

## Developing Computational Thinking in High School: an Approach based on Neuroscience

Original Title: Desenvolvendo o Pensamento Computacional no Ensino Médio: um Aporte Baseado na Neurociência

Narúsci dos S. Bastos<sup>1</sup>, Fernanda Mota<sup>2</sup>, Diana F. Adamatti<sup>1</sup>, Fernanda Carvalho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação – Mestrado em Engenharia de Computação – Universidade Federal do Rio Grande – Rio Grande, RS – Brasil.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Educação e Ciência – Doutorado em Educação e Ciência – Universidade Federal do Rio Grande - Brasil

---

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 06 June 2016

Accepted 24 July 2017

Available online 1 August 2017

---

#### Keywords:

Computational thinking

Neuroscience

High School

---

ISSN: 2594-5602

DOI:

10.14210/ijcthink.v1.n1.p28

---

### ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Challenges that require new approaches are emerging to resolve the constant changes in society and the introduction of computer systems increasingly complex. In this context, computational thinking can be seen as a way of solving problems, designing systems and understanding human behavior. This paper proposes a study on the development of computational thinking in high school students, based on Neuroscience. **OBJECTIVE:** The aim of the paper is to identify possible changes in brain physiology pre and post computational logic training and characterize brain activity during the resolution of the logic test problems. **METHOD:** To carry out this study, it was necessary to collect brain signals in two stages: before and after the training in computational logic, while individuals solved a logic test. **RESULTS:** From these data we analyze the areas with greater brain activity during the resolution of each proposed issue, which were collected through non-invasive technique using an EEG equipment (electroencephalogram) and a BCI (Brain Computer-interface) called Actichamp by BrainVision. **CONCLUSION:** As a first implication of the results, it is possible for students to activate as many brain areas as possible before practicing a programming logic.

---

### RESUMO

**INTRODUÇÃO:** Desafios que demandam novas abordagens para serem resolvidos estão surgindo das constantes transformações da sociedade e da introdução de sistemas computacionais cada vez mais complexos. Neste contexto, o pensamento computacional pode ser visto como uma forma de resolver problemas, projetar sistemas e entender o comportamento humano. Este trabalho propõe um estudo sobre o desenvolvimento do pensamento computacional em estudantes do ensino médio com fundamentos da Neurociência. **OBJETIVO:** O objetivo desse artigo é identificar possíveis mudanças na fisiologia cerebral pré e pós treinamento da lógica computacional e caracterizar as atividades cerebrais durante a resolução dos problemas do teste de lógica. **MÉTODO:** Para realizar este estudo, foi necessária a coleta de sinais cerebrais em dois momentos: antes do treinamento de lógica computacional e após o treinamento, enquanto os indivíduos resolviam um teste de lógica. **RESULTADOS:** A partir desses dados, analisam-se as áreas com maior atividade cerebral durante a resolução de cada questão proposta, que foram coletados através de técnica não-invasiva utilizando o equipamento de EEG (Eletroencefalograma) e de BCI (Brain Computer Interface) Actichamp da BrainVision. **CONCLUSÃO:** Como uma primeira implicação dos resultados, é possível afirmar que alunos ativaram maior número de áreas cerebrais antes de praticarem a lógica de programação.

---

## 1. Introdução

A neurociência estuda o funcionamento, desenvolvimento e estrutura do sistema nervoso. Comumente tratada como um ramo da biologia, vem se tornando uma ciência interdisciplinar, contribuindo com campos como medicina, educação, química e computação.

De acordo com Gazzaniga e Heatherton (2005, p.374), “O pensamento atual argumenta que a maneira pela qual o pensamento do adolescente se desenvolve depende muito do conteúdo dos problemas que os adolescentes encontram e dos contextos em que se encontram”, daí a importância de oferecer atividades de intervenção. A

tecnologia tem oferecido diversas ferramentas para que os jovens possam exercitar habilidades, como a lógica, que tem papel fundamental para a capacidade de resolver problemas encontrados no dia a dia (Bastos et al., 2016).

O pensamento computacional pode ser aplicado para resolver problemas em diversas áreas, o que o torna uma habilidade essencial na formação básica de profissionais de todas as áreas, não apenas para estudantes de Computação (Wing, 2006). Em vista disso, pesquisas estão sendo feitas para incorporar conceitos de computação no currículo do ensino fundamental e médio (Fernandes e Menezes, 2011; Marques et al., 2011; Rapkiewicz et al., 2006). No entanto, o processo de aprendizagem destes conceitos é desafiador, apresentando dificuldades em vários aspectos, tanto da perspectiva do professor quanto do aluno, como: escolha do método, da técnica e dos aspectos pedagógicos a serem utilizados neste processo. A Microsoft e a Universidade de Carnegie Mellon construíram o Centro de Pensamento Computacional em 2007 (Mellon, 2016). A empresa Google está propiciando o uso da metodologia desenvolvida neste centro no currículo das escolas de ensino fundamental e médio nos Estados Unidos (Google, 2016).

O objetivo principal deste trabalho é investigar possíveis contribuições para desenvolver o pensamento computacional em estudantes do ensino médio, utilizando como aporte os fundamentos da neurociência. Para tal, foi necessário identificar possíveis mudanças na fisiologia cerebral pré e pós treinamento na área de lógica, bem como, caracterizar a atividade cerebral durante a realização do teste de lógica antes e depois do treinamento. Finalmente, se avalia o possível desenvolvimento das competências adjacentes do aprendiz a partir dos conceitos definidos por Andrade (2013): (i) o pensamento abstrato; (ii) pensamento algorítmico; (iii) pensamento lógico.

É importante salientar que esta pesquisa é inovadora e trabalhos relacionados ao tema não foram encontrados na literatura. Contudo, por se tratar de uma pesquisa interdisciplinar, foi necessário o estudo de trabalhos correlatos, como BCI (*Brain Computer Interface*), aprendizagem e cognição.

O trabalho é constituído de 5 seções: a seção 2 apresenta o ferramental teórico e prático utilizado neste trabalho. Já na seção 3 está a metodologia adotada. Os resultados e sua discussão estão na seção 4. Por fim, são apresentadas considerações finais sobre esta pesquisa.

## **2. Ferramental Teórico**

### **2.1. Cérebro e Aprendizagem**

O cérebro é a parte mais importante do sistema nervoso, pois é através dele que se obtém consciência das informações que chegam pelos órgãos dos sentidos e processa-se essas informações, comparando-as com as vivências e as expectativas, sendo capaz de modificar os comportamentos e aprender. Há ainda os processos mentais como o pensamento, capacidade de julgamento e a atenção, que são resultados do seu funcionamento (Cosenza e Guerra, 2011).

Estas capacidades realizam-se através de circuitos nervosos conhecidos como neurônios. Um neurônio é capaz de disparar impulsos seguidamente, muitas vezes por segundo, mas as informações só podem ser transmitidas para uma outra célula, por meio do axônio, que é uma estrutura que ocorre geralmente nas porções finais do prolongamento neural. A passagem das informações entre as células ocorre em estruturas chamadas de sinapses, e a comunicação é feita através da liberação de neurotransmissores (Cosenza e Guerra, 2011). A neurociência cognitiva afirma que a aprendizagem e a memória estão fortemente relacionadas, sendo a memória a base

orgânica para que ocorra a aprendizagem. Memorizar não é o mesmo que aprender, mas para que ocorra aprendizagem, é preciso que as informações fiquem armazenadas na nossa memória (Carvalho, 2007).

Carvalho (2007), fundamentada em Ratey (2002) e Lent (2001), destaca que pensar, aprender e memorizar são processos biológicos realizados no cérebro, porém distintos. O arquivamento seletivo e a evocação de informações, envolvem um conjunto de processos neurobiológicos e neuropsicológicos que caracterizam a memória. A aprendizagem é decisiva para o pensamento, o qual deriva da capacidade de lidar com as informações das áreas de associação motora, sensorial e mnemônica. Já o pensamento é o referencial para a orientação do comportamento, pois seu processamento envolve o recebimento, a percepção, a compreensão, o armazenamento, a manipulação, o monitoramento e o controle essenciais para lidar com o fluxo constante de dados objetivando planejar ações.

## 2.2. Áreas Cerebrais e Sistemas BCI

O cérebro humano é dividido em dois hemisférios especializados. Sendo assim cada hemisfério é responsável por um grupo de funções, que acabam por trabalhar em conjunto. Experimentos revelaram que as especialidades dos hemisférios podem ser bem diferentes, mas dificilmente essa especialidade é exclusivamente funcional (Gazzaniga e Heatherton, 2005).

Para Cosenza e Guerra (2011), o hemisfério esquerdo é normalmente responsável pelo processamento da linguagem, que na maioria das pessoas é muito mais competente que o hemisfério direito na sua percepção e expressão. Para Lent (2004), o hemisfério esquerdo é também melhor na realização mental de cálculos matemáticos, no comando da escrita e na compreensão dela através da leitura. Já o hemisfério direito é melhor na percepção de sons musicais e reconhecimento de faces.

Os anatomistas geralmente agrupam o encéfalo humano em grandes regiões chamadas lobos, cujos limites nem sempre são precisos, mas transmitem uma ideia inicial de localização regional.

Cada uma dessas regiões apresenta funções especializadas como: O lobo occipital é fundamentalmente envolvido com o sentido da visão, está dividido em múltiplas áreas visuais distintas, na qual a maior é o córtex visual primário. O parietal é parcialmente dedicado ao sentido do tato, agrupa funções de sensibilidade corporal e reconhecimento espacial. O lobo temporal contém o córtex auditivo primário, processa dados auditivos, aspectos elaborados da visão, a compreensão linguística e alguns aspectos da memória. Por fim, o lobo frontal que é essencial para o planejamento de ações cognitivas, memória e movimento (Gazzaniga e Heatherton, 2005; Lent, 2001).

Os sistemas BCI surgem como ferramentas que permitem a comunicação entre uma pessoa e dispositivos externos, como computadores, interruptores ou próteses, sem exigir qualquer tipo de movimento muscular. Esta comunicação é feita somente através de atividades neurais que são capturadas através de sinais elétricos, detectados na cabeça de um indivíduo (Machado et al., 2009).

Atualmente, os sistemas BCI desenvolvidos são ferramentas que podem auxiliar os usuários a se comunicar e realizar atividades cotidianas, ainda que apresentem um sucesso limitado e se encontrem principalmente em ambientes de pesquisa. No entanto, tem sido desenvolvido para usuários com deficiências mentais e físicas, para pessoas que não apresentam nenhum tipo de deficiência e principalmente no ramo do entretenimento, na indústria de jogos digitais.

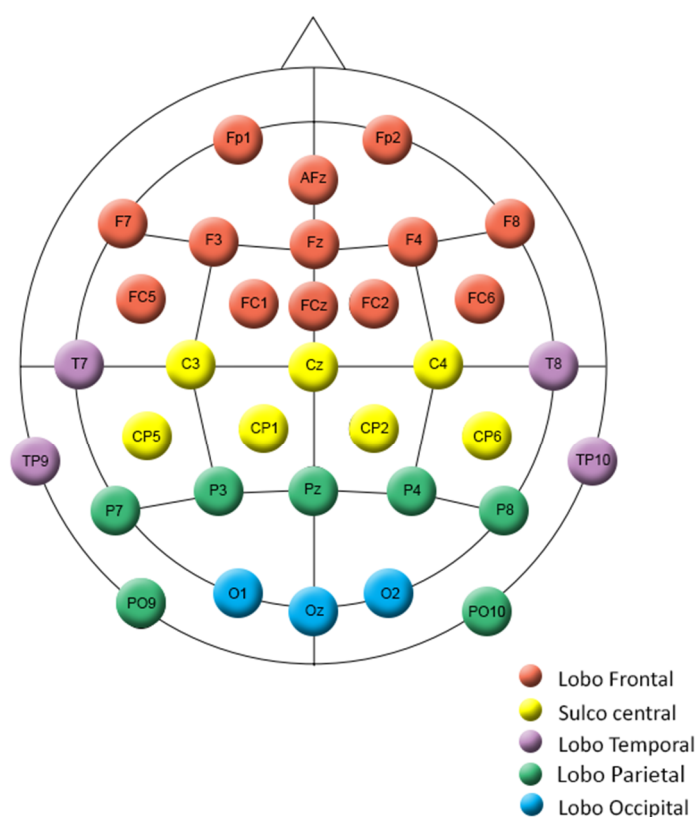
### 2.3. Ferramenta para Coleta de Sinais Cerebrais

A ferramenta ActiChamp desenvolvida por Brain *Vision*, é um amplificador modular, que integra grandes componentes finais para Análise eletrofisiológica, como EEG (Eletroencefalografia) ou BCI. Usou-se para a coleta dos dados o módulo de 32 canais em combinação com eletrodos ActiCap, que é uma touca inserida no couro cabeludo, que possui os canais expostos no padrão 10-20 onde os 32 eletrodos são inseridos para fazer o contato com cérebro do indivíduo.

Os sinais adquiridos através dos eletrodos e sensores são amplificados, digitalizados e em seguida transferidos para um computador por entrada USB, que possibilita o armazenamento e exibição dos dados.

O Acticap é conectado ao amplificador ActiChamp, fazendo assim a transmissão dos dados captados pelos eletrodos.

Para que se tenha uma melhor compreensão, a Figura 1 apresenta como os eletrodos são distribuídos ao longo do encéfalo e as áreas que cada grupo de eletrodo captura, bem como o nome de cada canal.



**Figura 1.**Localização dos eletrodos de acordo com o sistema 10-20.

Os resultados obtidos na análise dos sinais cerebrais baseados no mapa topográfico 3D, foram validados com base na neurociência, com o auxílio de uma especialista na área. Com base na literatura, essa especialista formulou a Tabela 1, em que apresenta as regiões cerebrais, bem como os eletrodos espacialmente posicionados conforme o padrão internacional “10-20”, referentes as suas funcionalidades (Bastos et al., 2016).

Área cerebral	Eletrodo	Função
Lobo Frontal	FP1,FP2,AFz,F7,F3,Fz,F4, F8,FC5,FC1,FCz,FC2,FC6	Funções executivas
Lobo Temporal	T7,TP9,T8,TP10	Percepção de movimentos biológicos
Lobo Parietal	P7, P3, Pz, P4, P8, P9,P10	Percepção somatossensorial, representações espaciais espacial
Lobo Occipital	O1,O2,Oz	Visualização de Imagens

**Tabela 1:** Áreas cerebrais, eletrodos correspondentes e suas funções prioritárias.

## 2.4. Capacidade Cognitiva e Pensamento Computacional

Desafios que demandam novas abordagens para serem resolvidos estão surgindo das constantes transformações da sociedade e da introdução de sistemas computacionais cada vez mais complexos (Jonassen, 2004). O Jonassen (2004) afirma que a aprendizagem provém de problemas que precisam ser resolvidos e que os alunos estão aprendendo e compreendendo enquanto os estão resolvendo. Neste contexto, o pensamento computacional pode ser visto como uma forma de resolver problemas, projetar sistemas e entender o comportamento humano. O pensamento computacional também é definido como a capacidade que um indivíduo tem para desencadear um processo de elaboração e solução de problemas (Wing, 2006; Resnick, 2012).

Andrade (2013) descreve que a computação está fundamentada em três pilares: (i) abstração, habilidade de extrair as características de um problema; (ii) automação, utilização de uma mídia para substituir a atividade manual, porém só é útil quando instruções corretas são dadas para a execução da tarefa; (iii) análise, estudo dos resultados da automação. O autor afirma que estes são descritos de acordo com nove conceitos fundamentais da área da computação: (i) coleta de dados, agrega dados de forma adequada; (ii) análise de dados, torna coerente os dados coletados, encontra padrões e os avalia; (iii) representação de dados, organiza os dados de forma apropriada por meio de tabelas, gráficos, entre outros; (iv) decomposição de problemas, capacidade de dividir as atividades em partes menores; (v) abstração, reduz a complexidade de um problema; (vi) algoritmos e procedimentos, série organizada de passos para resolver um problema ou atingir um objetivo; (vii) automação, utiliza mídias para fazer atividades manuais; (viii) simulação, representação ou modelagem de um processo e de sua execução (ix) paralelismo, organização de recursos para desenvolver tarefas de forma simultânea. As organizações CSTA (*Computer Science Teachers Association*), ISTE (*International Society for Technology in Education*) e a NSF (*National Science Foundation*) apresentaram um conjunto de ferramentas, denominado *Computational Thinking toolkit*, que tem como objetivo desenvolver habilidades relacionadas a computação no ensino fundamental e médio nos Estados Unidos (CSTA et al., 2010). Este toolkit utiliza estes conceitos para o desenvolvimento das habilidades dos alunos.

A lógica de programação é um dos saberes fundamentais para a construção do pensamento computacional, permitindo ao aprendiz fazer uma articulação coerente das informações em uma sequência lógica que possibilite a resolução de problemas. A importância de se ter uma boa habilidade de raciocínio lógico é fundamental para o indivíduo solucionar com maior eficiência problemas do dia a dia, que normalmente são

problemas mal estruturados. Existem duas classes de problemas: bem estruturado ou bem definido e o mal estruturado ou mal definido (Sternberg, 2012).

Os problemas bem estruturados possuem recursos claros, caminhos nítidos para a solução, como uma fórmula matemática. Problemas mal estruturados, não apresentam recursos claros e prontamente disponíveis para a solução. As pessoas que se propõem a solucionar esses problemas apresentam dificuldades para elaborar representações mentais apropriadas para modelar esses problemas e suas resoluções. Para tais problemas, grande parte da dificuldade consiste em elaborar um plano, a fim de seguir sequencialmente uma série de passos que avancem cada vez mais próximo a solução (Sternberg, 2012; Eysenck e Keane, 2007).

Quanto a influência do meio social no desenvolvimento de habilidades cognitivas, sem dúvida, o cérebro é modificável pela cultura, pois diante da plasticidade neuronal é possível reconfigurar as redes neurais e reconstruir conhecimento. Sternberg (2012) destaca que “A inteligência humana é altamente maleável. Pode ser moldada e incrementada por meio de vários tipos de intervenções”. A fase da adolescência é um momento de intenso desenvolvimento cerebral.

Conforme Gazzaniga e Heatherton (2005), os adolescentes processam informações com mais rapidez, utilizam recursos de processamento com mais eficiência e tem maior flexibilidade cognitiva, comparado a adultos. Tal eficiência do controle cognitivo na adolescência coincide com mudanças biológicas no desenvolvimento cerebral. Os autores lembram que Piaget atribuiu as mudanças no pensamento adolescente ao surgimento das operações formais. No entanto, este saber, na maioria das vezes, é ensinado de forma isolada, sem contextualização e sem correlação com os conceitos de outras áreas de conhecimento, prejudicando o processo de aprendizado e a compreensão da aplicabilidade deste conceito no cotidiano do aluno. Assim, o pensamento computacional auxilia no desenvolvimento das competências adjacentes do aprendiz como (Andrade, 2013): (i) o pensamento abstrato, utilização de diferentes níveis de subjetividade para compreender o problema; (ii) pensamento algorítmico, demonstração de soluções de problemas em diferentes passos de forma a encontrar a resposta mais eficiente e eficaz; (iii) pensamento lógico, formulação e eliminação de hipóteses; (iv) pensamento dimensionável, divisão de um problema em pequenas partes ou composição dessas partes para formular uma solução complexa.

### 3. Metodologia

Com intuito de investigar as possíveis contribuições do treinamento de lógica computacional para o desenvolvimento do pensamento abstrato, algorítmico e lógico em estudantes do ensino médio, procurou-se identificar possíveis mudanças na fisiologia cerebral pré e pós treinamento de lógica computacional, e caracterizar as atividades cerebrais durante a resolução dos problemas de um teste de lógica. Para realizar este estudo, foi necessária a coleta de sinais cerebrais em dois momentos: antes do treinamento de lógica computacional e após o treinamento.

A partir desses dados, analisaram-se as áreas com maior atividade cerebral durante a resolução de cada questão proposta, que foram coletados através de técnica não-invasiva utilizando um equipamento EEG (ActiChamp). Estas técnicas de eletroencefalografia têm sido as mais utilizadas para a aquisição de sinais BCI. Para se atingir esses objetivos, foram realizados os seguintes passos:

1. Aplicação de questionário de perfil e teste de lógica a fim de selecionar as amostras;
2. Escolha do grupo de alunos que foram analisados (alunos pertencentes aos dois últimos anos do ensino médio);

3. Coleta de sinais cerebrais antes do treinamento de lógica computacional;
4. Oficina de ensino de lógica computacional, utilizando a linguagem Scratch, com duração de 24 horas/aulas, ministradas em 2 meses;
5. Coleta dos sinais cerebrais após o término da oficina de ensino de lógica computacional;
6. Análise dos dados.

Essas etapas são melhor detalhadas em (Bastos, 2014), onde são apresentados os questionários completos, bem como dados da oficina e testes de lógica pré e pós treinamento de lógica computacional. Também apresenta as imagens geradas a partir dos sinais cerebrais coletados dos sujeitos.

#### 4. Resultados e Discussão

Para as coletas de sinais cerebrais, mediante autorização do CEPAS (Comitê de Ética em Pesquisa na Área da Saúde) CAAE: 34417214.3.0000.5324, tanto para a coleta pré-treinamento como pós treinamento, foi aplicado, individualmente, o mesmo teste de lógica para os 3 sujeitos. Os sinais cerebrais foram coletados durante a execução de cada teste de lógica. Para isso, cada sujeito teve um horário estabelecido a fim de evitar interferências, e o teste e a coleta de sinais cerebrais foram realizados em local isolado dos demais, somente com a presença da pesquisadora e um assistente.

Foram formuladas duas hipóteses, uma para cada estágio da análise (pré e pós treinamento), com a intenção de verificar se as suposições são admissíveis. As imagens foram geradas em formato 3D. Em que, representam uma média de ativação para as áreas cerebrais, sendo assim uma informação mais confiável.

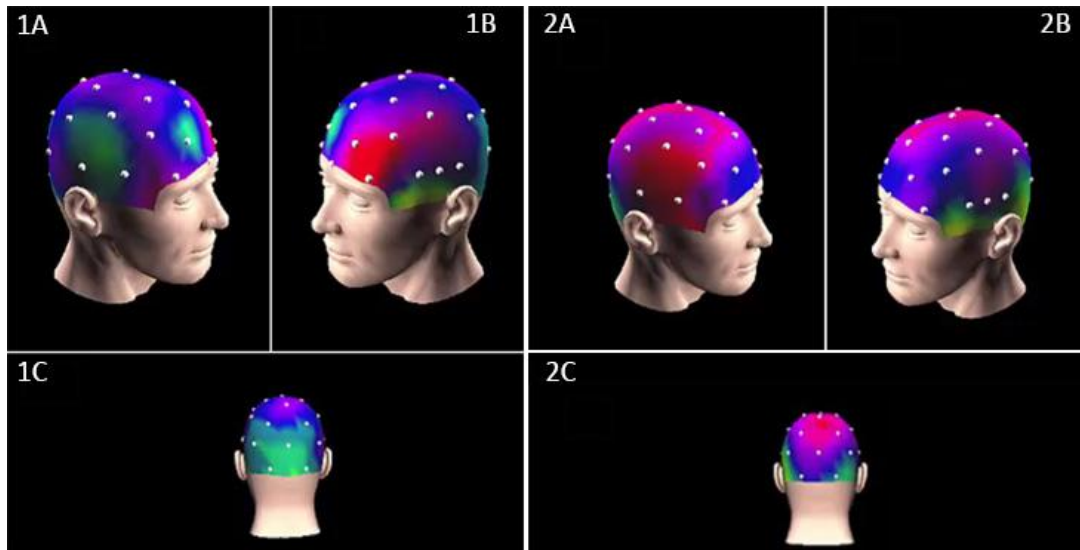
Foram propostas duas hipóteses, a primeira diz respeito a coleta pré-treinamento de lógica, a segunda pós treinamento.

**Hipótese 1:** Os alunos sem treinamento em raciocínio lógico tendem a ativar diversas áreas cerebrais. Segundo Sternberg (2012), para a solução de problemas mal estruturados, como é o caso das questões de lógica, grande parte da dificuldade reside em elaborar um plano a fim de seguir o pensamento lógico e algorítmico, o que favorece erros iniciais, tomada de percursos indiretos e todos os tipos de erros. Sendo assim, o conhecimento do domínio e as habilidades de justificação provaram ser importantes para a resolução de problemas. Portanto, uma vez que o indivíduo não possui boa habilidade de raciocínio lógico, possivelmente irá apresentar dificuldades ao elaborar o pensamento algorítmico para encontrar a solução correta.

**Hipótese 2:** Os alunos que apresentam melhor desenvolvimento no pensamento abstrato e lógico ativam áreas cerebrais específicas. Em seus estudos, os autores Eysenck e Keane (2007) observam que indivíduos tendem a ativar menos áreas cerebrais após a prática de exercícios que envolvem raciocínio. Sternberg (2012), em seus achados, afirma que melhores alunos apresentam maior probabilidade do que os menos capazes para dedicar mais tempo na fase inicial, decidindo como solucionar um problema, e menos tempo solucionando-o efetivamente, pois ao dedicarem mais tempo decidindo antecipadamente o que fazer, os alunos eficazes apresentam menor probabilidade de serem vítimas de inícios errados, percursos indiretos e todos os tipos de erros. Com isso, indivíduos treinados são mais propensos a tomar caminhos mais curtos e diretos para solucionar os problemas (ditos problemas mal estruturados), ativando assim um número menor de áreas cerebrais.

Neste trabalho, apresentam-se os dados completos de um dos sujeitos analisados. A Figura 2 apresenta duas coletas, a de número 1 corresponde a coleta pré-treinamento e a número 2 a pós treinamento de lógica. Como pode-se observar a Figura

2 com numeração 1 (pré treinamento) mostra as atividades cerebrais executadas pelo sujeito nos primeiros momentos do desenvolvimento da questão, em que foram ativadas diversas áreas além das esperadas, como o lobo frontal direito, temporal esquerdo, parietal esquerdo e sulco central direito. Já a Figura 2 com numeração 2 (pós treinamento) apresenta as atividades cerebrais geradas pelo sujeito nos primeiros momentos do desenvolvimento da questão, mostra que foram ativadas somente as áreas necessárias para a execução do exercício. É possível observar que os lobos frontal, temporal esquerdo, parietal e occipital mostram maior atividade. Pode-se ainda notar que o indivíduo ativou todas as áreas necessárias para o desenvolvimento da questão, e nenhuma área inesperada.



**Figura 2.** Principais áreas ativadas pelo sujeito durante a execução dos exercícios. As imagens numeradas com 1 correspondem à análise pré-treinamento, as com número 2 à coleta pós treinamento. Para as letras A: Mapa topográfico 3D correspondente ao hemisfério direito; B: Mapa topográfico 3D correspondente ao hemisfério esquerdo; C: Mapa topográfico 3D correspondente à área posterior cerebral.

A Figura 3 mostra o resumo da análise do sujeito, onde são descritas todas as áreas cerebrais que deveriam ser ativadas (com base na Tabela 1) em cada questão dos testes de lógica, pré e pós treinamento, e as áreas que de fato foram ativadas pelo sujeito além das esperadas.

Na coleta pré-treinamento (Figura 3), o sujeito apresentou maior atividade em grande parte das áreas esperadas para a resolução de cada questão. Porém, mostra alta atividade em áreas que não eram previstas para o desenvolvimento dos exercícios. Com isso, confirma-se a hipótese 1, pois acredita-se que o sujeito tomou diversos caminhos até encontrar a possível solução do problema.

No entanto, na coleta pós treinamento pode-se verificar que as áreas com maior atividade tiveram uma redução em comparação a coleta pré-treinamento, confirmando assim a hipótese 2, pois o indivíduo, aparentemente, ativou um número menor de áreas não esperadas para resolver o problema e maior número de áreas necessárias para solucionar cada questão.



Coleta pré treinamento		Coleta pós treinamento		
Áreas que devem ser ativadas	Áreas ativadas	Áreas que devem ser ativadas	Áreas ativadas	
Questão 1	Lobo Frontal	x	Lobo frontal direito	x
	Lobo temporal esquerdo	x	Lobo temporal esquerdo	
	Lobo parietal	x	Lobo parietal esquerdo	x
	Lobo occipital	x	Lobo occipital	x
Questão 1		Lobo temporal direito		Lobo temporal direito
		Sulco central direito		Lobo parietal direito
Questão 2	Lobo frontal esquerdo		Lobo frontal	x
	Lobo temporal direito	x	Lobo temporal	x
	Lobo parietal direito	x	Lobo parietal direito	x
	Lobo occipital	x	Lobo occipital	x
Questão 2		Lobo frontal direito		
		Lobo temporal esquerdo		
		Lobo parietal esquerdo		
		Sulco central direito		
Questão 3	Lobo frontal esquerdo		Lobo frontal direito	x
	Lobo temporal	x	Lobo temporal	x
	Lobo parietal esquerdo	x	Lobo parietal direito	x
	Lobo occipital	x	Lobo occipital	x
Questão 3		Lobo frontal direito		Lobo frontal esquerdo
		Lobo parietal direito		Lobo parietal esquerdo
		Lobo central direito		
Questão 4	Lobo frontal	x	Lobo frontal	x
	Lobo temporal esquerdo	x	Lobo temporal direito	x
	Lobo parietal	x	Lobo parietal	x
	Lobo occipital	x	Lobo occipital	x
Questão 4		Lobo temporal direito		
		Sulco central direito		
Questão 5	Lobo frontal esquerdo		Lobo frontal direito	x
	Lobo temporal direito	x	Lobo temporal esquerdo	
	Lobo parietal	x	Lobo parietal	x
	Lobo occipital esquerdo	x	Lobo occipital direito	x
Questão 5		Lobo frontal direito		Lobo frontal esquerdo
		Lobo temporal esquerdo		Lobo temporal direito
		Lobo occipital direito		Lobo occipital esquerdo
		Sulco central		

**Figura 3.** Resumo das principais áreas cerebrais ativadas no sujeito 2, durante os testes de lógica pré e pós treinamento. As células em amarelo correspondem as áreas que deveriam ser ativadas em cada questão. O “X” indica que o indivíduo ativou a área correspondente. As células brancas correspondem as áreas ativadas não esperadas. As palavras “esquerdo” e “direito” indicam os hemisférios.

## 5. Conclusões

O trabalho teve como objetivo investigar possíveis contribuições de treinamento de lógica computacional para o desenvolvimento do pensamento abstrato, algorítmico e lógico em estudantes do ensino médio. Para esse fim, foi necessário identificar possíveis mudanças na fisiologia cerebral pré e pós treinamento de lógica computacional, e ainda, caracterizar a atividade cerebral durante a realização de testes de lógica antes e depois do treinamento.

Tomando como referência o objetivo do estudo, pode ser considerado que o mesmo foi atingido de modo satisfatório. Comparando-se as hipóteses 1 e 2, observou-se que houve alterações na fisiologia cerebral, confirmando assim ambas as hipóteses.

Como uma primeira implicação dos resultados é possível afirmar que alunos ativaram maior número de áreas cerebrais antes de praticarem a lógica de programação.

O trabalho é inovador na área da computação na medida que são escassos os estudos na área de pensamento computacional que utilizam a captação de sinais cerebrais para analisar/acompanhar/monitorar as alterações (fisiológicas) durante o aprendizado de lógica de programação.

Ampliando o potencial dos achados, é possível também assumir que o trabalho oferece subsídio para o desenvolvimento de outras pesquisas. Pensa-se que pode ser desenvolvido um estudo com maior tempo de treinamento, maior número de indivíduos para as coletas, e junto com a aquisição dos sinais utilizar técnicas automáticas de mineração de dados para se encontrar resultados mais refinados, nos quais não podem ser encontrados apenas com as imagens.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem a CAPES pelo financiamento das bolsas de pesquisa, também a disponibilidade e participação dos alunos envolvidos no experimento.

## **Referências**

ANDRADE, D.; CARVALHO, T.; SILVEIRA, J.; CAVALHEIRO, S.; FOSS, L.; FLEISCHMANN, A. M.; REISER, R. Proposta de Atividades para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental. In: Anais do Workshop de Informática na Escola, 2013, v. 1, no. 1, p. 169.

BASTOS, N. S. Desenvolvimento de habilidades de lógica em estudantes do ensino médio: uma proposta fundamentada na neurociência. Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Sistemas de Informação – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

BASTOS, N. S.; ADAMATTI, D. F., CARVALHO, F. A. H. Desenvolvimento de habilidades de lógica em estudantes do ensino médio: Uma proposta fundamentada na neurociência. Revista brasileira de informática na educação, v.24, n. 1, 2016.

CARVALHO, F. A. H. Reaprender a Aprender: a pesquisa como alternativa meta cognitiva. Tese de doutorado em educação, Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

COSENZA, R.; GUERRA, L. Neurociência e Educação: Como o Cérebro Aprende. Artmed, Porto Alegre, 2011.

EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. Manual de psicologia cognitiva. Artmed, Porto Alegre, 2007.

CSTA, ISTE; NSF. Computational thinking leadership toolkit. Disponível: <http://www.csta.acm.org/Curriculum/sub/CompThinking.html>. Acesso: maio/2016, 2010.

FERNANDES, C. S.; MENEZES, P. B. Metodologia do Ensino de Ciência da Computação: Uma Proposta Para Criança. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. Fortaleza: CE, 2011.

GAZZANIGA, M. S.; HEATHERTON, T. Ciência psicológica: mente, cérebro e comportamento. Artmed, Porto Alegre, 2005.

- GOOGLE. Exploring computational thinking. Disponível: <https://www.google.com/edu/resources/programs/exploring-computational-thinking>. Acesso: maio/2016, 2016.
- IZQUIERDO, I. A arte de esquecer. Vieira e Lent, São Paulo, 2004.
- JONASSEN, D. H. Learning to solve problems - an instructional design guide. São Francisco: Pfeiffer, 2004.
- LENT, R. Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência. Athenue. São Paulo, 2001.
- LENT, R. Neurociência da Mente e do Comportamento. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2008.
- MACHADO, S.; CUNHA, M.; VELASQUES, B.; MINC, D.; HUGO, V.; BASTOS, H. B.; CAGY, M.; PIEDADE, R.; RIBEIRO, P. Interface cérebro-computador: novas perspectivas para a reabilitação. Revista Neurociências. 2009. v. 17, no. 4, p. 329-335.
- MELLON, C. Center for computational thinking. Disponível: <http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/> Acesso:Maio/2016, 2016.
- MARQUES, D. L.; COSTA, L. F. S.; SILVA, M. A. A.; REBOUÇAS, A. D. D. S. Atraindo Alunos do Ensino Médio para a Computação: Uma Experiência Prática de Introdução à Programação utilizando Jogos e Python. In: Anais do XVII Workshop sobre Educação Informática. Aracaju: SE, 2011.
- RAPKIEWICZ, C. E.; FALKEMBACH, G.; SEIXAS, L.; ROSA, N. S.; CUNHA, V. V.; KLEMANN, M. Estratégias Pedagógicas no Ensino de Algoritmos e Programação Associadas ao Uso de Jogos 6 Educacionais. In: CINTED-UFRGS. 2006. v. 4 no 2.
- RATEY, John J. A user's guide to the brain: Perception, attention, and the four theatres of the brain. Vintage, 2002.
- RESNICK, M. Point of View - Reviving Papert's Dream. Educational Technology. 2012v. 52, p. 42-46.
- STERNBERG, R. J. Psicologia Cognitiva. Trad. Anna Maria Luche, Roberto Galman; Cengage Learning, São Paulo, 2012.
- WING, J. M. Computational Thinking. Communications of the ACM. 2006. v.49, p. 33-35.