré-sináptico, porque conduz a informação para a sinapse e o neurônio alvo como pós-sináptico, porque transmite a informação a partir da sinapse.

Lent (2010, p.118) explica que as sinapses apresentam variantes morfológicas e funcionais, que permitem especializar bastante a sua ação, no entanto, a capacidade de processamento de informação do Sistema Nervoso provém justamente da integração entre milhares de neurônios, e entre as milhares de sinapses existentes em cada neurônio, o que as caracteriza como chips neurais. Assim,

[...] a informação que emerge de um neurônio quase sempre é diferente da que ele recebe de outro neurônio. Esse é justamente o grande passo adaptativo possibilitado pela sinapse química, em relação à sinapse elétrica: a capacidade de alterar (modular) a informação transmitida entre as células nervosas, como um verdadeiro microcomputador biológico (LENT, 2010, p.118).

Por meio desta magnífica organização biológica, portanto, que o SN controla e coordena as funções corporais e permite respostas e ações sobre o ambiente, o que nos faz humanos, aprendizes e únicos.

No que trata do funcionamento do cérebro em relação à aprendizagem, precisamos conhecer o caminho básico de como a informação circula por ele. Mesmo que a aprendizagem envolva nossa interação com o meio, a maior parte dos processos é inconsciente, da mesma forma como o cérebro recebe as informações

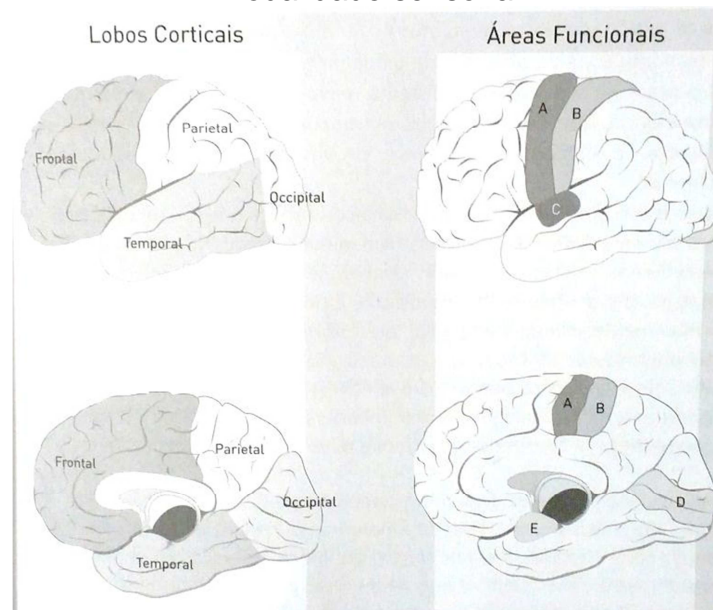


do interior de nosso corpo, como por exemplo, as sensações viscerais de fome, de pressão sanguínea, de temperatura, de secreções hormonais.

Explicado por Cosenza e Guerra (2011, p. 17), o desenvolvimento dos nossos sentidos é que nos permite captar a energia presente no ambiente, para isso, possuímos os receptores específicos, é por meio deles que tem início um circuito em que a informação vai passando de uma célula à outra, até chegar à uma área do cérebro, geralmente no córtex cerebral, responsável por seu processamento.

É via córtex cerebral que se percebe uma determinada sensação, ou seja, torna-se ativa a consciência, Cosenza e Guerra (2011, p. 19) apresentam o córtex dividido em grandes regiões denominadas lobos, que têm nomes correspondentes aos ossos do crânio que os cobrem, como pode ser visto na Figura 3:

Figura 3 – Regiões do cérebro responsáveis pelo processamento de cada modalidade sensorial



Fonte: Cosenza; Guerra (2011, p. 19)

À esquerda da figura, é possível visualizar essa divisão, enquanto que na direita são mostradas as áreas corticais relacionadas com a motricidade e com a sensibilidade: (A) área motora; (B) área somestésica; (C) área auditiva; (D) área visual; (E) área olfatória.

Segundo Cosenza e Guerra (2011, p. 19), essas diferentes regiões do cérebro são responsáveis pelo processamento de cada sensação a ele conduzido

por meio de cadeias de neurônios sensoriais, isto nos faz tomarmos consciência do ambiente ao nosso redor de modo a garantir nossa sobrevivência.

Em resumo, o SNC é responsável por receber, analisar, comandar e processar toda e qualquer atividade exercida pelo organismo. Se tal atividade for uma informação nova, o cérebro se organiza para decifrá-la, pode ser que inicialmente tenhamos dificuldade, mas à medida que nos deparamos outras vezes com essa mesma informação ou com algo relacionado, regiões no encéfalo são ativadas e toda vez que a praticarmos, o SNC tende a aperfeiçoá-las.

As células gliais produzem a mielina, que tem a propriedade de conduzir os impulsos elétricos de maneira coordenada entre um neurônio e outro, aumenta ainda mais a velocidade destas conexões e auxilia a formação de novas sinapses. A mielinização é mais intensa na infância e na adolescência, portanto é nestas fases que ocorre o ápice da aprendizagem, dizemos que os jovens aprendem mais rapidamente que os adultos.

De modo geral, os sinais elétricos são repassados aos neurônios toda vez que praticamos algo, aperfeiçoando-o ainda mais conforme a prática e o tempo, permitindo respostas cada vez mais eficientes: a aprendizagem.

Por exemplo, quando o estudante memoriza a tabuada existe o fortalecimento de algumas sinapses, o que favorece a velocidade de processamento e execução do cálculo de multiplicação. No caso desta habilidade ser pouco praticada, as sinapses relacionadas são enfraquecidas e até deixam de existir, dificultando a realização da tarefa.

Pode-se concluir desta forma que a formação das sinapses está intimamente relacionada à capacidade de aprender, pois, em interação com o ambiente, as estruturas do sistema nervoso processam novas informações criando, fortalecendo ou também enfraquecendo sinapses.

## 4 AS FUNÇÕES QUE INTEGRAM O SISTEMA COGNITIVO

A função cognitiva do ser humano é uma atividade complexa, é possível que sejam feitos estudos de partes em separado, mas é importante constatar que as transformações neurológicas celulares, os aspectos afetivos, sociais e ambientais, entre outros se relacionam e se complementam.

Neste capítulo apresentam-se aprendizagem – atenção – memória, algumas das funções integrantes deste sistema que foram escolhidas para as finalidades deste estudo.

### 4.1 A aprendizagem

A Neurociência define a aprendizagem como a modificação do cérebro pela experiência. Herculano-Houzel (2009) explica que as conexões entre os neurônios se modificam e essa mudança proveniente da experiência é justamente a base da aprendizagem que faz com que o cérebro responda de uma maneira diferente da próxima vez.

Tais experiências constituem-se inclusive por fatores externos, pois a aprendizagem é também definida pela Psicologia como o mecanismo adaptativo do ser humano, isto é, a possibilidade de modificar o comportamento diante das mudanças produzidas pelo ambiente, de modo a interiorizar a cultura, para assim fazer parte dela (POZO, 2002, p. 24).

Outro conceito muito importante que é proposto por Vygotsky (1998, p. 112), volta-se para a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) - que se refere à “região” ou “distância” entre aquilo que o aluno já sabe, isto é, aquilo que ele consegue fazer sozinho, daquilo que pode vir a aprender ou a fazer com a ajuda de outras pessoas, denominado desenvolvimento potencial.

Desta maneira, o conceito de Vygotsky tem muito a ser observado também nas investigações de processos de aprendizagem escolar, pois é na ZDP que deve acontecer a intervenção pedagógica do professor. Pode-se dizer, portanto, que o aprender é resultado da interação entre estruturas mentais e o meio ambiente.

Concebidas estas prerrogativas de que a aprendizagem ocorre pela experiência e que elas, por sua vez, consideram fatores internos (emocionais e

neurológicos) e externos (relacionais e ambientais) apresenta-se as características das funções cognitivas e como essas se consolidam.

#### 4.1.1 As funções cognitivas

Diariamente, o cérebro humano processa milhares de informações, gerencia desde o piscar de olhos até a tomada de decisões, as emoções e a interação social. Nesta perspectiva, parecia impossível há três décadas entender as funções e organizações responsáveis por tudo o que somos, vivemos e aprendemos, pois o que o cientista poderia fazer para estudar o cérebro humano era abrir a cabeça sem vida e olhar por dentro, e assim realizar algumas relevantes descobertas que, por vezes, eram provenientes de pesquisas com animais (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002, p. 173).

Agora, graças à tecnologia, principalmente por meio da Ressonância Magnética Funcional (fMRI) é possível observar o cérebro em atividade, de maneira a detectar as regiões mais ativas em cada situação, permitindo, por exemplo, compreender as funções cognitivas (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002, p. 175).

Ao estudar as funções cognitivas - percepção, atenção, memória, linguagem e funções executivas - constatou-se que é a partir da relação entre todas estas funções que entendemos a grande maioria dos comportamentos, desde o mais simples até as situações de maior complexidade e que exigem atividades cerebrais mais elaboradas (FONTES; FISCHER, 2016, p.1).

Dentre as funções cognitivas, são apontadas de forma especial nesta pesquisa a atenção e a memória, em razão de acompanhar paralelamente a aprendizagem matemática, essa premissa é confirmada por Cosenza e Guerra (2011, p. 115), “nosso conhecimento atual nos permite afirmar que a memória operacional e a atenção têm de ser envolvidas na resolução dos problemas matemáticos e, portanto, os circuitos com elas relacionadas serão certamente mobilizados.”

O que se observa é uma variedade de áreas de estudo que buscam compreender o processo de aprendizagem, desde as características da anatomia do SN até as funções cognitivas, que agora podem ser observadas em atividade.

A aprendizagem engloba muitos aspectos que, embora distintos, se relacionam, neste estudo, apresenta-se a relação atenção, memória e aprendizagem matemática.

## **4.2 A atenção e a memória**

A atenção e a memória são processos inter-relacionados, fundamentais no processamento de informações do cérebro e muito evidentes na aprendizagem matemática.

Segundo Cosenza e Guerra (2011, p. 115), embora sejam recentes as descobertas das relações entre a matemática e o cérebro, já se tem compreensão de como o cérebro lida com os números e a matemática básica, argumentam que:

As habilidades matemáticas mais complexas ainda não foram suficientemente estudadas, e podem envolver outros sistemas cerebrais. Nosso conhecimento atual nos permite afirmar que a memória operacional e a atenção têm de ser envolvidas na resolução de problemas matemáticos e, portanto, os circuitos com elas relacionadas serão certamente mobilizados (COSENZA; GUERRA, 2011, p.115).

De acordo com os autores, a atenção e a memória são funções que auxiliam o cérebro humano a lidar com os números. Quando os números se apresentam no formato de jogos digitais, podem contribuir no desenvolvimento destas habilidades, segundo suas características de concentração e memorização.

Para as finalidades deste estudo, a atenção e a memória são tratadas como coadjuvantes na aprendizagem matemática, assim, parte-se da definição e da caracterização destas funções para posteriormente concebê-las no cenário interativo.

### **4.2.1 A atenção**

É comum ao discurso dos educadores a sentença “prestem atenção”. Embora não definida como uma função neural, intuitivamente sabe-se que é uma das condições que levam à aprendizagem.

Prestar atenção é focalizar a consciência, concentrando os processos mentais em uma única tarefa principal e colocando as demais em segundo plano. É natural intuir que essa ação focalizadora só se torna possível porque conseguimos sensibilizar seletivamente um conjunto de neurônios de certas regiões cerebrais que executam a tarefa principal, inibindo as demais. Isso significa que a atenção tem dois aspectos principais: (1) a criação de um estado geral de sensibilização, conhecido atualmente como alerta, e (2) a focalização desse estado de sensibilização sobre certos processos mentais e neurobiológicos - a atenção propriamente dita (LENT, 2010, p. 631).

Logo, prestar atenção em algo consiste em direcionar-se para um único estímulo, de modo a focar pensamentos e comandos para uma determinada ação.

Quanto à origem do estímulo, a atenção é classificada em: atenção sensorial e atenção mental. Segundo Lent (2010, p. 636-637) e Herculano-Houzel (2009):

- Atenção sensorial: quando despertada pelas funções dos cinco sentidos: tato, olfato, paladar, audição e visão. O uso da visão é muito interessante, pois embora o campo alcançado no movimento dos globos oculares seja vasto, só prestamos atenção quando fixamos o olhar no objeto selecionado. Por exemplo, no momento você está prestando atenção nas palavras que está lendo e as demais palavras desta página, estão em segundo plano, mas também é possível que você esteja com o olhar focalizado nesta página, mas, na verdade, prestando atenção à letra de uma música que está tocando no seu fone de ouvido. Assim, quando a atenção coincide com a fixação do olhar diz-se que é explícita ou aberta e quando o foco da atenção não coincide com o olhar diz-se que é implícita ou oculta.
- Atenção mental: quando há o foco da atenção estimulado no intelecto. Por exemplo, quando se utiliza processos e lembranças para resolver uma equação matemática.

Dessa maneira, pode-se dizer que a atenção sensorial e a atenção mental atuam em conjunto ao considerar que o foco se alterna entre uma e outra na maioria das atividades humanas.

Para Cosenza e Guerra (2011, p. 44), a atenção se classifica em terminologias diferentes, mas com definições semelhantes, chamam de atenção reflexa as provenientes de estímulos periféricos e de atenção voluntária as reguladas por aspectos centrais do processamento cerebral, por exemplo,

[...] podemos lembrar como exemplo de atenção reflexa o que acontece quando um som intenso ocorre repentinamente, como o sinal que anuncia a hora do recreio. Em relação à atenção voluntária, podemos imaginar a procura de um objeto perdido, em que somos capazes de encontrá-lo mais facilmente – na confusão de uma gaveta, por exemplo – quando mantemos a atenção concentrada (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 44).

Isto confirma que a atenção não é um fenômeno particular, existem diferentes mecanismos que a regulam no sistema funcional de vigilância.

Segundo Herculano-Houzel (2009), a grande porta da aprendizagem é a atenção, pois ela funciona como um filtro do cérebro na seleção da informação que será processada de maneira especial, ou seja, conduzida para a memória de trabalho, a memória de curta duração que permite ao cérebro trabalhar com várias informações ao mesmo tempo.

O cérebro não dá conta de processar todas as informações que chegam até ele, é por meio da atenção que seleciona a informação mais relevante e desconsidera outras desnecessárias.

Cosenza e Guerra (2011, p. 42), dizem que a atenção é uma “lanterna na janela”, movimentamos a lanterna para iluminar um estímulo que nos atrai no ambiente:

[...] diferentes formas de energia do ambiente podem impressionar nossos receptores sensoriais periféricos e serem conduzidas como informação ao SNC. Na verdade, boa parte dessa informação não chega a ser processada, não só porque é desnecessária e seria pouco econômico cuidar dela, mas também porque nosso cérebro, apesar de constituído por bilhões de células interligadas por trilhões de sinapses, não tem a capacidade de examinar tudo ao mesmo tempo. Por isso a natureza nos dotou de mecanismos que nos permitem selecionar a informação que é importante. Através do fenômeno da atenção, somos capazes de focalizar em cada momento determinados aspectos do ambiente, deixando de lado o que for dispensável (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 41).

De acordo com os autores, uma vez que a atenção seleciona qual informação passará a ser tratada, o cérebro se ocupa de fazer os finos ajustes e associá-la a outras informações que estão na memória de trabalho para, então, ganhar acesso a outros sistemas de memória mais duradouros com finalidade de guardar o registro, ou seja, o aprendido.

A trajetória de funcionamento da atenção no cérebro decorre, portanto, da seguinte forma: inicialmente um estímulo periférico captura a informação e aciona o foco de atenção, em seguida trata de ajustar esse foco com objetivo de reter de

forma mais precisa a informação desejada. Cosenza e Guerra (2011, p. 44 - 45) apontam que os estudos dos mecanismos cerebrais envolvidos na atenção descrevem dois circuitos diferentes para regular estes processos: o circuito orientador e o circuito executivo.

Os autores descrevem ainda que o circuito orientador, localizado no córtex do lobo parietal, é que permite o desligamento do foco atencional de um determinado alvo e o seu deslocamento para outro ponto, selecionando deste modo o estímulo mais relevante em um determinado momento; este circuito permite ainda que o foco de atenção seja dirigido a outros sistemas sensoriais, por exemplo, ao privilegiar a audição em detrimento da visão. No sistema sequente, de centro localizado no córtex frontal, encontra-se o circuito executivo que propicia manter a atenção de forma prolongada, ao mesmo tempo em que são inibidos os estímulos distraidores, função esta relacionada aos mecanismos de autorregulação, ou seja, com a capacidade de modular o comportamento de acordo com as demandas cognitivas, emocionais e sociais em determinadas situações (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 44-45).

Desse modo, para os autores, o alvo da atenção será permanentemente aquilo que for julgado relevante, que faça sentido no contexto que vive o indivíduo e que atenda suas expectativas, o que pode ser influenciado pela emoção. Este padrão concebe o indivíduo como processador da informação, realçando a forma como este desenvolve a demanda do conhecimento, à medida que vai atribuindo significado e sentido ao que está a aprender.

Quando há a intenção de se definir o que é aprendizagem, é preciso considerar que todo o conhecimento é adquirido ou modificado por meio do circuito nervoso humano, isto se deve à criação de novas sinapses e à plasticidade cerebral.

Para Cosenza e Guerra, a aprendizagem e a mudança comportamental têm um correlato biológico, pois,

[...] do ponto de vista neurobiológico, a aprendizagem se traduz pela formação e consolidação das ligações entre as células nervosas. É fruto de modificações químicas e estruturais no sistema nervoso de cada um, que exige energia e tempo para se manifestar. Professores podem facilitar o processo, mas, em última análise, a aprendizagem é um fenômeno individual e privado e vai obedecer às circunstâncias históricas de cada um de nós (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 38).



Pelas justificativas destes autores, pode-se dizer que aprender é uma característica particular do ser humano, que é condicionada pelos fatores neurobiológicos, mas pode ser facilitada por estímulos externos.

Nesta perspectiva, a Neurociência Cognitiva apresenta estudos sobre como o cérebro gerencia capacidades neurais básicas para a aprendizagem a propósito de uma experiência de vida satisfatória, haja vista que,

Muito recentemente, a ciência da atenção floresceu para muito além da vigilância. Essa ciência diz que nossa capacidade de atenção determina o nível de competência com que realizamos determinada tarefa. Se ela é ruim, nos saímos mal. Se é poderosa, podemos nos sobressair. A própria destreza na vida depende dessa habilidade sutil. Embora a conexão entre atenção e excelência permaneça oculta a maior parte do tempo, ela reverbera em quase tudo o que tentamos realizar (GOLEMAN, 2014, p. 10).

Segundo as palavras do autor, a função cognitiva da atenção determina que seja possível observar coisas ao nosso redor bem como sintonizá-las de forma mais ampla para compreender todos os entornos que sustentam a vida.

É comum do dia a dia uma infinidade de informações concorrentes e nosso foco está continuamente lutando contra as distrações. Para crianças e adolescentes, isso é ainda mais perturbador, pelo fato de que, estão em fase de consolidação de seus aspectos formativos.

O nível de estímulos que nos rodeiam é alto, a capacidade de manter o foco em um alvo e ignorar todo o resto é uma funcionalidade do cérebro, localizada na região pré-frontal, encarregada de aumentar a força dos sinais direcionados ao que queremos nos concentrar e diminuir as forças dos sinais do que escolhemos ignorar, denomina-se atenção seletiva (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 22).

Observa-se que a escola, assim como os demais ambientes de socialização, estão cheios de informações, tensões, competições e tentações da vida moderna que capturam a atenção a todo o momento. Neste ambiente, o professor deve constantemente “chamar para a aprendizagem”, direcionando a atenção seletiva dos estudantes e isto será bem sucedido quando forem oferecidos estímulos significantes para estudar a lição, dado que,

[...] o cérebro tem uma motivação intrínseca para aprender, mas só está disposto a fazê-lo para aquilo que reconheça como significativo. Portanto a maneira primordial de capturar a atenção é apresentar o conteúdo a ser estudado de maneira que os alunos o reconheçam como importante (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 48).

Para estes autores, é provável que seja considerado significativo e, conseqüentemente, alvo da atenção, aquilo que faça sentido no contexto em que vivem os estudantes e tenha correlação com suas experiências e expectativas.

É favorável neste sentido oferecer um ambiente escolar estimulante, ministrar aulas com métodos e recursos diversificados, pois a manutenção da atenção por um período prolongado exige a ativação de circuitos neurais mais específicos e, se não houver uma flexibilização de técnicas e recursos, a tendência é que o foco da atenção seja desviado para outros estímulos, dificultando a efetiva aprendizagem (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 48).

Segundo Goleman (2014, p. 22), há dois tipos principais de distração: a distração sensorial e a distração emocional. Os distraidores sensoriais são simples, por exemplo, enquanto você lê as palavras deste texto, você está abstraindo as margens em branco em seu contorno, há diversos outros estímulos no ambiente: imagens, sons, formas, cores, sabores, cheiros, sensações e assim por diante. Para o autor, os distraidores emocionais exigem de nossa estrutura neural responsável pela atenção seletiva que os sinais carregados emocionalmente sejam inibidos; é o maior desafio para o foco atencional, pois os acontecimentos emocionais de nossas vidas interferem nos nossos pensamentos que entram sem pedir licença por um bom motivo: eles nos fazem refletir sobre o que fazer com o que está nos incomodando, ou seja, as emoções guiam o nosso foco fixando nossa atenção no que é mais perturbador, fazendo com que deixemos de lado o restante.

Pelas considerações de Goleman (2014, p. 22-23), pode-se dizer que a distração sensorial é percebida com mais facilidade na sala de aula do que a distração emocional, haja vista que é bem particular do indivíduo; mesmo assim, é extremamente importante reconhecê-la, pois perturba o foco e pode prejudicar a aprendizagem à medida que,

Aprendemos melhor com a atenção focada. Quando nos focamos no que estamos aprendendo, o cérebro situa aquela informação em meio ao que já sabemos, fazendo novas conexões neurais [...] Quando nossa mente divaga, nosso cérebro ativa uma porção de circuitos neurais que murmuram sobre coisas que não tem nada a ver com o que estamos tentando aprender. Sem foco, nenhuma lembrança clara do que estamos aprendendo fica armazenada (GOLEMAN, 2014, p. 24).

Sendo assim, o modo com que lidamos com a atenção determina o que “vemos” e deixamos chegar até as redes complexas de nosso cérebro para formarem a memória, a função cognitiva complementar da aprendizagem.

A atenção é a função cognitiva ativada a cada nova experiência, regula o fluxo de informações que chegam até a memória de trabalho e poderão ser arquivadas na memória permanente, desta forma, consolidando a aprendizagem.

#### 4.2.2 A memória

Neste momento, ao ler este texto, você está utilizando muito da sua memória: seu aprendizado relacionado ao reconhecimento das representações das letras para a leitura das palavras, a interpretação dos grupos de palavras de acordo com conhecimentos gramaticais, a associação destas novas informações com as já registradas, o armazenamento dos significados contidos nos parágrafos anteriores para dar sentido aos posteriores, ou seja, se isso tudo não estivesse arquivado previamente em sua memória, seria impossível realizar esta tarefa. Memória é, de acordo com Lent (2010, p.644), a capacidade humana de armazenar informações que possam ser recuperadas e utilizadas posteriormente.

Nem todas as informações acondicionadas diariamente em nosso cérebro constituirão memórias. Izquierdo (1989, p. 94 - 95) explica que, para entender a formação de memórias a partir de experiências, é preciso considerar quatro aspectos fundamentais:

1º- Recebemos informações constantemente através de nossos sentidos, mas não memorizamos todas. Há um processo de seleção prévio a formação de memórias que determina quais informações serão armazenadas e quais não.

2º- As memórias não são gravadas na sua forma definitiva, existe um processo de consolidação depois da aquisição.

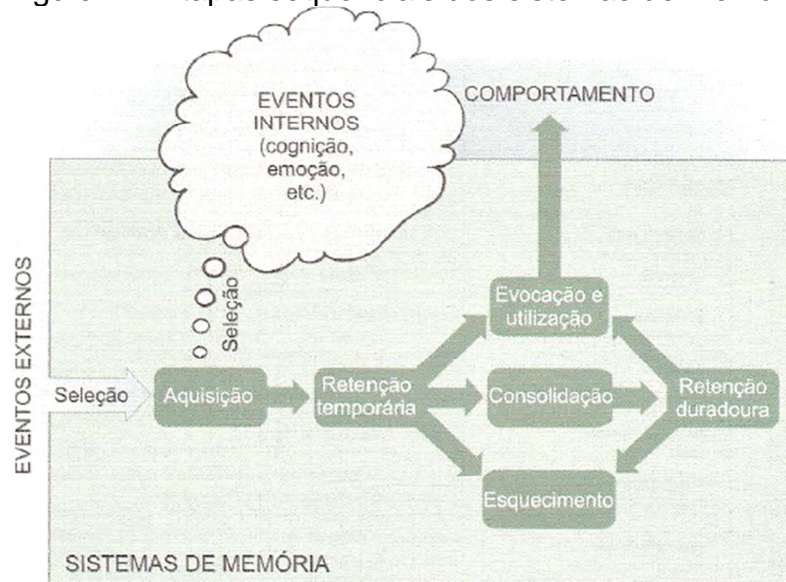
3º- As memórias são também muito mais sensíveis à incorporação de informação adicional nos primeiros minutos ou horas após a aquisição.

4º- As memórias consolidam-se na formação de registros (*files*) de caráter mais complexo, ou seja, não como itens isolados.

Esses fatores determinam a formação ou não de uma memória após uma experiência, bem como, sua resistência à extinção, à interferência e ao esquecimento.

Na Figura 4 apresentada por Lent (2010, p. 649) é possível ver esquematicamente a sequência de operações dos sistemas de memória a partir da seleção da informação filtrada pela atenção.

Figura 4 – Etapas sequenciais dos sistemas de memória



Fonte: Lent (2010, p. 649)

Ao observar a figura apresentada por Lent (2010, p. 649), verifica-se que após a seleção do evento, advindo de forma externa é conduzido ao Sistema Nervoso através dos sentidos ou advindo internamente, quando surgem dos pensamentos e emoções, a primeira etapa dos sistemas de memória é a aquisição; seguindo para a retenção temporária, que é variável, ou seja, pode durar anos ou apenas alguns segundos. Nestas condições, de acordo com o autor, a retenção temporária pode ser transformada em retenção duradoura pelo processo da consolidação da memória e, em ambos os casos, entretanto, pode haver a evocação ou o esquecimento das informações memorizadas.

De forma mais clássica, a mente humana é tratada considerando dois sistemas de memória interconectados, com características e funções diferentes: a memória de trabalho e a memória permanente, explicada por Pozo (2002, p. 100) da seguinte forma:

- A memória de trabalho, de caráter transitório, funciona como um gerenciador de informações e recursos cognitivos.
- A memória permanente constitui o banco de conhecimentos armazenados, que podem ser recuperados para realizar determinada tarefa.

A memória de trabalho é usada para entender a realidade que nos cerca, resiste o tempo suficiente para que possa formar a memória remota, que durará dias, anos ou décadas. Por exemplo, a memória da infância é remota, a lembrança do que aconteceu há alguns dias é memória de longa duração, as lembranças recentes do que estavas fazendo algumas horas antes de começar a ler este texto é memória de curta duração e a memória das últimas palavras desta frase é memória de trabalho, que por sinal já foi perdida, durou apenas o tempo suficiente para entender a sequência da leitura (IZQUIERDO, 2010, p. 25 - 26).

Para o autor, a memória de trabalho não forma lembranças duradouras pelo simples motivo que não seria possível ter uma sequência de informação coordenada, seja nesta leitura ou em qualquer outra atividade, se não deixássemos para trás imediatamente algumas delas.

Fisiologicamente este processo depende da atividade elétrica de neurônios do córtex pré-frontal, localizado na frente da área motora, que são ativados em resposta às experiências de cada momento, de modo que ao cessar a atividade, a memória de trabalho também cessa. É um mecanismo muito rápido, mas com função precisa, pois a informação processada pelo córtex pré-frontal se comunica com outras regiões do cérebro e faz o intercâmbio para o armazenamento de possíveis memórias de maior duração (IZQUIERDO, 2010, p. 27).

Izquierdo (2001, p. 30) classifica as memórias seguindo duas vias: de acordo com o conteúdo e de acordo com o tempo que duram.

Desta forma, de acordo com o conteúdo descrito por este autor, as memórias são divididas em dois grupos, as declarativas e as procedurais:

- As memórias declarativas, governadas fundamentalmente pelo hipocampo e suas conexões têm a função de registrar fatos, eventos ou conhecimento dos

quais podemos declarar que existem e relatar como adquirimos, por exemplo, lembranças da comida da nossa vó, da aula de matemática, da música de formatura. São mais suscetíveis à modulação pelas emoções, pela ansiedade e pelo estado de ânimo.

- As memórias procedurais, mediadas pelo núcleo caudato e suas conexões e também o cerebelo, estão relacionadas às habilidades motoras ou sensoriais, comumente chamadas de “hábitos”, dos quais não precisamos declarar que possuímos, apenas demonstramos, por exemplo, andar de bicicleta, nadar, ler, cantar.

Para Lent (2010, p. 649), estes grupos podem aparecer denominados como memórias explícitas aquelas adquiridas com plena intervenção da consciência e como memórias implícitas as adquiridas sem a percepção do processo.

Com exceção da memória de trabalho, que é *online* pela sua instantaneidade, as memórias são classificadas por Izquierdo (2001, p. 36-37) com relação ao tempo que duram como memória de curta duração, memória de longa duração e memória remota:

- As memórias de longa duração são aquelas que permanecem mais de seis horas, tempo que demora o processo de sua consolidação celular, dois ou três dias, semanas, meses ou até anos.
- As memórias de curta duração são aquelas que permanecem entre uma e seis horas, justamente o tempo necessário para a consolidação das memórias de longa duração.
- As memórias remotas são aquelas que duram muitos meses ou anos.

Neste contexto, é preciso deixar claro que, as memórias de curta e de longa duração envolvem processos independentes, porém paralelos e, que o hipocampo é a principal estrutura do SN envolvida nas memórias, mas não é a única região cerebral mnemônica.

A nossa individualidade é fruto das nossas memórias,

não podemos fazer aquilo que não sabemos, nem comunicar nada que desconheçamos, isto é, nada que não esteja na nossa memória [...] O acervo de nossas memórias faz com que cada um de nós seja o que é: um indivíduo, um ser para o qual não existe outro idêntico (IZQUIERDO, 2010, p. 11).

Analogamente, temos nosso arquivo pessoal sempre em formação, vamos editando nosso conteúdo com aquilo que lembramos, mas também com o que não queremos lembrar.

A memória é o sistema organizacional tão bem articulado que a extinção é fundamental, nos alivia de conhecimentos inúteis ou de aprendizagens passadas que foram sendo modificadas ao longo do tempo, com novos sentidos (POZO, 2002; IZQUIERDO, 2010, p. 40). Do mesmo modo, muitas das nossas memórias são perdidas ao longo dos anos pela morte natural dos neurônios ou pela falta de uso das sinapses que as continham, causando então o esquecimento.

A memória sadia não consiste em apenas reter aquilo que é significativo, mas também em abrir mão daquilo que é desnecessário para ceder espaço à novas informações e a melhor forma de conservá-la é a prática!

Neste capítulo, buscou-se esclarecer e definir atenção e memória, funções que estão na base da construção da aprendizagem, sendo a primeira responsável pela aquisição de novos conhecimentos e a segunda, pela retenção dos conhecimentos aprendidos.

Necessitamos da atenção para direcionar o foco ao que deve ser aprendido e utilizamos a memória para realizar tarefas a todo o momento, inclusive as que exijam raciocínio, como operações matemáticas, por exemplo.

Conseqüentemente, pode-se concluir que juntas, a atenção e a memória, alicerçam a aprendizagem, o que dá sentido a tudo o que somos e fazemos.

## 5 JOGOS DIGITAIS: COADJUVANTES NA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA

No contexto da Educação Matemática, no final dos anos 80 se difunde um primeiro recurso à educação que faz uso da tecnologia digital: a tartaruga gráfica criada na linguagem de programação do ambiente LOGO, por *Papert*. É utilizada com grande sucesso como ferramenta de apoio ao ensino regular, os estudantes passam a explorar e aprender vivenciando os movimentos da tartaruga através dos comandos “para frente/para trás” e “para direita/para esquerda” definidos pelo usuário (GRAVINA; BASSO, 2012, p. 14).

É importante destacar o mérito do jogo como recurso didático, com o advento das TDIC, em especial dos avanços de *hardware* e *software* que permitiram o surgimento de jogos digitais, houve uma rápida e eficiente virtualização dos jogos tradicionais. Foi na década de 1990 que os jogos digitais começaram a ser inseridos no contexto escolar e, em virtude disto, os jogos tradicionais usados no ensino da Matemática foram sendo enriquecidos pelas mídias digitais, ao mesmo tempo em que estudos a este respeito vieram à tona para comprovar que o uso de tal recurso proporciona aos jogadores a aquisição de habilidades que são de fundamental importância para a aprendizagem da disciplina (SANTOS; SILVA JUNIOR, 2014, p. 2-3).

A partir de experiências inovadoras associando tecnologia à aprendizagem é que, para Prensky (2012, p. 36), acontecerá a verdadeira revolução da aprendizagem do século XXI, onde finalmente a enorme barreira que separava a aprendizagem da diversão, o trabalho do jogo se dissipará.

É notório o interesse que boa parte das crianças e jovens em idade escolar tem pelos jogos, mídias e interatividade, portanto, por que não aproveitar então para enlaçar jogos e aprendizagem?

A utilização de jogos computadorizados na educação proporciona ao aluno motivação, desenvolvendo também hábitos de persistência no desenvolvimento de desafios e tarefas. Os jogos, sob a ótica de crianças e adolescentes, se constituem a maneira mais divertida de aprender. Além disso, eles proporcionam a melhora da flexibilidade cognitiva, pois funcionam como uma ginástica mental, aumentando a rede de conexões neurais e alterando o fluxo sanguíneo no cérebro quando em estado de concentração (TAROUCO et al., 2004, p. 3).



Dentre esses jogos computadorizados, os jogos digitais desempenham positiva influência em habilidades cognitivas referentes à Matemática, pois os desafios exigem capacidades inerentes à disciplina como: memória, raciocínio lógico, cálculo mental, resolução de problemas, agilidade, atenção, entre outras. A utilização desse recurso modifica a dinâmica do ensino e as estratégias que o professor pode utilizar para motivar e facilitar a aprendizagem.

Porém, é importante ressaltar que para utilizar tal recurso, o professor deve ter domínio da tecnologia, fazer análise cuidadosa e criteriosa do material a ser utilizado, tendo em vista os objetivos que se quer alcançar, ou seja, princípios teórico-metodológicos claros e bem fundamentados (TAROUCO et al., 2004, p. 2).

Ao incorporar jogos digitais como coadjuvantes na aprendizagem, o professor pode contar com uma incrível variedade de possibilidades aliadas à diversão como parte integrante do processo de motivação: uma forma atual de aprender.

É uma maneira de ensinar e aprender completamente diferente da convencional, rompe com a linearidade e dá espaço a aprendizagem dinâmica, uma habilidade nata dos nativos digitais acostumados com as multitarefas e o hipertexto, que alternam a fonte de informação ao instante de um clique.

Porém é necessário tomar o cuidado para que o estudante seja ativo e não apenas telespectador que recebe uma grande quantidade de informação, que não assimila ou não busca profundidade e reflexão.

Neste sentido, Prensky (2012, p. 235) alerta para a importância de haver um bom equilíbrio entre ação e reflexão ao usar o jogo digital como parte da aprendizagem, diz ser necessário encontrar um caminho de fluidez entre os dois.

Outro ponto a ter cautela quanto ao uso de jogos digitais está na aprendizagem que precisa atender requisitos pedagógicos, o uso limitado destes princípios pode levar os professores a não investirem neste tipo de recurso. Ou, por outro lado, quando o jogo é transformado num produto didatizado, perde seu caráter prazeroso (SAVI; ULBRICHT, 2008, p. 7).

Porém, os dados positivos são mais relevantes, os jogos digitais são considerados hoje como um instrumento adicional ao ensino e aprendizagem, pois ajudam a desenvolver conhecimentos e habilidades a um público habituado com as tecnologias.

Para isso, as ações do professor são preponderantes, é a escolha do jogo, do conteúdo e do momento oportuno de uso do recurso digital interativo para as aulas que garantirá o êxito, ou seja, que os jogos digitais se tornem importantes aliados no processo.

A tendência é que as TDIC estejam cada vez mais presentes nas práticas de ensino e, nesse contexto, entende-se que os jogos digitais *online* podem ser elementos importantes para enriquecer as aulas, oferecendo desafios que levam a pensar e diversão para o ato de aprender.

### 5.1 Os jogos digitais da pesquisa

A seleção dos jogos que fazem parte deste estudo teve por critérios:

1. Ser *online*, ou seja, estar disponível para acesso imediato a uma página de Internet em tempo real;
2. Ter interface atraente e explicativa;
3. Ter conteúdo matemático e estar relacionado às funções cognitivas em estudo nesta pesquisa, que são: atenção e memória.

Nestas condições, foram selecionados os jogos Cobrador de Ônibus (jogo que envolve operações matemáticas para verificar o valor das passagens), Sjoelbak (jogo que requer lançar os discos com estratégia para obter maior pontuação), Space Race (uma divertida corrida espacial pelos fatos da multiplicação), e Batalha Matemática (uma interessante batalha de cálculos e expressões matemáticas para combater invasores inimigos).

Estes quatro jogos estão descritos detalhadamente a seguir, nos Quadros 2, 3, 4 e 5:

## Quadro 2 – Jogo Cobrador de Ônibus

Descrição: Este jogo simula o trabalho de um cobrador de ônibus, para isso é necessário prestar atenção no pagamento de cada cliente de acordo com a tabela de preços que aparece numa lista pendurada dentro do ônibus: o macaco terá que pagar apenas \$ 1,00 pela sua passagem, pois o mesmo irá descer bem antes do que o astronauta que terá que pagar \$ 2,00 e o coelho, que irá viajar mais tempo com a condução, deverá pagar \$ 4,00 pela viagem. É necessário fazer as contas matemáticas rapidamente e verificar se o valor pago está certo ou se está faltando para permitir ou não que os passageiros sigam a viagem. Possui níveis que aumentam de acordo com a pontuação e o jogador tem um total de três vidas, ou seja, duas chances de erro e na terceira é fim de jogo.

Interface:



Fonte: < <http://jogosonlinegratis.uol.com.br/jogoonline/cobrador-de-onibus/>>, 2017

Estrutura: Este jogo envolve uma disputa entre o jogador e o computador, podendo ser lançado como desafio entre mais jogadores.

Objetivo: Calcular o preço a ser pago pelo passageiro ou grupo de passageiros nesta viagem, verificando se o valor recebido é suficiente ou não.

Conceitos matemáticos: Adição, subtração, multiplicação, expressões numéricas e estimativa.

Habilidades: Atenção, concentração, memória, cálculo mental e raciocínio lógico.

Indicação: Para estudantes do Ensino Fundamental em fase de desenvolvimento de cálculo mental envolvendo as operações básicas com números naturais.

Como jogar:

1º Passo: Clique em "start" (começar);

2º Passo: Quando surge o passageiro ou grupo de passageiros aparece o cálculo e a pergunta "Enough?" (Suficiente?), faça o cálculo rapidamente, considerando o valor da tabela que determina o valor de \$ 1,00 para o macaco, \$ 2,00 para o astronauta e \$ 4,00 para o coelho.

3º Passo: Se o valor for suficiente, clique no "V" verde, permitindo a entrada do passageiro ou grupo de passageiros, em caso do valor não ser suficiente, clique no "X" vermelho e o passageiro ou grupo de passageiros saem do ônibus rapidamente dizendo "sorry" (desculpa).

Fonte: Acervo da autora

No início do jogo Cobrador de Ônibus (Quadro 2), a entrada dos passageiros é mais lenta, um de cada vez, ou grupos pequenos, de dois ou três, o que exige do jogador atenção e concentração, principalmente ao valor que deve ser pago, indicado pela tabela, para determinar permissão ou não da entrada dos mesmos. À medida do avanço de níveis, os grupos de passageiros aumentam e o tempo para calcular o valor correspondente é menor, nesta fase, é importante que o jogador já tenha memorizado o valor correspondente à passagem de cada um, que faça cálculos mentais rápidos e seja capaz de fazer estimativa.

Sendo este um jogo apresentado em inglês, o valor das passagens é dado em dólar (\$), pode-se fazer a correspondência do valor em reais (R\$), sequenciando com atividades em sala de aula, como resolução de expressões e problemas, no mesmo contexto do jogo.

### Quadro 3 – Jogo Space Race (Corrida Espacial)

Descrição: O jogo exibe quatro naves espaciais em ponto de partida para uma corrida intergaláctica. O jogador deve escolher uma das naves, com possibilidade de personalizá-la com nome e cor de sua preferência. Dada a largada, as naves movimentam-se e o jogador deve resolver a operação que sua nave contém e clicar na seta que indica a resposta certa o mais rápido possível para vencer a corrida. O jogo registra a posição das naves e o número de voltas simultaneamente com a ação do jogador. Ao final, é possível verificar a classificação final da corrida e os cálculos que não foram respondidos corretamente aparecem com as respostas certas.

Interface:



Fonte: < <http://poki.com.br/g/space-race>>, 2017

Estrutura: Este jogo pode ser executado com um único jogador e o computador ou por até quatro participantes

Objetivo: Resolver situações envolvendo a multiplicação de números naturais para vencer a corrida no espaço sideral.

Conceitos matemáticos: Multiplicação/tabuada.

Habilidades: Atenção, concentração, memória e raciocínio lógico.

Indicação: Para estudantes do Ensino Fundamental como estratégia de memorização da tabuada.

Como jogar:

1º Passo: Clique em play (jogar);

2º Passo: Clique em continue (continuar);

3º Passo: Escreva seu nome ou use um aleatório no quadro e clique em “create” (criar) clique novamente em “create game” (criar um jogo) novamente em create game (criar um jogo) em seguida clique em “star race” (iniciar corrida).

4º Passo: Resolva a operação que sua nave contém e clique na seta que contém a resposta certa o mais rápido possível para você vencer a corrida.

Na seta à direita do teclado é possível acelerar o movimento da nave no intervalo entre um cálculo e outro.

Fonte: Acervo da autora

Para o jogo Space Race (Quadro 3), o jogador precisa estar atento e concentrado para dar respostas rápidas às multiplicações e direcionar a sua nave no espaço correspondente. A memorização da tabuada é requisito importante, pois se o

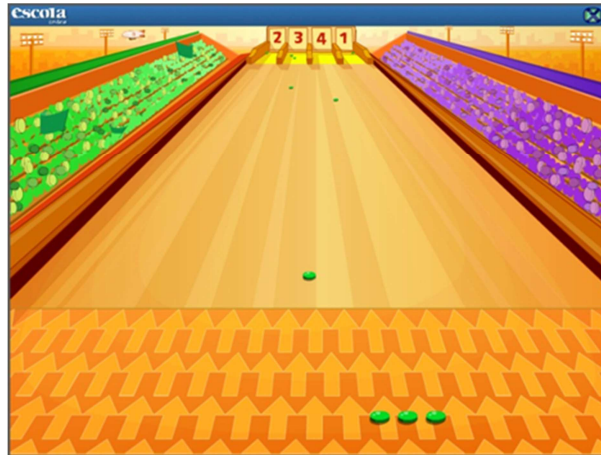
jogador precisar utilizar as técnicas de soma consecutiva, ou contagem de agrupamentos perderá tempo em direcionar a nave para a resposta correta.

Por exemplo, a resposta memorizada de  $4 \times 3 = 12$  será muito mais rápida que pensar em  $4 \times 1 = 4$ , para  $4 \times 2$ , acrescento  $4 = 8$ , e para  $4 \times 3$ , acrescento  $4$  novamente  $= 12$ , ou seja  $4...8..12$ .

#### Quadro 4 – Jogo Sjoelbak – (Bilhar Holandês)

Descrição: O jogo exibe uma pista com discos para serem lançados com o auxílio do mouse em direção as casas numeradas de 1 a 4, sendo que a força do lançamento interfere na distância que o disco vai percorrer. As peças que não entram nas casas numeradas retornam ao ponto inicial para serem lançadas novamente, num total de três tentativas. É necessário criar estratégias para que haja o maior número comum de peças em todas as casas para que o valor das mesmas duplique, contabilizando o maior número de pontos para vencer seu adversário. Cada jogador é identificado através do nome e da torcida personalizada em cada fase do jogo.

Interface:



Fonte: < <http://acervo.novaescola.org.br/matematica/pratica-pedagogica/sjoelbak-428032.shtml>>, 2017

Estrutura: Disputado entre dois jogadores.

Objetivo: Criar estratégias para colocar o maior número possível de discos nas casas numeradas, procurando distribuir uniformemente entre elas para garantir maior pontuação.

Conceitos matemáticos: Adição, multiplicação, expressões numéricas.

Habilidades: Este jogo relaciona foco atencional sensorial motor ao foco atencional mental, exercita habilidade motora, estratégia, cálculo mental, atenção, concentração e memória.

Indicação: Para estudantes do Ensino Fundamental, promove o cálculo mental com a adição e a multiplicação.

Como jogar:

1ª Passo: Clique em iniciar jogo;

2ª Passo: Escreva o nome de cada um dos jogadores;

3ª Passo: Escolha o nível fácil ou difícil e clique em continuar;

4º Passo: Com o mouse deslize as peças em direção às casas numeradas. As peças que não entram podem ser lançadas novamente, num total de três tentativas para cada jogador.

5º Passo: Faça a contagem de seus pontos de acordo com a regra "cada peça vale o número da casa que entrou; porém, se houver um número comum de peças em todas as casas, estas terão o seu valor duplicado". Por exemplo, na Figura 08, a pontuação será duplicada no valor de uma peça de cada casa e as demais somente o valor unitário da mesma.



Fonte: <<http://acervo.novaescola.org.br/matematica/pratica-pedagogica/sjoelbak-428032.shtml>>, 2017

Pode-se representar a situação através da expressão:

$$(2.2) + (2.3) + (2.4) + 4 + 4 + (2.1) + 1 + 1 = 30$$

Em caso de erro na contagem dos pontos, o jogador é solicitado a refazê-la.

Fonte: Acervo da autora

O desafio do jogo Sjoelbak (Quadro 4) é acertar os discos nas casas numeradas, mas o jogador deve lembrar da estratégia de que mesmo número de peças em todas as casas dobra o valor das mesmas. Na contagem individual da pontuação, o jogador faz uso da atenção e da memória de trabalho, pois forma mentalmente expressões a partir da organização dos números apresentados na tela do computador.

#### Quadro 5 – Jogo Batalha Matemática

Descrição: O jogo simula a tentativa de invasões inimigas a uma fazenda e, para vencer a batalha, o jogador deve resolver operações matemáticas mentalmente a tempo de eliminar o ataque de cada um dos inimigos que se aproximam. São eles: a abelha que traz cálculo de adição, o fogo que traz cálculo de subtração, o fantasma que traz cálculo de multiplicação, a nave alienígena que traz cálculo de divisão, a água que traz expressão numérica de adição e a mosca que traz expressão numérica de subtração. Este jogo possui doze níveis, os quais o jogador só pode avançar em ordem, aparecem como dia 1, dia 2... e assim sucessivamente, registra o recorde de cada dia (nível) e também o recorde total, permitindo o desafio de superá-lo a cada nova batalha.

Interface:



Fonte: <<http://www.atividadesdematematica.com/jogos-educativos-infantis/batalha-matematica>>, 2017

Estrutura: Este jogo é uma disputa entre o jogador e o computador, podendo ser lançado como desafio entre mais jogadores.

Objetivo: Resolver situações envolvendo cálculo mental e as operações de adição, subtração, multiplicação e divisão de números naturais, bem como expressões numéricas para proteger sua fazenda do ataque de inimigos.

Conceitos matemáticos: Adição, subtração, multiplicação e divisão de números naturais, expressões numéricas, cálculo mental.
Habilidades: Atenção, concentração, memória, cálculo mental e raciocínio lógico.
Indicação: Para estudantes do Ensino Fundamental em fase de desenvolvimento de cálculo mental com as quatro operações básicas dos números naturais.
Como jogar: 1º Passo: Clique em play (jogar); 2º Passo: Selecione o nível; 3º Passo: Ao avistar o invasor, digite a resposta do cálculo nele expresso e acione "enter" para eliminá-lo. E assim sucessivamente antes que o tempo esgote. Quando seu tempo acaba, aparecerá a expressão "you win!" (você ganhou) e a sua pontuação, caso você tenha superado o recorde daquele nível, caso contrário, aparecerá a expressão "you lose!" (você perdeu).

Fonte: Acervo da autora

O jogo Batalha Matemática (Quadro 5), favorece o desenvolvimento do cálculo mental das quatro operações básicas com números naturais. Inicia com números de um algarismo e uma operação, por exemplo,  $9 + 5$ , e à medida do avanço de níveis do jogo passa para dois algarismos e também expressões, como por exemplo,  $27 - 12$ , ou  $3 \times 7 + 4$ . Desta forma desenvolve habilidades de estratégias de cálculo mentais mais elaboradas a partir de uma atividade divertida.

## 6 PERCURSO DA PESQUISA

Neste capítulo, inicialmente contextualiza-se o caráter da pesquisa qualitativa em Educação Matemática para ressaltar aspectos relevantes adotados na metodologia da pesquisa.

Posteriormente, descreve-se o contexto e os participantes da pesquisa, os instrumentos utilizados, os procedimentos de coleta de dados, a organização e análise.

### 6.1 A pesquisa em Educação Matemática na abordagem qualitativa

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de investigar aspectos evidentes de atenção e memória na interação de estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental com jogos digitais *online* de matemática.

Para tanto, desenvolveu-se uma pesquisa empírica com abordagem qualitativa, o que segundo Borba e Araújo (2013, p. 28), é a escolha mais adequada quando se busca explicações significativas à pergunta da pesquisa e considera outros questionamentos e possibilidades de compreensões.

Neste sentido, desenvolve-se a teoria vinculada às particularidades reais da pesquisa, é a descoberta por meio da observação e da comunicação que gera significados às respostas, preocupando-se com a qualidade das informações.

As pesquisas em Educação Matemática realizadas segundo a abordagem qualitativa nos fornecem informações mais descritivas, que primam pelo significado dado às ações e interpretações.

Para Alves-Mazzotti (2001, p. 131),

[...] a principal característica das pesquisas qualitativas é o fato de que estas seguem a tradição compreensiva ou interpretativa. Isto significa que estas pesquisas partem do pressuposto de que as pessoas agem em função de suas crenças, percepções, sentimentos e valores e que seu comportamento tem sempre um sentido, um significado que não se dá a conhecer de modo imediato, precisando ser desvelado. Pesquisas que seguem essa abordagem possuem suas particularidades para que o pesquisador alcance seus objetivos. Entretanto, esse tipo de estudo não admite regras precisas devido a sua flexibilidade, ou seja, seus procedimentos podem ser moldados durante a produção de dados.



Pelos pressupostos destes autores, as pesquisas que são desenvolvidas na abordagem qualitativa, no caso desta, em Educação Matemática, possuem flexibilidade para que o pesquisador se direcione aos objetivos do estudo, pois alguns procedimentos podem ser remodelados durante a pesquisa para garantir coerência entre o projeto e processos empíricos de coleta, organização e análise de dados.

A pergunta de pesquisa deste estudo passou por reformulações a partir da qualificação, considerada como um caminho de amadurecimento,

[...] o processo de construção da pergunta diretriz de uma pesquisa é, na maioria das vezes, um longo caminho, cheio de idas e vindas, mudanças de rumo e retrocessos, até que, após um certo período de amadurecimento, surge a pergunta (BORBA; ARAÚJO, 2013, p. 29).

De acordo com os autores, na maioria das vezes este caminho não é divulgado pelo pesquisador, desconsiderando que “todo o processo de construção da pergunta faz parte da própria pergunta”. Sendo assim, revela-se que a pergunta deste estudo foi alterada para: quais aspectos de atenção e memória se manifestam na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática? Tendo em vista os objetivos da pesquisa.

Durante o percurso, também foi necessária reconsideração em relação à amostra que estava prevista para ser composta por alunos do 6º ano do Ensino Fundamental, porém, durante o teste piloto, realizado na metodologia planejada com dois deles, verificou-se que os jogos poderiam ser trabalhados por estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental como um todo e assim sucedeu-se a participação dos voluntários na pesquisa.

A aplicação do teste piloto preliminar das atividades com jogos digitais serviu para verificar as condições e validade dos instrumentos para garantir boas perspectivas científicas no processo de coleta de dados (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 165).

## **6.2 O contexto da pesquisa e os participantes**

Nesta seção, apresenta-se o contexto da pesquisa, a escola onde foram realizadas as oficinas e os sujeitos participantes.

O local de desenvolvimento da pesquisa foi uma escola pública estadual de Ensino Fundamental situada no interior do município de Sananduva/RS, local de trabalho da pesquisadora, os participantes da pesquisa têm características de público misto, advindos tanto da zona rural quanto da zona urbana. É importante fazer esta consideração na pesquisa quando se leva em conta a realidade do público participante, neste caso, vale esclarecer que todos os estudantes colaboradores têm acesso a Internet tanto na escola quanto em casa, mesmo os que moram na zona rural.

A referida escola possui Laboratório de Informática equipado com computadores e rede de acesso à Internet de qualidade, o que foi importante para a coleta de dados da pesquisa, pois o trabalho com os jogos digitais *online* exige equipamentos e conexão de bom desempenho.

O primeiro passo do trabalho foi a apresentação do Projeto de Pesquisa à direção da escola e à 15ª Coordenadoria Regional de Educação, solicitando a autorização para realização da pesquisa na escola pela qual respondem seus cargos (APÊNDICES A e B).

Na oportunidade de reunião de pais, no final do ano letivo de 2016, houve a apresentação por parte da pesquisadora do Projeto de Pesquisa e a solicitação para que conversassem com os filhos, sondando o interesse deles.

Posteriormente, em consulta aos alunos que demonstraram interesse de serem voluntários, foram esclarecidos com maiores detalhes os procedimentos da pesquisa, inclusive que as oficinas seriam realizadas no turno inverso das aulas. Desta forma, foram definidos seis participantes de ambos os sexos, três estudantes do 7º ano e três estudantes do 8º ano.

Pais e estudantes em acordo com a participação voluntária e permissão de uso de imagem e voz (APÊNDICES C e D), desenvolveu-se o trabalho, em forma de oficinas no mês de março de 2017.

No mês de fevereiro de 2017, foi realizado o teste piloto com duas alunas não participantes da pesquisa, este passo foi importante para averiguação dos instrumentos de coleta de dados e definição de caminhos metodológicos bem estruturados para dar início às oficinas previstas no Projeto.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa - CAAE 60925416.4.0000.5564

### 6.3 Procedimentos de coleta, organização e análise dos dados

Nesta seção, apresento como os dados foram coletados por meio de filmagens, observação e interlocução da pesquisadora durante as oficinas realizadas com os estudantes em atividade com os jogos digitais *online* de Matemática.

Estas oficinas foram realizadas no Laboratório de Informática da escola em horário contrário às aulas no mês de março de 2017, momento em que os estudantes recebiam por parte da pesquisadora somente os comandos principais do jogo, pois segundo Prensky (2012, p. 73-74), quando não se diz as regras antes do jogo, se faz necessário descobri-las por meio da observação, de testes de hipóteses, de tentativa e erro, o que configura o processo de descoberta por indução, os jogos de computador exigem essa habilidade.

Cada um dos jogos constitui-se em uma oficina e era aplicada para cada dupla de estudantes<sup>8</sup>, sendo que a atividade era gravada em vídeo.

Para a coleta de dados, optou-se pela filmagem das oficinas, porque a gravação em vídeo nos apresenta informações mais amplas e completas do que apenas a fala, oferecem ricas possibilidades nas observações, à medida que registram os argumentos discursivos e também formas não verbais, como o silêncio e as expressões corporais. Assim, os registros visuais foram sendo reunidos e organizados para posterior análise, pois a possibilidade que o vídeo oferece para “desvelar momento a momento sons e imagens de um fenômeno tem se transformado numa ampla e poderosa ferramenta da comunidade de pesquisa em Educação Matemática” (POWELL; SILVA, 2015, p. 84).

Outros aspectos levantados dizem respeito a manifestações dos estudantes no diálogo com a pesquisadora após cada atividade, momento em que relataram suas impressões em relação ao jogo.

A organização dos dados ocorreu tendo em vista a pergunta de pesquisa: “Quais aspectos de atenção e memória se manifestam na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática?” que a partir da transcrição das sessões filmadas para a interpretação de dados registrados por meios técnicos considera

---

<sup>8</sup> Os estudantes são identificados no estudo como E1, E2, E3, E4, E5 e E6, para zelar pelo sigilo de suas identidades e, a pesquisadora é identificada como P.

anotações e demais observações realizadas no decorrer do desenvolvimento das atividades (FLICK, 2009, p. 184).

Dois passos sugeridos por Marconi e Lakatos (2010, p. 166-167) foram seguidos nesta etapa: a seleção e a codificação; a seleção feita pelo exame minucioso das imagens para os recortes das cenas e a codificação dos dados mediante a organização de categorias pertinentes ao tema da pesquisa.

A análise dos dados foi condizente às categorias definidas como:

- Categoria 1. Aspectos evidentes de atenção na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática;
- Categoria 2. Aspectos evidentes de memória na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática.

Neste momento efetivou-se a busca de esclarecimentos e respostas à indagação da pesquisa com base nos dados coletados, na bibliografia e no referencial construído posto que “a importância dos dados não está neles mesmos, mas no fato de proporcionarem respostas às investigações” (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 21).

Deste modo, registraram-se dados relevantes para significar a análise e a interpretação com finalidade de constituir compreensões e estabelecer relações mútuas de aprendizagem como pesquisadora, observando:

[...] o interesse real e o respeito pelos pesquisados, a flexibilidade e a criatividade pra explorar novos problemas na pesquisa, a capacidade de demonstrar compreensão e simpatia, bem como a sensibilidade para saber o momento de interferir, de ficar calado e ouvir (SCHEFFER, 2017, p. 78).

Neste sentido, o estudo configurou-se numa relação de aprendizes ao criar oportunidades de conhecimento tanto para pesquisadora quanto para participantes da pesquisa. Do mesmo modo, para professores e outros, pois os jogos digitais utilizados constituem uma proposta de possibilidades exploratórias em matemática tendo em vista as funções cognitivas de atenção e memória.

## 7 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS DA PESQUISA

Neste capítulo pretende-se apresentar os dados da pesquisa integrados com interpretação e análise, na busca de convergências entre as observações e o aporte teórico constituído. A interpretação pode ser definida como:

[...] a atividade intelectual que procura dar um significado mais amplo às respostas, vinculando-se a outros conhecimentos. Em geral, a interpretação significa a exposição do verdadeiro significado do material apresentado, em relação aos objetivos propostos e ao tema (MARCONI; LAKATOS, 2007, p. 21).

Com base nos autores, apresenta-se a categorização dos dados em duas vias de análise, as quais se originam no caminho de busca de respostas à pergunta de pesquisa, “quais aspectos de atenção e memória se manifestam na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática?”, considerando as categorias de análise estabelecidas e a revisão teórica construída ao longo do estudo.

### 7.1 Aspectos evidentes de atenção na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática

A aprendizagem envolve o indivíduo por completo, há diferentes princípios que determinam o êxito do processo. Isto foi contemplado na pesquisa pelo olhar detalhista do que estaria facilitando a atenção e a memória durante o desenvolvimento das oficinas. Em vista disso, o conjunto de elementos importantes para detectar a atenção dos estudantes no momento em que estavam interagindo com os jogos digitais envolveram os aspectos ambientais, os aspectos emocionais, os aspectos do jogo e os aspectos corporais, apresentados a seguir:

#### 7.1.1 Aspectos ambientais

O ambiente físico do espaço escolar compreende muitos aspectos que podem tanto cooperar quanto concorrer no desenvolvimento do processo do ensinar e do aprender, abrange todos os estímulos sonoros, visuais e sensitivos do entorno, muitos destes, advindos de situações externas ao trabalho pedagógico.

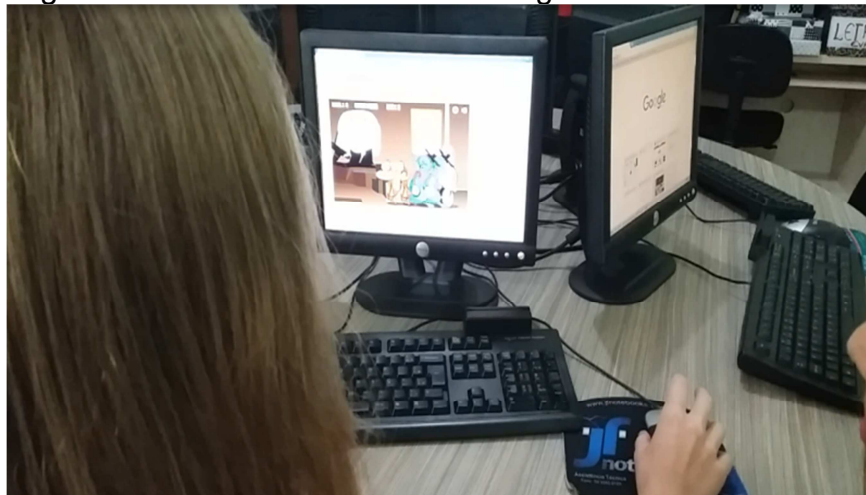
Para Cosenza e Guerra (2011, p. 41), a atenção é o fenômeno que nos permite “focalizar em cada momento determinados aspectos do ambiente, deixando de lado o que for dispensável”.

Neste sentido, observou-se que, quando os estudantes estavam em atividade com qualquer um dos jogos, na maioria das vezes, não houve movimento ou expressão daquele que estava jogando para verificar algum barulho externo, o que evidencia que os estudantes deixam de lado outros aspectos do ambiente quando estão em interação com jogos digitais.

Isto foi observado quando os estímulos atencionais do ambiente surgiam naturalmente, ou quando eram provocados por parte do colega de dupla que aguardava sua vez de jogar.

Por exemplo, na interação com o Jogo Cobrador de Ônibus (Figura 5), E2 realiza o trabalho de verificar o valor das passagens segundo o preço de tabela e permitir ou não a entrada dos passageiros, enquanto que E1 observa. Os personagens que apareceram foram 2 coelhos e 2 macacos, considerando que o valor da passagem do coelho de \$ 4,00 e do macaco de \$ 1,00, temos a expressão  $4 + 4 + 1 + 1$ . E2 responde rapidamente: “*Quatro, oito, nove, dez*”, e, ao verificar que o valor é suficiente, permite a entrada do grupo de passageiros.

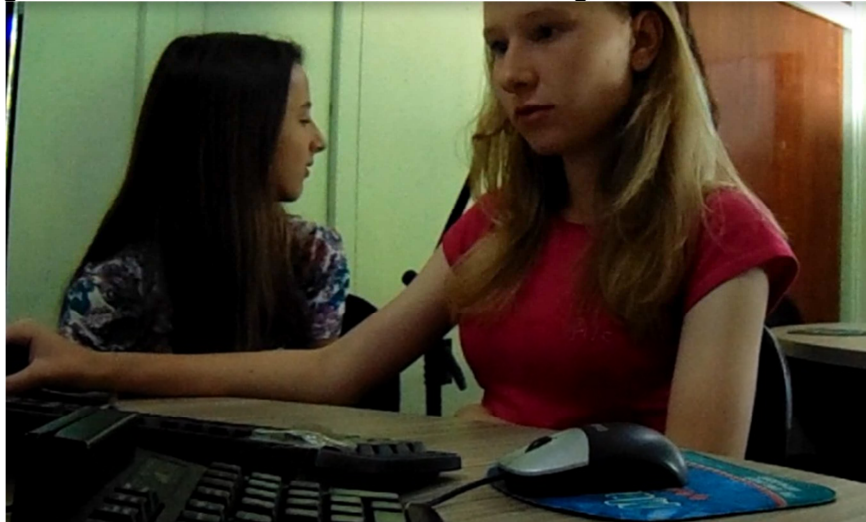
Figura 5 – E2 em atividade com o Jogo Cobrador de Ônibus



Fonte: Acervo da autora, 2017

Neste mesmo instante, há um intenso barulho das crianças voltando do intervalo, E1, que não está jogando volta seu olhar em direção à janela, mas E2 não perde o foco de atenção da atividade, como pode ser visto na Figura 6:

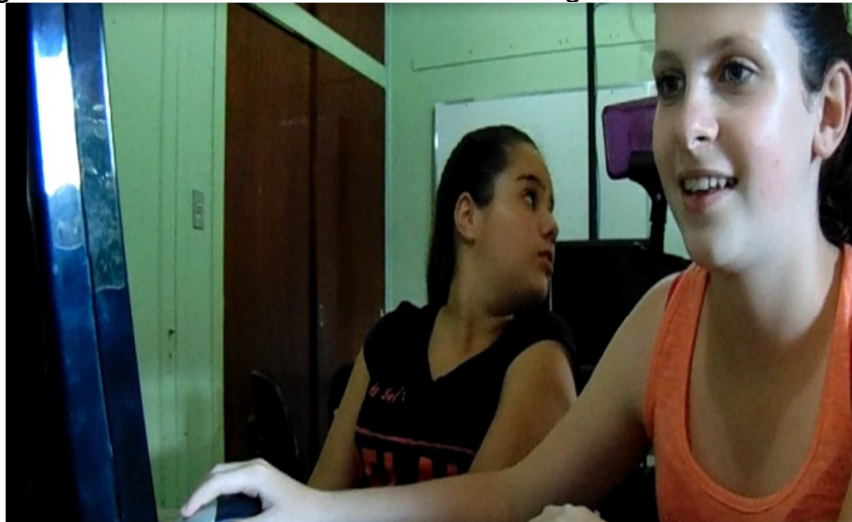
Figura 6 – E1 e E2 em atividade com o Jogo Cobrador de Ônibus



Fonte: Acervo da autora, 2017

A Figura 7 mostra situação semelhante com E5 e E6 na interação com esse mesmo jogo, E5 olha em direção à janela, vê que o tempo está para chuva e faz um comentário de espanto: “Cruzes!”, no entanto, mesmo sendo chamada pela expressão de preocupação da colega para mudar de foco o olhar, E6 reage como se não tivesse ouvido o comentário.

Figura 7 – E5 e E6 em atividade com o Jogo Cobrador de Ônibus



Fonte: Acervo da autora, 2017

Em outra circunstância, quando E3 e E4 interagem com o Jogo Batalha Matemática, o qual requer rapidez de resposta do cálculo que vem descrito no invasor sob pena de sua fazenda ser atacada, E4 dizia “Pare” quando o colega tentava ajudar falando o resultado das contas, isto evidencia que E4 alternava o foco

de atenção mental (o cálculo) para a atenção sensorial (estímulos sonoros). No diálogo ao final da atividade, o próprio estudante esclarece que a fala de E3 dificultava sua concentração:

E4: *É, atrapalha, atrapalha bastante* (confirmava sua fala fazendo sinal de sim com a cabeça).

E3: *Pra mim não mudava em nada quando você falava.*

E4: *Pra mim sim, eu preciso de bastante concentração na hora de fazer.*

E3: *Ah ah ah!*

E4: *Eu não consigo com um cara falando no ouvido.*

Isto mostra características particulares dos estudantes em relação ruídos/falas no ambiente em que realizam a atividade, para um deles distraía sua atenção enquanto que para o outro não.

Estas situações nos remetem a ideia de escolha seletiva que é apresentada por Prensky (2012, p. 80) como a capacidade humana de aprender em meio a distrações, que não é um fenômeno novo, mas de fundamental importância neste momento, na era digital.

Do mesmo modo com que os estudantes prestavam atenção a atividade no computador e ignoravam outros estímulos, podemos refletir se a intensidade da concentração é a mesma em aulas onde ocorre alguma situação adversa de estímulos. Prensky (2012, p. 78) diz que quando os métodos tradicionais de ensino não atraem os indivíduos, não é porque os indivíduos não consigam prestar atenção, mas porque eles optam por não fazê-lo.

A capacidade de concentração é um aspecto/uma atitude pessoal, como visto anteriormente no diálogo entre E3 e E4, para um deles a conversa atrapalhava, enquanto que, para o outro não. Porém, percebe-se mesmo assim, que para ambos os estímulos do ambiente foram ponderados, comprovando que é um fator condicional da atenção.

### 7.1.2 Aspectos emocionais

O foco de atenção dos estudantes, por vezes, foi acometido aos estímulos emocionais. Para E2, na interação com o jogo Cobrador de Ônibus, em que precisava resolver rápida e corretamente os cálculos para preservar as “vidas” e avançar os níveis, a condição emocional de desaprovação em relação resposta de



retorno do jogo fez com que perdesse o foco de atenção e, conseqüentemente, perdesse. Isto pode ser observado em sua fala:

E2: *Quatro, cinco, seis, sete, oito, nove, dez, onze, doze, treze.* (Som de erro no jogo, E2 aperta a boca em sinal de desaprovação).

E1: *Dava.*

E2: *Quatro, cinco, seis, sete, oito, nove dez, onze, doze, dá.* (Som de erro no jogo).

E2: *Mas dava!*

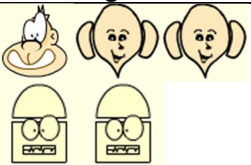

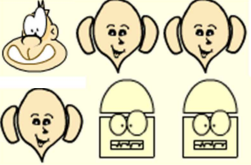

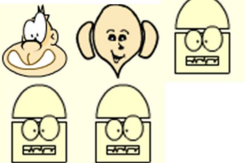

E2: *Quatro, cinco, seis, sete, oito, nove, dez, onze.* (Som de erro no jogo).

E2: *Morri!* (balança a cabeça).

Neste momento, E2 estava no 5º nível do jogo, com suas 3 vidas, porém, ao perder a concentração que estava mantendo anteriormente na resolução dos cálculos, ficou irritada e cometeu a sucessão de erros.

Esta situação é apresentada no Quadro 6, com os personagens, a expressão a ser resolvida para calcular a passagem do grupo e o cálculo que permite ou não a entrada dos passageiros no ônibus:

Quadro 6 – Desempenho de E2 no Jogo Cobrador de Ônibus

Personagens	Expressão	Suficiente?	Opção escolhida
	$1 + 4 + 4 + 2 + 2 = 13$	$10 + 2 = 12$	
	$1 + 4 + 4 + 4 + 2 + 2 = 17$	$10 + 5 + 1 = 16$	
	$1 + 4 + 2 + 2 + 2 = 11$	$5 + 2 + 2 = 9$	

Fonte: Acervo da autora, 2017

Ao selecionar a opção de “V” para cada uma das situações, E2 perde sequencialmente suas 3 vidas no jogo, pois as respostas das expressões (2ª coluna) não coincidem com as respostas da condição de permissão de entrada (3ª coluna). Este aspecto também ocorre com E4 na interação com o jogo Batalha Matemática, no momento em que está realizando cálculos com mais parcelas, já no 4º nível do jogo, o estudante se irrita com o comentário e riso do colega mediante o erro da

soma  $5 + 4$ , perde o foco, reclama não se lembrar da multiplicação  $6 \times 5$ , e como pode ser visto no diálogo, se atrasa para dar as respostas e os cálculos se acumulam:

E3: Cinco com quatro dá quanto, dá oito? (ri)  
 E4: Ah cara! Não incomoda!  
 E4: Nã! (ergue o braço). Eu me esqueci.  
 E4: Nossa, eu “minei” de número!

Nestes casos, o efeito negativo no desempenho da atividade está relacionado à distração emocional. Para Goleman (2014, p. 42) “as emoções guiam o foco”, quando nos sentimos dominados por emoções, fixamos nossa atenção àquilo que é mais perturbador, isto faz com que nos esqueçamos do resto.

E, portanto, quando não há atenção, ou seja, quando se apresenta a distração, seja ela sensorial ou emocional, a mente divaga. Por consequência, se não há foco naquilo que está a ser aprendido, nosso cérebro não situa aquela informação nas redes neurais (GOLEMAN, 2014, p. 22).

A partir dos dados expostos pode-se constatar que a atividade realizada com estes estudantes reafirma os conceitos de que o ambiente externo influencia na condição atencional, bem como as emoções da relação do estudante com a mídia e do estudante com seus pares direciona o foco, que por sua vez, determina o bom ou o mau desempenho das atividades desenvolvidas no jogo que está sendo proposto.

### 7.1.3 Aspectos do jogo

Os jogos digitais, junto com os videogames são considerados por Prensky (2012, p. 155) como os passatempos que mais prendem a atenção de seus usuários na história da humanidade. O autor justifica essa prerrogativa ao destacar que:

Jogos são uma forma de diversão, o que nos proporciona prazer e satisfação. Jogos são uma forma de brincar, o que faz nosso envolvimento ser intenso e fervoroso. Jogos têm regras, o que nos dá estruturas. Jogos têm metas, o que nos dá motivação. Jogos são interativos, o que nos faz agir. Jogos tem resultados e *feedback*, o que nos faz aprender. Jogos são adaptáveis, o que nos faz seguir um fluxo. Jogos têm vitórias, o que gratifica nosso ego. Jogos têm conflitos/competições/desafios/oposições, o que nos dá adrenalina. Jogos envolvem a solução de problemas, o que estimula nossa criatividade. Jogos têm interação, o que nos leva a grupos sociais. Jogos têm enredo e representações, o que nos proporciona emoção (PRENSKY, 2012, p.156).

Todos esses elementos foram alvo de observação e reflexão nas oficinas realizadas para a coleta de dados e certamente influenciaram no desenvolvimento das habilidades de cálculo dos estudantes de forma divertida.

Foram selecionados alguns trechos mais significativos, dentre as justificativas do autor, destacadas no texto em letra de fonte *itálico*, que podem ser observadas nos jogos selecionados para esta pesquisa.

O jogo Cobrador de Ônibus tem a *representação* da função exercida neste trabalho, ou seja, os estudantes podem *brincar* de ser este profissional, mas para isso precisam seguir as *regras* para serem honestos, cobrando a passagem corretamente permitindo o *fluxo* do jogo. Os *desafios* se apresentam à medida que o grupo de passageiros que embarca no ônibus começa a ficar cada vez maior.

Isto pode ser observado nas falas de E3 e E4 quando interrogados pela pesquisadora após o jogo:

P: O que vocês acharam desse jogo? O que vocês precisavam pra se dar bem no desenvolvimento do mesmo?

E3: Concentração.

E4: Raciocínio bastante.

E3: Ahhh...?

E4: Bastante raciocínio.

E3: É.

P: O que foi mais difícil?

E3: Somar!

E4: Aham! Contar os bichinho aqui.(aponta na tela do computador)

E3: Os primeiros tava fácil, mais fácil.

E4: Depois quando vinha tudo junto...(risos)... minava daí.

É possível perceber pelo entusiasmo da fala de E4, que ao calcular o valor das passagens quando os grupos ficavam maiores, este jogo tornava-se emocionante e desafiador.

Na Figura 8, vemos uma das situações do jogo que mostra um grupo maior de passageiros, o que representa o raciocínio do cálculo com mais parcelas a ser efetuado no tempo determinado. No exemplo, a soma do valor das passagens é de  $2 + 4 + 4 + 4 = 14$  e o valor apresentado pelos passageiros é  $10 + 2 + 1 = 13$ , portanto a opção a ser escolhida é "X", pois não é suficiente.

Figura 8 – Nível 3 do Jogo Cobrador de Ônibus



Fonte: Acervo da autora, 2017

Apesar do jogo Cobrador de Ônibus apresentar o formato de disputa somente entre o jogador e o computador, nesta oficina ele foi *adaptado* para promover *interação* entre dois estudantes, assim, a dupla ficava junto e cada jogador tinha sua vez de jogar e deveria guardar que nível e que pontuação havia feito (*feedback*) para depois comparar com o colega e ver quem *ganhou* maior pontuação no jogo. Podemos constatar isto entre E5 e E6:

(Avanço de nível no jogo. E6 olha para a colega e sorri. Volta-se para a tela e aperta os lábios).  
 E6: Dois três, quatro, cinco, seis sete, oito, não passa, foi demais.  
 E5: Passou de mim!  
 E6: Seis, sete, oito, não.  
 [...]  
 (Som do fim do jogo).  
 P: E a pontuação?  
 E5: Ganhou! Deu dez mil.  
 P: Lembra quanto você tinha feito?  
 E5: Oito e oitocentos.  
 E6: É.

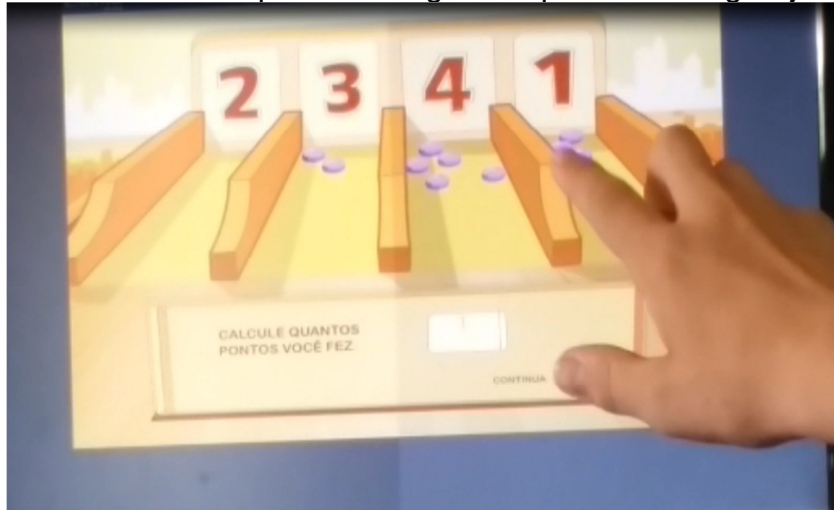
Da forma como o jogo foi conduzido na pesquisa, observa-se pelas palavras de E5 e E6 que o estímulo da disputa entre os jogadores tornou a atividade mais desafiadora, e ainda, fez-se muito mais uso da memória, quando da comparação da pontuação.

Já o jogo Sjoelbak é uma adaptação digital do jogo tradicional em madeira da cultura holandesa. Uma *disputa* entre dois jogadores com a *meta* de acertar o maior

número de discos nas casas numeradas, com estratégias para obter valor duplo para algumas peças, conforme *regra* do jogo.

Depois das três tentativas, cada jogador *soluciona* a situação que apresenta sua pontuação (Figura 9) e ao final, o *feedback* do resultado que determina o jogador *vitorioso* é dado pelo jogo.

Figura 9 – E3 em etapa de contagem de pontos do Jogo Sjoelbak



Fonte: Acervo da Autora, 2017

É um jogo *divertido* e de bastante *interação* entre os participantes, E3 e E4 demonstram esse *envolvimento prazeroso* no diálogo:

- E3: Dant daradant...(cantarolando)  
 E4: Oh, saiu "sem voia" (expressão que quer dizer "sem vontade")  
 E4: Tam! Esse foi com muita "voia".  
 E3: Ah! Ah! (riso alto) não saiu do lugar.  
 E4: Nossa Senhora!  
 E3: Na traveeeee!  
 E4: Ela pulou por cima essa daqui.  
 E4 (ajeita o mouse sobre o suporte, dá uma batida na mesa): Não, pera aí!  
 E3: Nummm, é ruim demais.  
 E4: "Pelamor"  
 E3: Conseguiu, conseguiu uma.  
 E4: Uma! Ah! (comemora erguendo o braço com o dedo indicando o um).  
 E3: Uh, mas tem mais duas tentativas.  
 E3: Boa!  
 E3: prrrrrrr (faz som com a boca, quando o disco não entra)  
 E4: Fuuu, fuuu, foi ( assopra como se fosse empurrar o disco)  
 (Risos).

E assim, dessa forma alegre e descontraída, um desafiando o outro durante todo o tempo, conversando, rindo, pode-se dizer que ocorreu a *interação* de forma *divertida* dessa dupla, após a atividade, queriam jogar novamente.

O Sjoelbak apresenta caracterizações de jogos que chamam a atenção pela sua apresentação visual, som e identificação dos jogadores a cada etapa. E5 e E6, por exemplo, no final da atividade fazem comentários de *satisfação* em relação à *personalização* do jogo, isto pode ser observado na Figura 10 e no diálogo das estudantes:

Figura 10 – E5 e E6 em atividade com o Jogo Sjoelbak



Fonte: Acervo da Autora, 2017

E5: Olha você nessa bolinha! (mostra com o dedo na tela do computador)  
(risos)

E6: É que ela tá triste.

E5: É. Ah é mesmo!

E6: Dãããã.

E5: Ah! O que é a nossa torcida! (mostra com o dedo na tela do computador)

(E5 e E6 riem, divertindo-se com a imagem da tela).

E5: A minha torcida está me aplaudindo (abana com as duas mãos em direção própria como se estivesse recebendo a energia da imagem).

E6: Uh, cheio! Espere eles te conhecerem!

(muitos risos).

Nota-se que estas estudantes observaram todos os detalhes que o jogo apresenta, de modo que manifestam atenção sensorial, motivada pela visão e audição e também atenção mental, quando do momento em que estavam calculando. Isto leva a considerar que o *enredo* e as *representações* que os jogos

digitais como este apresentam são fatores de grande relevância quando objetivam prender a atenção dos jogadores.

O jogo Space Race traz um cenário que desperta *imaginação*, é uma corrida espacial que pode envolver a *disputa* de até quatro jogadores, que *resolvem* cálculos para *vencer* a corrida, como vemos na Figura 11:

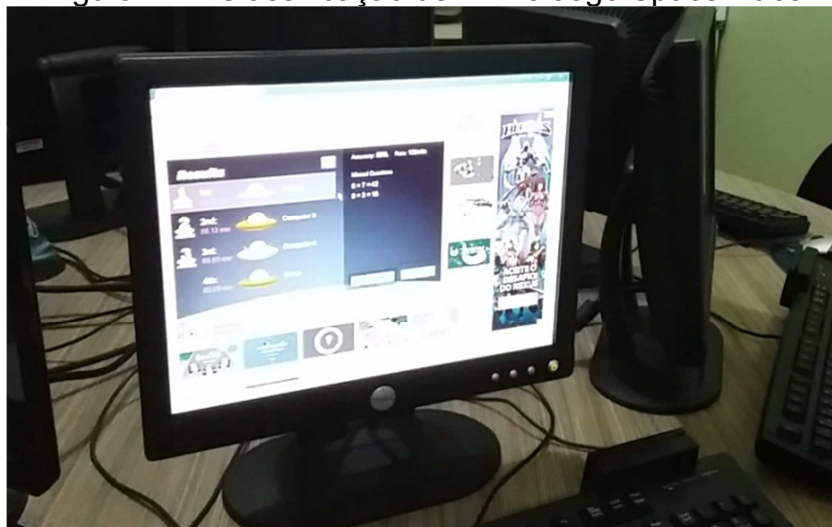
Figura 11 – Etapa do Jogo Space Race



Fonte: Acervo da autora, 2017

No final, o jogo oferece o *feedback* com a classificação das naves e a lista de cálculos que não foram resolvidos corretamente pelo jogador com resposta certa, como na Figura 12, finalização do jogo de E2:

Figura 12 – Classificação de E2 no Jogo Space Race



Fonte: Acervo da autora, 2017



E2: Eeeeeeh! (comemora e sorri)  
 E1: Chegou em primeiro?  
 E2: Primeiro. Errei seis vezes sete e seis vezes três.  
 P: Com foi esse jogo?  
 E2: Foi bom!  
 E1: Muito bom!  
 E2: Legal!  
 E1: O melhor de todos profe!  
 P: É? Por que melhor?  
 E2: Porque é legal ter que fazer rápido as contas daí tem que acelerar, é legal.

Pela fala destes estudantes, nota-se que o formato de corrida deste jogo desperta ainda mais a emoção da disputa, as multiplicações durante o percurso são de números menores, a maioria delas memorizadas (tabuada), como por exemplo,  $6 \times 4$ ,  $2 \times 3$  ..., o que faz com que o jogador possa ser rápido em direcionar a sua nave e até acelerar quando tem segurança de sua resposta. A atenção neste momento é tanto mental quanto sensorial, pois exige foco nos processos mentais da resolução do cálculo e ainda necessita de visão e coordenação dos movimentos com o mouse para direcionar a nave na direção correta.

No jogo Batalha Matemática a *simulação* é de uma batalha, mas com inimigos singelos que vão surgindo conforme o nível avançado no jogo: abelha, fogo, água, extraterrestre, mosca, fantasma... (Figura 13). O jogador precisa *fazer os cálculos* para eliminar cada inimigo antes que chegue à sua fazenda.

Figura 13 – Etapa do Jogo Batalha Matemática

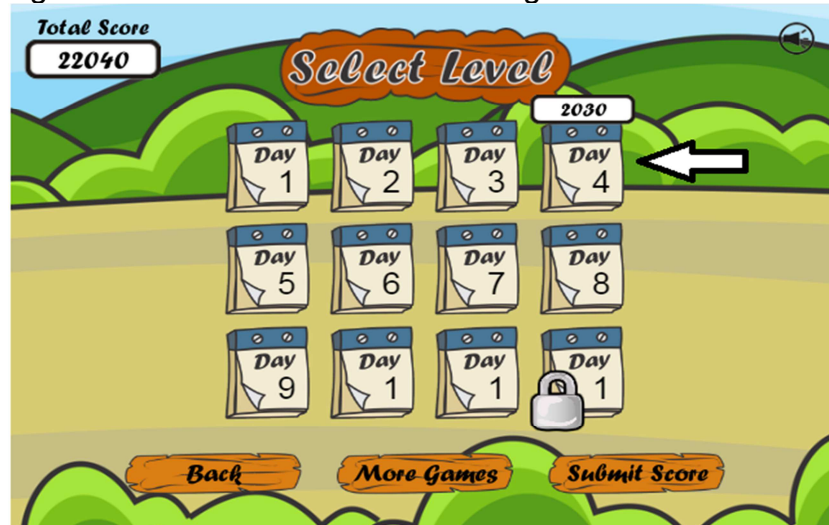


Fonte: Acervo da autora, 2017



É um jogo que registra o *recorde* de pontuação de cada nível e também o recorde geral, a Figura 14 mostra o registro de um jogador que já atingiu o 11º nível do jogo, tem um recorde total de 22 040 pontos e, apontado pela flecha, vemos o recorde do 4º nível, que é de 2 030 pontos, o que permite o *desafio de superá-los* a qualquer tempo tanto individualmente quanto, no caso deste estudo, entre dois jogadores.

Figura 14 – Níveis e Recordes do Jogo Batalha Matemática



Fonte: Acervo da autora, 2017

No apanhado geral dos quatro jogos selecionados para esta pesquisa, constata-se pelas manifestações dos estudantes que elementos, como imagens, animações, som e *feedback*, são imprescindíveis para chamar a atenção e manter o foco na atividade.

#### 7.1.4 Aspectos corporais

Os sinais emitidos pelo corpo por meio de expressões faciais, gestos, movimento ou a falta de movimento são considerados nesta pesquisa porque também são indicativos do estado de atenção do indivíduo.

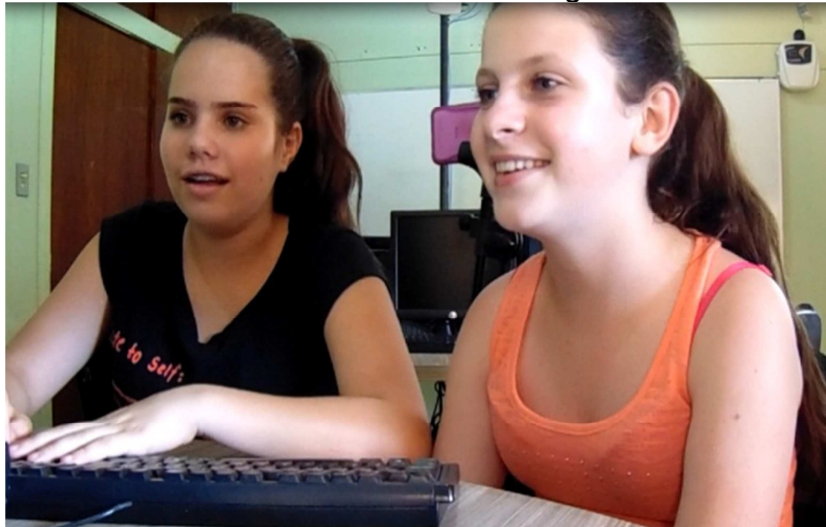
A atenção voluntária, a qual ocorre por interesse do sujeito em determinado assunto foi observada neste estudo quando os estudantes manifestaram-se atraídos pelos jogos. A atenção reflexa foi reconhecida quando os estudantes estavam

realizando a atividade e produziam movimentos de olhos ou de corpo em reação ao barulho ou às próprias situações inesperadas do jogo.

Desse modo, foi de fundamental importância o registro feito em vídeo em dois ângulos: uma vista de frente para a tela do computador para acompanhar cada momento do jogo e uma vista de frente para o rosto do estudante para captar suas expressões, além é claro, do áudio.

As cenas permitiram observar as características corporais/faciais dos estudantes demonstrativas do seu foco de atenção durante as atividades com os jogos digitais. Por exemplo, fixar o olhar como as estudantes E5 e E6 (Figura 15), é uma característica de alguém que está direcionando seu foco atencional para um único estímulo sensorial, deixando de lado outros, Cosenza e Guerra (2011, p. 42) ilustram que a atenção é comparada a uma lanterna na janela de nossa percepção focalizando um dos nossos sentidos ou o nosso pensamento.

Figura 15 – E5 e E6 em atividade com o Jogo Batalha Matemática



Fonte: Acervo da autora, 2017

Por diversos momentos os estudantes participantes do estudo fizeram movimentos de sentar em posição ereta, aproximar a cabeça e fixar os olhos em direção à tela do computador quando pareciam querer se concentrar mais. Outro aspecto comportamental evidente da atenção é o silêncio. Durante as oficinas, mesmo com a solicitação da pesquisadora para que falassem o que estavam fazendo durante o jogo, por diversas vezes quem estava jogando permanecia

calado, ou apenas resmungava, principalmente quando o jogo estava em nível que exigia maior rapidez de resposta.

#### 7.1.5 Ideias conclusivas

Pelas observações feitas nesta categoria de análise, considera-se que a atenção é um aspecto manifesto pelos estudantes durante a interação com os jogos digitais, fato verificado nas falas e expressões, bem como nos momentos de silêncio.

Diante de elementos importantes observados, pode-se constatar também que os estudantes participantes da pesquisa apresentam as características de Nativos Digitais conforme Palfrey e Gasser (2011, p.11), pois se mostraram sempre muito à vontade diante do computador, com linguagem comum de quem conhece a ferramenta e muito entusiasmo pelos jogos digitais.

Fica também evidente que os aspectos dos jogos que prendem a atenção do indivíduo trazido por Prensky (2012) integram os jogos digitais *online* da pesquisa, o que pode nos levar a entender que no momento da interação dos estudantes com os mesmos houve muitas manifestações de atenção pelas próprias características do jogo. Elementos como diversão (Figura 16), regra (Figura 17), desafio (Figura 18), competição (Figura 19), estimulavam os estudantes para a atividade e, ao mesmo tempo, eram motivo de divertimento.

Figura 16 – Etapa de mudança de nível no Jogo Cobrador de Ônibus



Fonte: Acervo da autora, 2017

No Jogo Cobrador de Ônibus, por exemplo, os personagens expressam alegria na passagem de nível do jogo e quando aprovada sua entrada para a viagem, mas também fazem expressão de bravos se o cobrador não permite a entrada quando o valor era suficiente, isto é a maneira lúdica de representar o “acerto” e o “erro” do jogador.

Figura 17 – Regras do Jogo Sjoelbak



Fonte: Acervo da autora, 2017

O Jogo *Sjoelbak* (Figura 17), tem regras bem explicadas antes de dar o comando de início, isto porque se não houver a compreensão das mesmas, o jogador pode, por exemplo, deixar de usar a estratégia de duplicar as peças nas casas para obter maior pontuação.

Figura 18 – Etapa do Jogo Batalha Matemática



Fonte: Acervo da autora, 2017

Apresentar desafios que instiguem a participação do jogador é fundamental para manter a atenção constante na atividade. No Jogo Batalha Matemática (Figura 18), por exemplo, salvar a fazenda do ataque dos inimigos é o desafio permanente, às vezes são inimigos fáceis de eliminar, com cálculos simples, como  $3 - 1$  e  $2 \times 2$ , mas à medida que os níveis são avançados, os inimigos são mais complexos, apresentam expressões maiores, como  $22 - 8 - 8$  e  $3 + 14 + 8$ .

Figura 19 – Identificação da nave dos jogadores no Jogo Space Race



Fonte: Acervo da autora, 2017

O jogo Space Race (Figura 19), é uma competição de corrida entre naves espaciais. Antes de dar a largada, o jogador pode personalizar a sua nave com o nome e a cor de preferência, enquanto que os outros três competidores podem ser escolhidos em rede local, ou jogadores que estiverem *online* no mesmo momento. Interagir periodicamente com jogos digitais como os apresentados no estudo, tornam áreas específicas do cérebro mais desenvolvidas, pois é resultado de experiências repetidas (PRENSKY, 2012, p. 72).

Pela permanente plasticidade do cérebro, Cosenza e Guerra (2011, p. 36) explicam que “o treino e a aprendizagem podem levar à criação de novas sinapses e a facilitação do fluxo de informações dentro de um circuito nervoso”, ou seja, o treinamento constante de uma determinada atividade favorece as ligações sinápticas entre as conexões estimuladas, o que faz com que tal atividade seja realizada de forma cada vez mais eficiente.

Concebendo o conteúdo matemático dos jogos selecionados, a necessidade da atenção para alcançar êxito na resolução das situações de cálculo foi observado como pré-requisito, pois proporcionava ao estudante responder corretamente, avançar de nível ou vencer o jogo com mais facilidade.

Os cálculos contemplavam os algoritmos da adição, subtração, multiplicação e divisão, em representação simples, como  $4 + 1$  e  $10 : 10$  do Jogo Batalha Matemática, ou em expressões numéricas, como  $(2 \times 2) + 2 + (2 \times 3) + (2 \times 4) + 4 + (2 \times 1) + 1 + 1$ , que representa a pontuação do Jogo Sjoelbak, por exemplo.

Para concluir esta categoria de análise, em resposta à questão da pesquisa, denota-se que foram observadas manifestações de atenção dos estudantes participantes do estudo quando fixaram o olhar em direção à tela do computador, quando permaneceram em silêncio, quando observaram detalhes do design do jogo, quando fizeram ordenadamente a atividade, quando mantiveram o foco atencional mesmo concorrendo com estímulos externos e quando, em estado de atenção mental, resolviam os algoritmos.

A partir da teoria em estudo, pode-se dizer que a atenção serve como chave de acesso à memorização, pois funciona como um filtro que barra informações irrelevantes e faz com que possamos passar as informações mais precisas ao sistema nervoso, por isto esta investigação abrange conjuntamente os aspectos de memória manifestados pelos estudantes neste mesmo contexto.

## **7.2 Aspectos evidentes de memória na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática**

Fazer cálculos mentais utilizando as operações básicas, bem como fazer estimativas, caracterizam a necessidade do armazenamento de fatos numéricos na memória como função necessária para o bom desempenho em Matemática. A automatização dos algoritmos faz com que sejam dadas respostas rápidas, como por exemplo, pode ser percebido em relação à memorização da tabuada: a resposta para  $5 \times 3$  será dada muito mais rapidamente do que para  $5 \times 12$ , pois comumente memoriza-se a multiplicação por fatores entre 0 e 10.

As atividades realizadas neste estudo contemplam memória matemática, na medida em que foram escolhidos jogos digitais que possuem algoritmos das



operações de adição, subtração, multiplicação e divisão onde a habilidade de cálculo mental se configura como pré-requisito.

Nas atividades desenvolvidas, observam-se aspectos de memória de trabalho (a memória operacional que serve para organizar a realidade percebida pelo cérebro) e de memória permanente (a responsável por armazenar todo o conhecimento de uma pessoa), a seguir apresentados:

### 7.2.1 Aspectos característicos de memória de trabalho

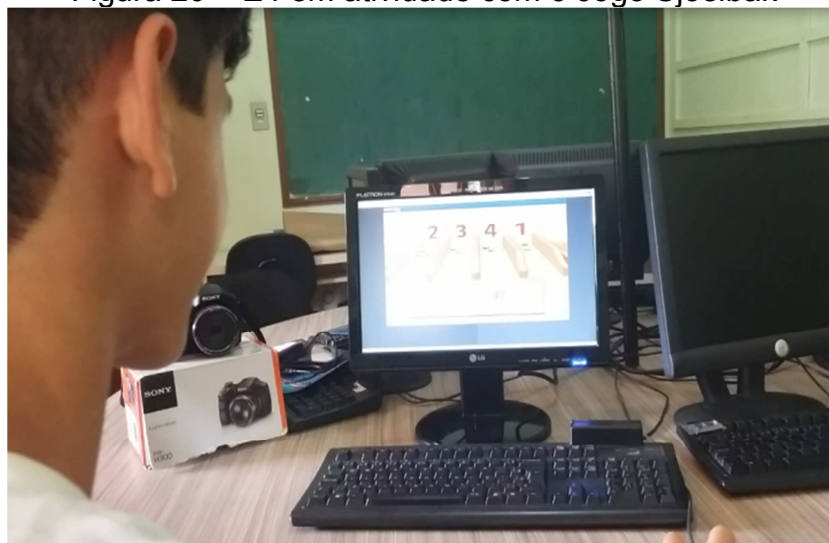
A memória de trabalho é considerada um acesso rápido às memórias preexistentes do indivíduo, o sistema gerenciador central responsável por manter a informação viva pelo tempo suficiente para que seja processada (IZQUIERDO, 2010, p. 27).

É possível verificar a memória de trabalho em ação, quase que ininterruptamente, quando os estudantes fazem rapidamente os cálculos e associações numéricas nas expressões.

Pode-se perceber esta premissa na contagem de pontos do jogo Sjoelbak, feita por E4 (Figura 20), que conseguiu colocar 3 discos na casa de número 2, 3 discos na casa de número 3, 2 discos na casa de número 4 e 2 discos na casa de número 1, cuja associação poderia ser feita pela expressão:

$$(2 \times 2) + (2 \times 2) + 2 + (2 \times 3) + (2 \times 3) + (2 \times 4) + (2 \times 4) + (2 \times 1) + (2 \times 1) = 42$$

Figura 20 – E4 em atividade com o Jogo Sjoelbak



Fonte: Acervo da autora, 2017

Observa-se no diálogo de E3 e E4, as estratégias usadas para a contagem da pontuação:

E4: Aqui oito. Oito mais oito dezesseis.

E3: Sim.

E4: Tá.

E3: Começa pelo um que é mais fácil.

E4: Doze.

E4: Dezesseis mais doze...oito...vinte e oito.

E3: Tá. E lá como é que tu cismou que dá quarenta e um?

E4: Vinte e oito. Ham? (olha para o colega)

E3: Faça a conta ali.

P: Vinte e oito, ali vale quatro.

E4 conta com os dedos: Vinte e nove, trinta, trinta e um, trinta e dois. Trinta e três, trinta e quatro, trinta e cinco, trinta e seis, trinta e sete.

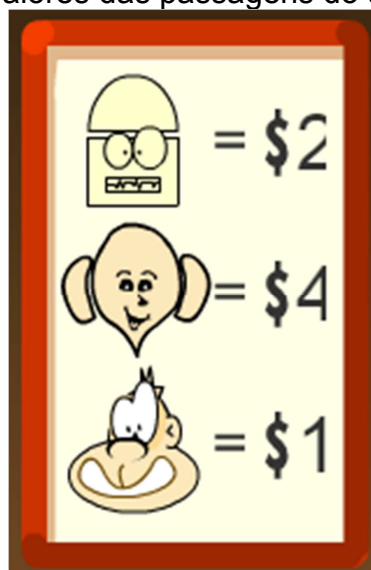
P (mostra na tela do computador): Essa aqui vale dois.

E4: Trinta e oito...Quarenta e dois!

Nota-se que a informação do número de pontos a ser somados permanece na memória de trabalho, ou seja, somente o tempo suficiente para que o cálculo seja feito, tanto que o estudante E4 fez a contagem da pontuação mais de uma vez e, em cada uma delas, foi necessário começar tudo novamente.

Na interação com o jogo Cobrador de Ônibus, se o estudante memorizasse o valor que deveria ser pago por cada personagem, não precisaria deslocar seu olhar para o quadro de valores (Figura 21), mantendo o foco de atenção somente na tarefa de permitir a entrada a partir dos cálculos das passagens, podendo, assim, ser mais rápido.

Figura 21 – Quadro de valores das passagens do Jogo Cobrador de Ônibus



Fonte: Acervo da autora, 2017



Nota-se ainda que a contagem aos pares também é um aspecto que aparece nesta interação, como pode ser visto na fala de E2 durante o jogo:

E2: Quatro, oito, nove, dez.  
 E2: Dois, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove, dez.  
 E2: Quatro, cinco, seis, sete, oito.  
 E2: Quatro...oito...  
 E2: Dois, quatro, seis.  
 E2: Quatro, cinco, seis, sete.  
 E2: Dois, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove, dez....duas vezes cinco dez.

A contagem aos pares é uma recuperação da memória permanente, de E2, pois é algo já aprendido, assim como as estratégias de associação para a adição dos números. Isto surge naturalmente toda a vez que esse estudante depara-se com situação semelhante, porém, nesta contagem, as informações não perduram, ou seja, se fosse perguntado ao estudante algum tempo depois da atividade, ele provavelmente já teria esquecido a sequência de números que ele visualizou na tela do jogo e efetuou o cálculo da sua pontuação, o que é natural para todos nós, ele utilizou a memória de trabalho, que armazena informações necessárias para o desempenho de uma tarefa consciente, por um pequeno período de tempo.

Os próprios estudantes verificam a importância da memória de trabalho para ter êxito na atividade, utilizaram o termo “gravar” quando perguntado pela pesquisadora sobre quais habilidades eram necessárias para o jogo:

P: O que vocês têm pra falar do jogo, o que vocês precisaram para jogar?  
 E1: Concentração.  
 E2: Matemática também, ocupa multiplicação.  
 P: Qual foi a estratégia para fazer mais pontos? O que vocês precisavam?  
 E1: Ficar “gravando”, somando rápido (faz gesto de sequência com a mão).  
 E2: Tinha que ir somando e “gravar” quanto cada um pagava pra somar e depois ver quanto dava.

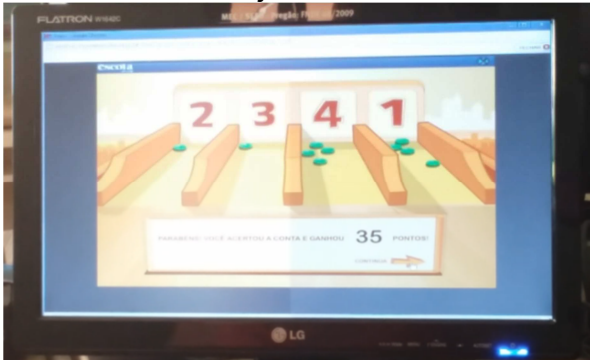
Constata-se ainda, nestas falas, a vinculação entre a concentração, que é um estado de atenção, à memória de trabalho, necessária para dar conta das tarefas do jogo, o que associa as funções cognitivas de atenção e memória como complementares na interação com o jogo e com a matemática.

A pontuação do jogo também envolve uma memória de trabalho, pois permanece o tempo suficiente para indicar o vencedor. Esse registro é dado pelo jogo, porém a atividade foi realizada sempre como uma competição em dupla, a

memorização da pontuação de quem jogou primeiro era condição necessária para comparar com a pontuação de quem jogou depois para identificar o vencedor.

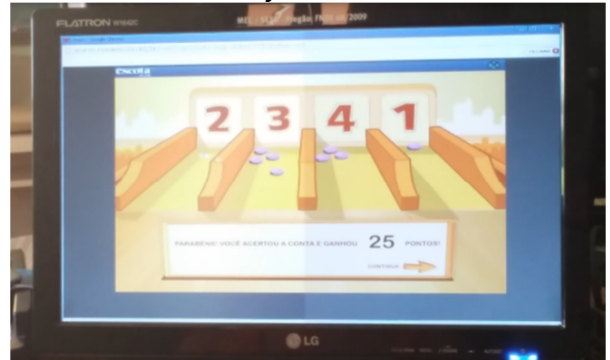
Isto se pode observar nas falas de E5 e E6 , quando comparam a pontuação no jogo Sjoelbak, conforme Figura 22 e Figura 23:

Figura 22 – Pontuação de E5 no Jogo Sjoelbak



Fonte: Acervo da autora, 2017

Figura 23 – Pontuação de E6 no Jogo Sjoelbak



Fonte: Acervo da autora, 2017

E5: Três, nove, doze, treze, quatorze, quinze, dezesseis...vinte e quatro, vinte e cinco, eu acho.

(E5 digita a resposta e está correta).

E5: Perdi. O teu deu quanto?

E6: Trinta e cinco.

E5: O teu deu mais porque deu dobro.

E também quando estas mesmas estudantes comparam o desempenho no jogo Cobrador de Ônibus (Quadro 7):

Quadro 7 – Pontuação de E5 e E6 no Jogo Cobrador de Ônibus

Estudante	Nível	Pontuação
E5	4	8 800
E6	4	10 000

Fonte: Acervo da autora

Observa-se que foi necessário retomar a informação para constatar o quem foi o vencedor:

P: E a pontuação?

E5: Ganhou! Deu dez mil.

P: Lembra quanto você tinha feito?

E5: Oito e oitocentos.

E6: É.

E3 e E4 comparavam a pontuação e os níveis durante o jogo Cobrador de Ônibus, em diálogos curtos:

E4: Tu foi até quatro? (nível)  
 (E3 confirma).  
 [...]  
 E3: lhhh, perdi.  
 E4: Tu fez nove mil né, eu tô com oito e novecentos.  
 [...]  
 E4: Dez mil e cem tá! Ganhei!

Nestes momentos, estavam recuperando a informação para, ao final da atividade, determinarem o vencedor. A comparação do desempenho está apresentada no Quadro 8:

Quadro 8 – Pontuação de E3 e E4 no Jogo Cobrador de Ônibus

Estudante	Nível	Pontuação
E3	4	9 000
E4	4	10 100

Fonte: Acervo da autora

Nota-se nas falas dos estudantes que a memória de trabalho conduz o desenvolvimento das atividades dos jogos, mas também é acesso para aprendizados já armazenados na memória permanente, como por exemplo, a comparação de números naturais quando concluem quem foi o vencedor.

Em razão disto que a memória de trabalho assume o papel gerenciador: ao receber qualquer tipo de informação, num sistema coordenado com outras conexões mnemônicas, se estabelecem possíveis relações da experiência atual com outras semelhantes das quais possa haver registro: o aprendizado (IZQUIERDO, 2010, p. 27-28).

### 7.2.2 Aspectos característicos de memória permanente

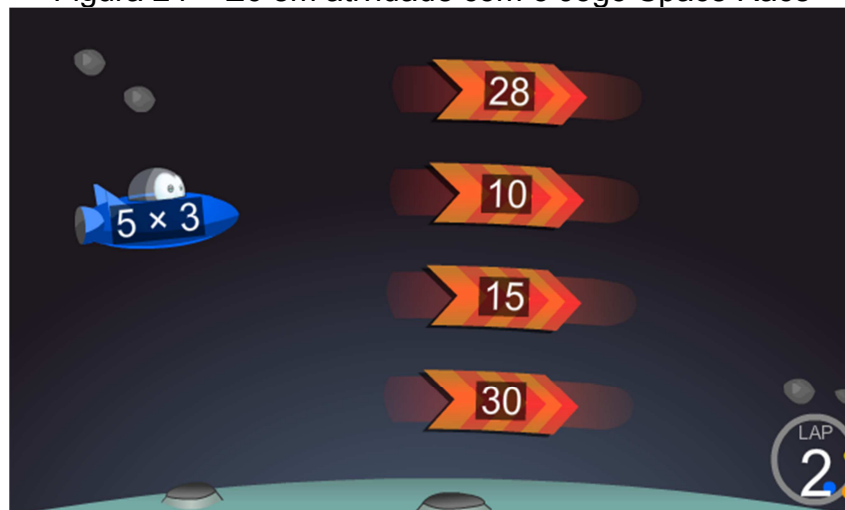
A memória permanente envolve abstrações, o cérebro converte a realidade em códigos que são traduzidos pelos neurônios, e da mesma forma, na evocação, ao reverter a informação para o meio, os neurônios enviam os sinais para que nossos sentidos e nossa consciência possam interpretá-los como pertencendo a um

mundo real. Em cada tradução podem ocorrer perdas ou mudanças (IZQUIERDO, 2010, p. 22).

Na atividade com os jogos que envolviam multiplicação, é possível perceber que a tabuada é uma das informações evocadas da memória permanente, bem como suas falhas. Está, por exemplo, na fala ininterrupta e rápida de E6 na interação com o jogo Space Race (Figura 24), cujas multiplicações e opções de resposta apresentadas nesta etapa do jogo podem ser vistas no Quadro 9:

E6: Quatro vezes dois oito. Cinco vezes três quinze. Sete vezes três vinte e um. Duas vezes cinco dez. Uma vez dois dois. Cinco vezes um cinco. Sete vezes dois quatorze...

Figura 24 – E6 em atividade com o Jogo Space Race



Fonte: Acervo da autora, 2017

Quadro 9 – Desempenho de E6 no Jogo Space Race

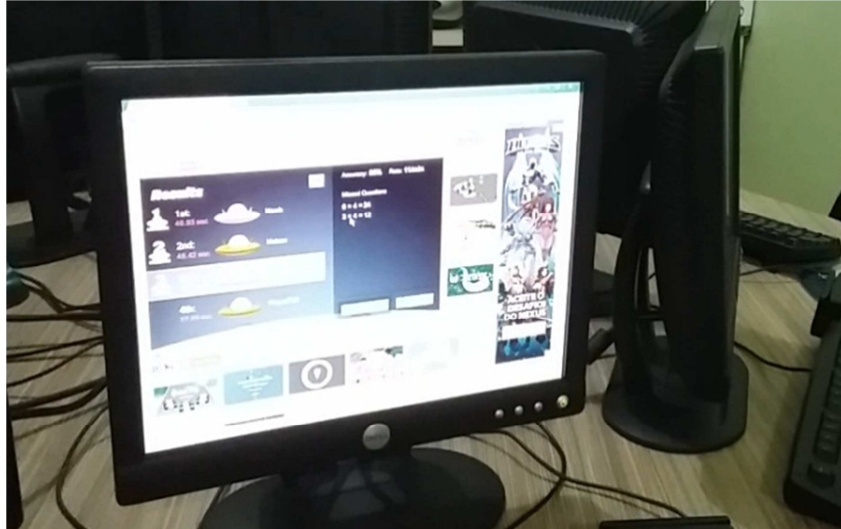
Multiplicação da nave	Opções de caminho/resposta correta			
4 x 2	<b>8</b>	18	20	6
5 x 3	28	10	30	<b>15</b>
7 x 3	42	<b>21</b>	40	22
2 x 5	21	11	12	<b>10</b>
1 x 2	12	4	6	<b>2</b>
5 x 1	21	<b>5</b>	51	14
7 x 2	12	<b>14</b>	32	13

Fonte: Acervo da autora

Na manifestação de E1 a seguir, pode-se observar a ideia de “perda” na evocação da memória da tabuada quando a mesma parece não acreditar no erro mostrado no *feedback* do jogo Space Race (Figura 25):

P: Qual cálculo que errou?  
 E1: Seis vezes quatro, meu Deus do céu! (ri).  
 E2: E três vezes quatro.

Figura 25 – Classificação de E1 no Jogo Space Race



Fonte: Acervo da autora, 2017

A nave de E1 chegou em 3º lugar, informação mostrada à esquerda na Figura 25, e as multiplicações que errou aparecem à direita com a resposta correta:  $6 \times 4 = 24$  e  $3 \times 4 = 12$ . No desenvolvimento do jogo, E1 escolheu as respostas 18 para  $6 \times 4$  e 24 para  $3 \times 4$ .

Outra informação da memória permanente fundamental para a realização destas atividades, bem como para qualquer outra que envolve relações de quantidade, é a fileira dos números, uma representação mental que todos nós fazemos uso, que consiste na relação entre os números numa correspondência espacial (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 110-111).

Percebe-se esta correlação, como se os números estivessem sendo vistos lado a lado numa fila, quando os estudantes falam no mesmo momento da ação do jogo: “quatro, cinco, seis, sete, oito, nove...”; algumas das vezes associando com os dedos das mãos ou dando batidinhas correspondentes na mesa (Figura 26), mas na maioria delas, em função do jogo, muito rápidas e sem representação.

Figura 26 – E2 em atividade com o Jogo Cobrador de Ônibus



Fonte: Acervo da autora, 2017

Pela manifestação da fala dos estudantes durante a interação com os jogos digitais, foi possível observar que a representação mental para quantidades numéricas é base para as demais habilidades da matemática necessárias para o desenvolvimento da atividade: a utilização dos símbolos numéricos, a realização de cálculos e, em destaque neste estudo, a memorização.

### 7.2.3 Ideias conclusivas

Para as finalidades desta pesquisa, foi considerada a forma mais clássica de classificação dos sistemas de memória: a memória de trabalho e a memória permanente.

A memória de trabalho depende da atividade elétrica de neurônios do córtex pré-frontal que são ativados em resposta às experiências de cada momento, por exemplo, a “leitura” dos numerais e operações presentes no cálculo. Depois de processada, a informação será comparada com outras informações que possam estar associadas ou que já estejam guardadas no cérebro (memória permanente), como o algoritmo da subtração, por exemplo (IZQUIERDO, 2010, p. 27).

Diante disto, observou-se pela fala dos estudantes que embora com as características próprias de cada uma delas, as memórias de trabalho e permanente agem interconectadas para o desenvolvimento das atividades de cálculo presentes nos jogos digitais da pesquisa.

Foi possível constatar três componentes do mecanismo de processamento mental feito pelos estudantes:

- evocação da memória permanente para identificação do símbolo operacional, por exemplo, o algarismo 4;
- evocação da memória permanente dos fatos aritméticos básicos, por exemplo, a tabuada ( $4 \times 7 = 28$ );
- execução do procedimento de cálculo e ações próprias de cada jogo, fazendo uso da memória de trabalho.

Essa é a forma de explicar o funcionamento dos circuitos cerebrais envolvidos não só no processamento numérico, mas também no processamento de cálculos matemáticos envolvidos nos jogos.

Segundo Cosenza e Guerra (2011, p.112), pesquisas com técnicas de neuroimagem cerebral constatarem como o cérebro processa a matemática e quais regiões são envolvidas nessa função, sendo que o modelo do triplo código (DEHAENE, 1992) é a interpretação mais adotada, mostra-nos que:

[...] os números são processados em três circuitos diferentes, que se relacionam com:  
 a percepção da magnitude (fileira numérica);  
 a representação visual dos símbolos numéricos (algarismos arábicos);  
 a representação verbal dos números (quatro, sete, vinte e um, etc.).  
 Portanto áreas cerebrais diferentes são ativadas para a decodificação dos numerais arábicos ou dos números apresentados sob a forma verbal (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 112).

Os autores referem-se à aprendizagem matemática como uma atividade coordenada do cérebro, na medida em que integram circuitos responsáveis pelo processamento espacial, quantitativo numérico e de linguagem. Observou-se então, que os procedimentos algorítmicos utilizados pelos estudantes durante as atividades com os jogos digitais de matemática deixam transparecer estas características e possibilitam concluir que o cálculo é uma função cerebral complexa, pois em uma operação aritmética simples, vários mecanismos são envolvidos e a função cognitiva da memória é imprescindível.

A memória, pois, é propulsora dos procedimentos de aprendizagem e, para além disto, Izquierdo (2010, p.19) salienta que “nada somos além daquilo que recordamos”.

Para concluir esta categoria de análise, em resposta à questão da pesquisa, denota-se que foram observadas manifestações de memória nos estudantes participantes do estudo quando jogaram de acordo com as regras antes informadas, quando resolveram cálculos e expressões matemáticas, quando compararam pontuação, quando na conversa após o jogo fizeram a avaliação da atividade, além da própria leitura e uso das ferramentas digitais.

A partir das constatações, pode-se dizer que os jogos digitais vêm contribuir no aperfeiçoamento das funções cognitivas de atenção e memória e favorecem a aprendizagem matemática, por isto, apresenta-se neste estudo sugestões de outros jogos que podem ser trabalhados na disciplina, constituem o produto da pesquisa.

### **7.3 O produto da pesquisa**

O Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação desta instituição tem por objetivo:

- ✓ Contribuir com a formação de docentes-pesquisadores que possam fortalecer a Educação Básica na criação de práticas curriculares e produtos de aplicação imediata no desenvolvimento educacional, considerando a reflexão sobre a vivência pedagógica, ampliando o horizonte dos saberes docentes embasados na experiência e na experimentação da docência e da gestão escolar.

Nesse sentido, é de fundamental importância que a formação de professores-pesquisadores em cursos de mestrado profissional mantenha um vínculo de aproximação com a instituição formadora em contextos de trabalho nos espaços educativos, que podem ser junto à formação inicial e continuada de professores ou a partir de ações de extensão.

Visando contribuir com o processo de ensino e aprendizagem da matemática nos anos finais do Ensino Fundamental, segundo as demandas desta pesquisa, apresentam-se como produto resultante sugestões de outros jogos digitais *online* que atendem os conceitos da disciplina.



## 7.4 Sugestões de jogos digitais *online* de matemática para os anos finais do Ensino Fundamental

Para além dos quatro jogos utilizados na pesquisa (Cobrador de Ônibus, Space Race, Sjoelbak e Batalha Matemática<sup>9</sup>), indica-se a seguir outras sugestões de jogos digitais *online* que podem ser trabalhados nas aulas de matemática das séries finais do Ensino Fundamental para introduzir ou fixar conceitos específicos de diferentes conteúdos desta disciplina.

Os jogos sugeridos estão relacionados no Quadro 10:

Quadro 10 – Relação de jogos e conteúdos matemáticos explorados

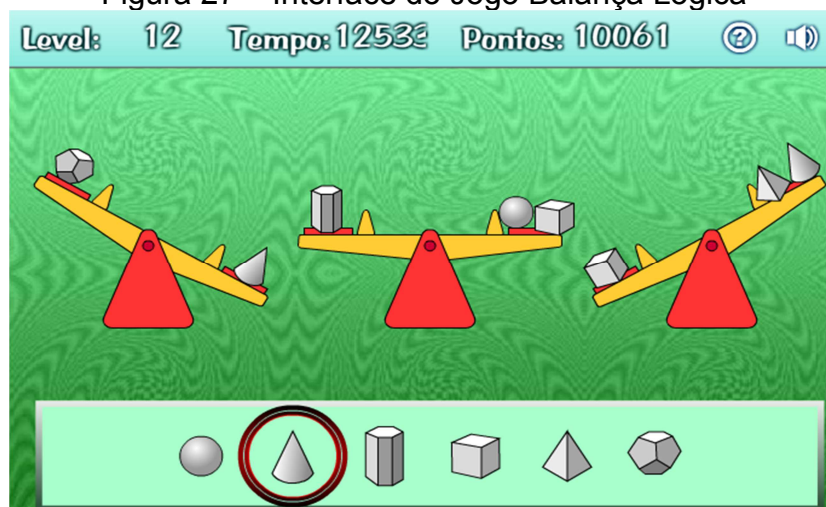
Nome do jogo	Conteúdo explorado
Balança Lógica	Equações e inequações simples.
Slitherlink Classic	Geometria plana: ponto, segmento de reta, polígono.
Cubox	Geometria espacial: cubo, volume.
Pin Cracker	Combinação numérica
Numbles	Operações com números inteiros.
The Equator	Operações com números naturais.

Fonte: Acervo da autora

Cada um destes jogos está descrito de forma detalhada na mesma sequência que é citado no Quadro 10, nas páginas seguintes:

### 7.4.1 Jogo Balança Lógica

Figura 27 – Interface do Jogo Balança Lógica



Fonte: <<https://rachacuca.com.br/jogos/balanca-logica/>>

<sup>9</sup> Estes jogos estão descritos nas páginas 54 a 58.

Link de acesso: <https://rachacuca.com.br/jogos/balanca-logica/>

Objetivo do jogo: Determinar, a partir das posições das balanças, qual é o objeto com maior massa ("mais pesado").

Objetivo da matemática: Introduzir ou revisar o estudo de equações ou inequações simples.

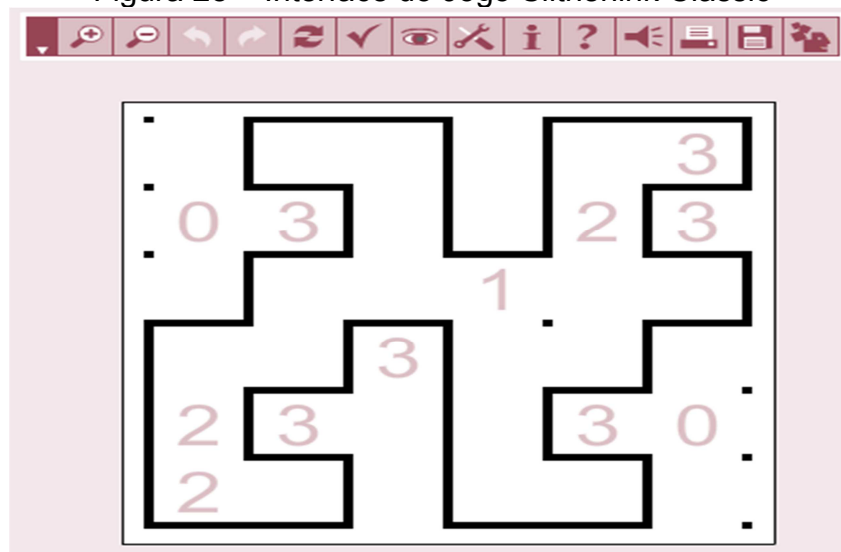
Como jogar:

- Clique em "começar". Leia as instruções e clique em "começar" novamente.
- Clique no sólido "mais pesado" de acordo com a análise das balanças no menor tempo possível. Para cada acerto sua pontuação soma 1 000 pontos e para cada erro subtrai 1 000 pontos.
- Ao final da atividade, você pode ver o *feedback* do jogo, que apresenta a pontuação e o tempo gasto para vencer os vinte níveis.

Observações: Este jogo ilustra através da "balança" as ideias básicas de: a) equação: o equilíbrio da balança significa igualdade (=) de massa dos sólidos; e b) inequação: o desequilíbrio da balança significa menor que (<) ou maior que (>) na comparação da massa dos sólidos.

#### 7.4.2 Jogo Slitherlink Classic

Figura 28 – Interface do Jogo Slitherlink Classic



Fonte: <<http://www.ojogos.com.br/jogo/slitherlink-classic#walkthrough>>

Link de acesso: <http://www.ojogos.com.br/jogo/slitherlink-classic#walkthrough>

Objetivo do jogo: Construir uma forma geométrica de modo que os segmentos de reta sejam correspondentes ao número que contornam.

Objetivo da matemática: Reconhecer conceitos de ponto, segmento de reta e polígono.

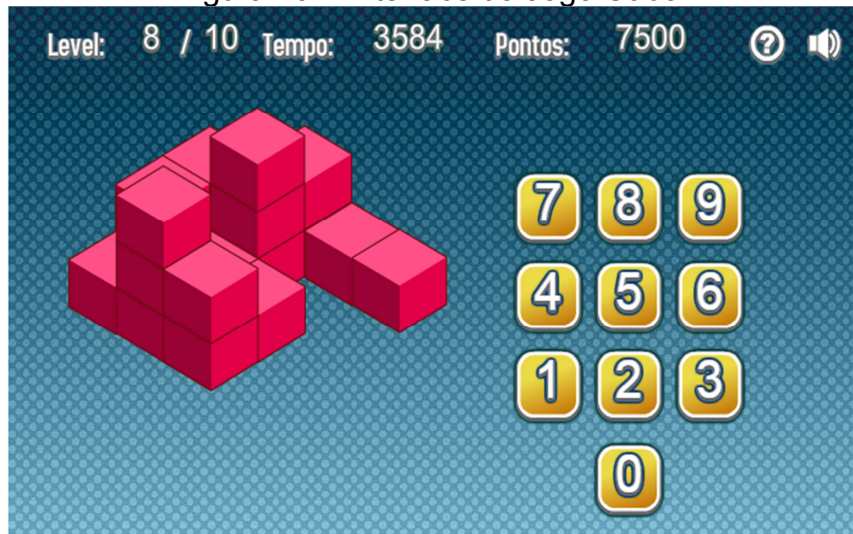
Como jogar:

- Clique na seta localizada na parte superior da barra de ferramentas do jogo para escolher o nível, pode ser do “very easy” (muito fácil) à “médium” (médio), o jogo tem oito desafios diferentes.
- Clique entre dois pontos para marcar o segmento de reta, do mesmo modo para desmarcar.
- Contorne os números de modo que os segmentos de reta sejam correspondentes, o 0 não deverá ter nenhum segmento, o 1 deverá ter apenas um segmento e assim sucessivamente: para o 2, dois segmentos e para o 3, três segmentos.
- Você deverá formar uma figura geométrica fechada seguindo tais regras.
- O jogo dispõe de uma barra de ferramentas que permite várias funções, entre elas, verificar a solução do desafio (7º botão com desenho de olho) e verificar os erros (6º botão com desenho de V ).

Observações: Este jogo permite a utilização de estratégias e fixação de conceitos básicos da geometria plana.

### 7.4.3 Jogo Cubox

Figura 29 – Interface do Jogo Cubox



Fonte: < <https://rachacuca.com.br/jogos/cubox/> >

Link de acesso: <https://rachacuca.com.br/jogos/cubox/>

Objetivo do jogo: Descobrir o número de cubos que forma a figura espacial apresentada no menor tempo possível.

Objetivo da matemática: Reconhecer e construir o conceito de volume da geometria espacial por meio da composição dos cubos.

Como jogar:

- Clique em “começar”.
- Leia as instruções e clique em “começar” novamente.
- Conte rapidamente o número de cubos que aparecem na tela.
- Use o mouse para apertar as teclas numéricas do jogo, ou o teclado para digitar a quantidade.
- Clique em “enviar” na tela ou na tecla “enter” do teclado.
- Ao final da atividade, você pode ver o feedback do jogo, que apresenta a pontuação e o tempo gasto para vencer os dez níveis.

Observações: Este jogo é indicado para visualização do conceito de espaço/volume da geometria espacial.

#### 7.4.4 Jogo Pin Cracker

Figura 30 – Interface do Jogo Pin Cracker



Fonte: < <http://www.ojogos.com.br/jogo/pin-cracker>>

Link de acesso: <http://www.ojogos.com.br/jogo/pin-cracker>

Objetivo do jogo: Descobrir o código formado pela combinação de quatro dígitos que dá acesso ao cofre antes que o tempo acabe.

Objetivo da matemática: Compor números de quatro dígitos dentre as possibilidades combinatórias do universo de nove algarismos.

Como jogar:

- Clique em “play” para começar.
- Ao aparecer campo “enter pin code”, digite quatro algarismos para tentar decifrar a senha.
- Observe qual tem possibilidade de fazer parte da senha pela seguinte ordem de cores: verde, algarismo correto; amarelo, algarismo que existe nesta combinação, mas não nesta ordem de posição; cinza, algarismo que não existe nesta combinação.
- Para cada senha descoberta no tempo indicado no lado esquerdo da tela do computador, sua pontuação, indicada no lado oposto da tela, aumenta e uma nova combinação é solicitada.



- Use o mouse para apontar a torre na direção da bola escolhida e clique no botão esquerdo do mouse para atirar.
- As bolas que você dispara serão adicionadas e, se você puder igualar o valor alvo dentre cinco bolas, elas desaparecerão e a linha de bolas ficará mais curta.
- Se você alcançar o alvo três vezes usando cinco bolas, ganhará um bônus reverso, que permite que você use o oposto do número. Essa bola aparece com os sinais de + e - piscando.
- A bola com a figura de estrela é coringa, pode ser usada para qualquer alvo.
- No avanço do jogo aparece a bola com o sinal de x 2, você deve multiplicar por dois.
- Quando a trilha de bolas se completa é o fim do jogo, sua pontuação aparece na tela.

Observações: Esse jogo é um excelente recurso para treinar habilidade de cálculo mental com números inteiros.

#### 7.4.6 Jogo The Equator

Figura 32 – Interface do Jogo The Equator



Fonte: < <http://www.clickjogos.com.br/Jogos-online/Puzzle/The-Equator/>>

Link de acesso: <http://www.clickjogos.com.br/Jogos-online/Puzzle/The-Equator/>

Objetivo do jogo: Criar estratégia de combinação de números para formar equações matemáticas simples eliminando-os do quebra cabeça antes que as peças cheguem ao topo.

Objetivo da matemática: Agrupar uma sequência de números para formar sentenças matemáticas com as operações fundamentais de números naturais (adição, subtração, multiplicação e divisão).

Como jogar:

- Clique em “play game” para iniciar o jogo.
- Selecione três números adjacentes no quebra cabeça de modo que os dois primeiros adicionados, subtraídos, multiplicados ou divididos resultem no valor do terceiro. Se a sequência for válida, estes números são eliminados.
- Se você fizer a equação dentro de cinco segundos, você ganha pontos de bônus. O bônus começa com o dobro da pontuação normal e aumenta a cada vez que você responde dentro do tempo.
- Quando aparecer uma bola com desenho de raio, você poderá clicar nela para alternar os números adjacentes a ela.
- Quando aparecer um desenho de bomba, você poderá clicar para explodir os números próximos dela.
- O jogo acaba quando as peças do quebra cabeça chegam ao topo. Em seguida você poderá verificar sua pontuação final.

Observações:

Este jogo contempla números e operações simples, mas as estratégias que o jogador precisa criar para formar as equações corretas e eliminar as peças torna intensa a exploração da atividade, ainda mais quando se leva em conta que fazendo no tempo de cinco segundos a pontuação será maior.

Esta relação de jogos digitais *online* é um recurso somatório às aulas de matemática das séries finais do Ensino Fundamental, é também, uma sugestão valiosa para o desenvolvimento das habilidades cognitivas de atenção e memória dos estudantes.



Como pode ser observado nos jogos aqui apresentados ou mesmo em uma rápida procura em qualquer site de busca, a maioria não apresenta versão em português, o que por vezes dificulta a compreensão das instruções. Neste sentido, a intervenção do professor como orientador é muito importante.

A aprendizagem baseada em jogos digitais é muito recente e, segundo a concepção de Prensky (2012, p. 543), “os jogos atualmente precisam de grandes artistas mais do que de grandes tecnólogos”, deixa um desafio à profissão docente quando destaca que “precisamos de artistas que por acaso sejam professores”.

A criatividade é uma das características em destaque de quem é professor, então, almeja-se que esta pesquisa venha a contribuir nos planejamentos pedagógicos e quiçá desperte o desejo de criação destes “artistas” para o desenvolvimento de novos jogos com a marca brasileira.

## 8 CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS

A premissa de que as TDIC têm revolucionado o comportamento da humanidade nos mais variados segmentos, sejam profissionais, sociais ou pessoais, têm mudado também a forma como se processa a aprendizagem, pois extrapolando as barreiras de tempo e espaço, o acesso e processamento de informações viabilizam a geração de conhecimento, criam novas formas de socialização e a cultura da pesquisa torna-se cada vez mais comum.

No espaço educacional, as TDIC podem ser consideradas como importante subsídio pedagógico no processo de ensino e aprendizagem da geração atual, os “nativos digitais”, percebe-se que, progressivamente, surge também a aprendizagem baseada em jogos digitais em todas as áreas do conhecimento.

Para a área da Matemática, a realização desta pesquisa possibilitou tecer reflexões sobre a aprendizagem de conceitos da disciplina com estudantes das séries finais do Ensino Fundamental em interação com jogos digitais *online*. Para tanto, buscou-se explorar este tema com o aporte dos estudos da Neurociência.

Por meio da revisão de literatura da Neurociência Cognitiva, caracterizou-se o caminho básico da anatomia do Sistema Nervoso para a compreensão de como o cérebro humano aprende, como recebe, processa, guarda e evoca memórias.

Ao se tratar da capacidade do cérebro em lidar com números, a “numeracia”, Cosenza e Guerra (2011, p. 111) descrevem-na como uma programação inata, desenvolvida ao longo da vida em diferentes regiões e sistemas cerebrais, constatando que não existe um “centro” para a matemática no cérebro, pois a capacidade de identificar e manipular quantidades organiza-se num sistema amplo, mesmo que haja especificidade de cada área, como a percepção de quantidade, localizada no córtex parietal, a capacidade de fazer cálculos, do hemisfério esquerdo e a capacidade de fazer estimativas do hemisfério direito.

O que pode ser comprovado, de acordo com o conhecimento atual da Neurociência, é que circuitos neuronais relacionados à memória operacional e à atenção têm de ser envolvidos na resolução de problemas matemáticos, (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 115).

Em razão disto, dentre as funções que integram o sistema cognitivo, optou-se para este estudo, a atenção e a memória, pois têm finalidades inter-relacionadas fundamentais para o processamento de informações no cérebro e elementares na aprendizagem matemática.

A atenção, capacidade que o ser humano tem de regular a sua percepção, eliminando alguns estímulos para se concentrar em outros, é consequência de um processo de escolha, voluntária ou involuntária, entre diferentes possibilidades da percepção advindas de um ou mais sentidos, acontece pela formação de redes neuronais responsáveis pelos estados de alerta, de foco e concentração (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 41-42).

A memória é a capacidade armazenar informações que possam ser recuperadas e utilizadas posteriormente. Enquanto que a aprendizagem é o processo de aquisição das informações que vão ser armazenadas (LENT, 2010, p. 644).

Sendo assim, podem-se articular estes conceitos, pois a atenção favorece a aprendizagem e, conseqüentemente, a formação de memória. A formação e a evocação de memória são processos mediados por sinapses e, como todas as funções que envolvem sinapses, a melhor forma de aprimorar e conservar depende do exercício ou da prática (IZQUIERDO, 2010, p. 99).

Para estudantes do Ensino Fundamental a capacidade de operar com números e fazer estimativa são requisitos importantes para a disciplina de Matemática e pode ser potencializada por meio dos jogos digitais, atendendo às expectativas de um público atraído pelas TDIC.

Para Prensky (2012, p. 73-74), temos a “geração dos jogos”, que demonstram habilidades com videogame e computador que vão além da coordenação entre mãos e olhos, que é a mais perceptível, desenvolvem representações do espaço tridimensional, observação, estratégia, tentativa e erro, descoberta por indução, estes recursos ajudam no ajuste de estratégias de foco quando da atenção dividida e desenvolvem a dimensão cognitiva.

Por tais razões, os jogos digitais *online* de Matemática foram abordados neste estudo e elaborou-se a questão de pesquisa: quais aspectos de atenção e memória se manifestam na interação de estudantes com jogos digitais *online* de matemática?

Efetivadas oficinas com estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental envolvendo os jogos Cobrador de Ônibus, Sjoelbak, Batalha Matemática e Space Race, foi possível observar manifestações de atenção e memória no decurso das atividades evidenciadas pela fala, pelo silêncio e pelas expressões observadas.

A atenção foi demonstrada pelos estudantes nos momentos em que precisavam observar as regras e evoluções do jogo, dar resposta rápida, calcular uma expressão mais complexa, alternando atenção sensorial (a percepção por meio dos sentidos) e atenção mental (o processamento mental das operações matemáticas).

A memória de trabalho (de curto período de tempo) foi o laboratório de processamento do que deveria ser feito pelo estudante a cada instante: o passo a passo do jogo, a organização mental dos números e operações para dar a resposta, a contagem e comparação da pontuação, importante para dar sequência do pensamento e da ação que estava sendo desenvolvida.

É importante lembrar que nem toda a informação que passa por esta fase da memória se torna aprendizagem, algumas que são inúteis para o cérebro são descartadas, pois o esquecimento também é fundamental para o ser humano. Por exemplo, se fosse perguntado hoje a algum dos estudantes participantes da pesquisa, em que casas numeradas conseguiram colocar discos no jogo Sjoelbak, provavelmente não saberiam responder, perfeitamente natural porque não é uma informação relevante para sua vida e já foi esquecida.

Já a memória permanente (o que está armazenado no cérebro de forma definitiva) foi evocada durante o jogo em infinitos aspectos: ler, usar o computador, reconhecer números e operações, recuperar a tabuada, entre outros conhecimentos já adquiridos e utilizados a todo o momento, pois a memória de cada um é única e define ações mediante a aprendizagem adquirida ao longo da vida.

O que de fato contribui para os estudantes nestas atividades é que cada vez que uma informação é recuperada da memória, as redes neuronais específicas são ativadas, se fortalecem e ampliam conexões com outros neurônios por meio das sinapses, expandindo o conhecimento. Por exemplo, quanto mais se pratica mentalmente as operações básicas da matemática, mais rápido o estudante poderá dar a resposta e maior a chance de que esteja correta.

Diante das considerações expostas nesta dissertação, constata-se que os jogos digitais *online* beneficiam os estudantes na aprendizagem dos conceitos básicos da Matemática e desenvolvem as funções cognitivas de atenção e memória, imprescindíveis para o bom desempenho na disciplina.

## REFERÊNCIAS

- ALVES-MAZZOTI, Alda Judith. O método nas ciências sociais. In: ALVES-MAZZOTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 2001.
- BARTOSZECK, Amauri Betini. Neurociência na educação. **Revista Eletrônica Faculdades Integradas Espírita**, v. 1, p. 1-6, 2006.
- BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo et al. Redes sociais: espaço de aprendizagem digital cooperativo. **Conjectura: Filos. Educ.**, Caxias do Sul, v. 18, n. 1, p. 135-149, jan./abr. 2013.
- BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO, Michael A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- BORBA, Marcelo de Carvalho; ARAÚJO, Jussara de Loiola (Org.). Construindo Pesquisas coletivamente em Educação Matemática. In: BORBA, Marcelo de Carvalho; ARAÚJO, Jussara de Loiola (Org.). **Pesquisa qualitativa em educação matemática**. 5. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.
- BORBA, Marcelo de Carvalho; SILVA, Ricardo Scucuglia R.; GADANIDIS, George. **Fases das tecnologias digitais em educação matemática: sala de aula e internet em movimento**. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.
- COSENZA, Ramon M.; GUERRA, Leonor B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artemed, 2011.
- FONTES, Maria Alice; FISCHER, Claudia Petlik. **Neuropsicologia e as funções cognitivas**. Disponível em: <<http://www.plenamente.com.br/artigo/66/neuropsicologia-as-funcoes-cognitivas.php#.V9YBeVsrlDc>> Acesso em: 20 ago. 2016.
- FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução Joice Elias Costa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- GOLEMAN, Daniel. **Foco: a atenção e seu papel fundamental para o sucesso**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2014.
- GRAVINA, Maria Alice; BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo. Mídias digitais na educação matemática. In: GRAVINA, Maria Alice et al. (orgs). **Matemática, mídias digitais e didática: tripé para formação de professores de matemática**. Porto Alegre: Evangraf, 2012.
- HERCULANO-HOUZEL, Suzana. **Neurociências: contribuições para a aprendizagem**. Nitta's Digital Vídeo: São Bernardo do Campo, 2009. 1 DVD. (30 min)
- \_\_\_\_\_. **Neurociências do aprendizado**. Nitta's Digital Vídeo: São Bernardo do Campo, 2009. 1 DVD. (30 min)

IZQUIERDO, Iván. Estudos avançados. **Memórias**. São Paulo, 1989.

\_\_\_\_\_. **A arte de esquecer**: cérebro e memória. 2. ed. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2010.

\_\_\_\_\_. **Memória**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

KANDEL, Erik R. et al. **Princípios de neurociências**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios**: conceitos fundamentais de neurociência. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2010.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

\_\_\_\_\_. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

NOGARO, Arnaldo. **Neurociência, formação de professores e práticas pedagógicas**. Web Artigos, 2012. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/neurociencia-formacao-de-professores-e-praticas-pedagogicas/90118/>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

PAIS, Luiz Carlos. **Educação escolar e as tecnologias da informática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

PALFREY, John; GASSER, Urs. **Nascidos na era digital**: entendendo a primeira geração de nativos digitais. Tradução Magda F. Lopes. Porto Alegre: Grupo A, 2011.

PORTAL DIA A DIA EDUCAÇÃO. Estado do Paraná. **Biologia**. Disponível em: <<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/>> Acesso em: 20 ago. 2016.

POWEL, Artur B.; SILVA, Wellerson Q. O vídeo na pesquisa qualitativa em educação matemática: investigando pensamentos matemáticos de alunos. In: POWEL, Artur B. (Org.). **Métodos de pesquisa em educação matemática usando escrita, vídeo e internet**. Campinas: Mercado da Letras, 2015.

POZO, Juan Ignacio. **Aprendizes e mestres**: a nova cultura da aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PRENSKY, Marc. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. Tradução de Eric Yamagute. São Paulo: Editora Senac, 2012.

\_\_\_\_\_. **Digital Natives, Digital Immigrants**. MCB University Press, 2001. Disponível em: <<http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>> Acesso em 27 mai. 2017.

SANTOS, Wilk O.; SILVA JUNIOR, Clovis G.; **Uso de Jogos no ensino da Matemática**: uma análise entre os jogos tradicionais e os jogos digitais, baseada em pesquisa e mapeamento dos materiais encontrados na Web. Disponível em: <<http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/seminario-jogos/2014/trabalhos-aprovados/>> Acesso em 20 set. 2016.

SAVI, Rafael; ULBRICHT, Vania Ribas . Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. **Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, p. 1-10, 2008.

SCHEFFER, Nilce Fátima. **Corpo-tecnologias-matemática**: uma interação possível no Ensino Fundamental. Erechim: EdiFAPES, 2002.

\_\_\_\_\_. As TIC na formação do professor de matemática: um olhar para a investigação de conceitos geométricos. In: LOSS, A. S.; CAETANO, A.P.V.; PONTE, J. P.P. (Org.) **Formação de professores no Brasil e em Portugal**: pesquisas, debates e práticas. Curitiba: Appris, p. 277- 311, 2015.

\_\_\_\_\_. **Tecnologias digitais e representação matemática de movimentos corporais**. Curitiba: Appris, 2017.

SILVA, Sindia Liliâne Demartini; SCHEFFER, Nilce Fátima. **Os jogos digitais online na educação matemática**: apontamentos da neurociência cognitiva. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2016, São Paulo. Disponível em: <[www.sbembrasil.org.br/enem2016/anais/pdf/6684\\_2995\\_ID.pdf](http://www.sbembrasil.org.br/enem2016/anais/pdf/6684_2995_ID.pdf)>. Acesso em: 05 set. 2017.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. **Os jogos digitais online aliados a aula de matemática**: argumentos da Neurociência para esta prática educativa. In: II Seminário Nacional de Pesquisa em Educação (II SENPE): conexões e diálogos com a pós-graduação. Chapecó, 2016. E-Book. ISBN 978-85-7993-350-9. Disponível em: <<http://segundosenpe.wixsite.com/segundosenpe>>. Acesso em: 05 set. 2017.

SIMÕES, Estela Mari S.; NOGARO, Arnaldo. **Neurociência cognitiva para educadores**: aprendizagem e prática docente no século XXI. Curitiba: CRV, 2016.

TAROUCO, Liane Margarida R. et al. **Jogos educacionais**. CINTED/UFRGS, 2014. Disponível em <<http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo3/af/30-jogoseducacionais.pdf>> Acesso em: 10 set. 2015.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.



## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Autorização da Diretora

E.E.E. FUND. ÂNGELO GRANZOTTO  
 DECRETO DE CRIAÇÃO Nº 44.275 DE 26/16/1962  
 PORT. DESIG. Nº 00328 DE 21/12/2000 DO. 26/12/2004  
 PROTOCOLADA EM 06/08 - SANANDUVA - RS

### AUTORIZAÇÃO

Eu, Maria Angelica B. Dambrós abaixo assinado, diretora da Escola Estadual de Ensino Fundamental Ângelo Granzotto/ Sananduva/ RS, autorizo a realização do estudo "A interatividade dos jogos digitais na aprendizagem matemática: uma discussão em neurociência", a ser conduzido pela pesquisadora Sândia Liliâne Demartini da Silva neste estabelecimento de ensino.

Fui informada das características e objetivos da pesquisa, bem como das atividades que serão realizadas na instituição a qual represento.

Esta instituição está ciente de suas corresponsabilidades como instituição coparticipante do presente projeto de pesquisa e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar.

Sananduva, 03 de outubro de 2016  
 Local e data

Maria Angelica B. Dambrós  
 Assinatura e carimbo do responsável institucional

Maria Angelica B. Dambrós  
 Diretora  
 Pág. 08 - 00 13707/16  
 Tel. Fone: 51 96554701

Sândia Liliâne Demartini da Silva  
 Sândia Liliâne Demartini da Silva  
 Pesquisadora Responsável  
 Contato  
 Tel: (54) 96247052  
 e-mail: sindialiliane@yahoo.com.br

## APÊNDICE B – Autorização da 15ª Coordenadoria Regional de Educação

### AUTORIZAÇÃO 15ª GRE

Eu, AIENCART JOÃO, ocupante do cargo de COORDENADOR REGIONAL da 15ª GRE – Coordenadoria Regional de Educação, após ter sido devidamente informado e esclarecido sobre os objetivos e procedimentos metodológicos da pesquisa intitulada “**A Interatividade dos jogos digitais na aprendizagem matemática: uma discussão em Neurociência**”, desenvolvida pela pesquisadora Sândia Liliane Demartini da Silva, com orientação da Prof. Drª. Nilce Fátima Scheffer, AUTORIZO a coleta de dados da pesquisa na Escola Estadual de Ensino Fundamental Ângelo Granzotto, localizada no município de Sananduva/RS após a aprovação do referido projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

Fui informado(a) das características e objetivos da pesquisa, bem como das atividades que serão realizadas no estabelecimento de ensino supracitado.

Fui esclarecido(a) também que poderei solicitar informações sobre esta pesquisa, a qualquer momento entrando em contato com a pesquisadora ou com o Comitê de Ética da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Por estar de acordo com a participação da instituição pela qual sou responsável, assino este termo em duas vias, sendo que uma ficará em meu poder e a outra será entregue a pesquisadora.

Errechim, 01 DEZEMBRO 2016

Local e data

AIencart

Assinatura e carimbo do responsável institucional

AIencart João Ioch  
Id. Func: 357075804  
Coord. Regional de Educação-CC10  
DOE 12/10/2016 - Pág. 17

Sândia Liliane Demartini da Silva

Sândia Liliane Demartini da Silva

Pesquisadora Responsável

Contato

Tel: (51) 99624 7052

e-mail: sindialiliane@yahoo.com.br

## APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Seu filho(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “A interatividade dos jogos digitais na aprendizagem matemática: uma discussão em neurociência” desenvolvida por Sîndia Liliâne Demartini da Silva, mestranda do Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus de Erechim, sob orientação da Professora Dra Nilce Fátima Scheffer.

O objetivo central do estudo é verificar como se manifestam as funções cognitivas de atenção e memória de estudantes na interação com jogos digitais online de Matemática.

A participação do seu filho(a) se deve à ele(a) ser aluno(a) matriculado(a) no 6º ano do ensino fundamental da escola onde a pesquisa será efetivada e a colaboração dele será totalmente voluntária, não haverá remuneração e também nenhuma despesa por parte do seu filho(a).

É evidente que a participação do seu filho(a) é muito importante para a pesquisa mas não é obrigatória, ele(a) tem plena autonomia para decidir se quer ou não participar, bem como desistir da colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação e sem nenhuma forma de penalização.

Serão garantidas a confidencialidade e a privacidade das informações por ele(a) prestadas, qualquer dado que possa identificá-lo(a) será omitido na divulgação dos resultados da pesquisa, o material será armazenado em local seguro, sendo que a qualquer momento, durante a pesquisa, ou posteriormente, o senhor (a) poderá solicitar à pesquisadora informações sobre a participação do seu filho(a) e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito através dos meios de contato explicitados neste Termo.

A colaboração do seu filho(a) consistirá em participar de oficinas a serem realizadas no laboratório de informática da própria escola em contra turno de sua aula com tempo de duração de aproximadamente uma hora para cada uma delas de um total de quatro oficinas com datas e horários a serem combinados.

As sessões serão filmadas e após, serão transcritas e armazenadas por um período de cinco anos, mas somente terão acesso às mesmas a pesquisadora e sua orientadora, em acordo, o material e as informações obtidas relacionadas, podem ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos, porém, a identidade permanecerá confidencial.

O benefício relacionado com a colaboração do seu filho(a) nesta pesquisa é o desenvolvimento das funções cognitivas de atenção e memória, com a potencialização das ideias matemáticas presentes no jogo, bem como a recreação e o bem estar que os jogos digitais online proporcionam.

A participação na pesquisa poderá causar riscos mínimos como desconforto e constrangimento, inerentes da atividade desenvolvida e ao procedimento de filmagem, porém, medidas preventivas/protetivas serão tomadas durante toda a coleta de dados da pesquisa seja pela intervenção da pesquisadora ou manifestação do participante voluntário. A atividade ou a filmagem poderá ser cessada a qualquer momento, e o participante estará livre para sair da pesquisa quando quiser.

Ao final do trabalho, será realizado um seminário com os alunos e professores para a apresentação dos resultados da pesquisa e da proposta didática elaborada pela pesquisadora contemplando vários jogos matemáticos digitais com descrição dos comandos e possibilidades exploratórias de uso pedagógico tendo em vista as funções

cognitivas de atenção e memória, isto ficará disponível para pesquisa online e também em cópia impressa para quem quiser dela fazer uso.

Caso concorde que seu filho(a) participe, uma via deste termo ficará em seu poder e a outra será entregue à pesquisadora. Não receberá cópia deste termo, mas apenas uma via. Desde já agradecemos sua participação!

---

Local e data

---

Síndia Liliane Demartini da Silva  
Pesquisadora Responsável

Contato profissional com o(a) pesquisador(a) responsável:

Tel: (54) 96247052

E-mail: [sindialiliane@yahoo.com.br](mailto:sindialiliane@yahoo.com.br)

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS:

Tel e Fax - (0XX) 49- 2049-1478

E-Mail: [cep.uffs@uffs.edu.br](mailto:cep.uffs@uffs.edu.br)

**[http://www.uffs.edu.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2710&Itemid=1101&site=proppg](http://www.uffs.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2710&Itemid=1101&site=proppg)**

Endereço para correspondência: Universidade Federal da Fronteira Sul/UFFS - Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS , Rua General Osório, 413D - CEP: 89802-210 - Caixa Postal 181 – Centro - Chapecó - Santa Catarina – Brasil)

Declaro que entendi os objetivos e condições da participação do meu filho(a) na pesquisa e concordo com a participação.

Nome completo do (a) responsável: \_\_\_\_\_

Parentesco ou justificativa p/ guarda: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE D – Termo de Assentimento

### TERMO DE ASSENTIMENTO

Prezado aluno!

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada “A interatividade dos jogos digitais na aprendizagem matemática: uma discussão em neurociência”, sob a responsabilidade da pesquisadora Sândia Liliane Demartini da Silva, nesta pesquisa busca-se verificar como se manifestam as funções cognitivas de atenção e memória de estudantes na interação com jogos digitais online de Matemática.

Você participará de oficinas no Laboratório de Informática da sua escola em horário de contra turno da aula, onde realizará atividades com jogos digitais online de matemática. Estas sessões serão filmadas e em nenhum momento você será identificado, os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada, também estes resultados estarão à sua disposição quando finalizada.

Você não terá nenhum gasto ou ganho financeiro por participar na pesquisa, sua contribuição é voluntária.

*Este estudo apresenta risco mínimo*, pode-se considerar que sua participação na pesquisa poderá causar desconforto ou constrangimento pelo fato de estar sendo filmada, neste caso, você poderá solicitar que a filmagem seja cessada ou mesmo sair da pesquisa.

Ao participar da pesquisa, você será beneficiado com o desenvolvimento das funções cognitivas de atenção e memória, com a potencialização das ideias matemáticas presentes no jogo, bem como a recreação e o bem estar que os jogos digitais online proporcionam.

Mesmo seu responsável legal tendo consentido na sua participação na pesquisa, você não é obrigado a participar da mesma se não desejar, estará livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação.

Uma via original deste termo ficará com você e qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: Sândia Liliane Demartini da Silva, telefone (54) 96247052, Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, telefone (54) 3321 7051. Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres-Humanos, telefone (49) 2049-3745.

( ) Aceito que minha imagem e voz sejam gravadas e/ou filmadas e sejam utilizadas para fins científicos.

( ) Aceito que minha imagem e voz sejam gravadas e/ou filmadas mas não aceito que sejam utilizadas para fins científicos.

( ) Não Aceito que minha imagem e voz sejam gravadas e/ou filmadas.

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a) do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Receberei uma via deste termo assentimento.

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

---

Assinatura do(a) menor

---

Sindia Liliane Demartini da Silva  
Pesquisadora Responsável

---

Local e data

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa - UFFS

Endereço: Av. General Osório, 413-D, Edifício Mantelli, 3º andar, Sala 3-1-B, Bairro Jardim Itália

Chapecó – Santa Catarina – Brasil – CEP 89802-265

Fone: (49) 2049-3745

E-mail: cep.uffs@uffs.edu.br

Pesquisadora Responsável: Sindia Liliane Demartini da Silva

Endereço: Campus Erechim, ERS 135 - Km 72, 200, Caixa Postal 764, CEP 99700-970

Fone: 054 33217050