

Elementos neurocognitivos da atenção seletiva para a compreensão da transição escolar de noções matemáticas

Neurocognitive elements of selective attention for the comprehension of the school transition of mathematical notions

Laerte Silva da Fonseca ¹, Kleyfton Soares da Silva ^{2*}

¹ Instituto Federal de Sergipe (IFS), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (UFS), Aracaju, Sergipe, Brasil.

²Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campos Belos, Goiás, Brasil.

Resumo

A aprendizagem de noções matemáticas exige estratégias que favoreçam a “atenção seletiva” dos alunos de modo a considerar informações relevantes e ignorar as irrelevantes. O objetivo central desta pesquisa foi identificar as noções matemáticas que requisitam atenção seletiva, configurando-se, nesta pesquisa, como as mais importantes do Ensino Fundamental (EF) esperadas pelo Ensino Médio (EM). Trata-se de uma pesquisa qualitativa de cunho teórico e documental. Considerou-se princípios da epistemologia das noções matemáticas, da análise de funções cognitivas em atividades de trigonometria e dos Níveis do Funcionamento do Conhecimento. Apropriou-se também de fundamentos neurocognitivos da atenção para a elaboração de uma matriz de referência, que serviu de lente para identificar os tipos e níveis de tarefas que requisitam atenção seletiva. Os resultados apontaram que existe um conjunto de conhecimentos no EF (Grandezas e Medidas) potencial motor para dar suporte aos pares de ideias fundamentais (BNCC, 2017), no que se refere às “relações e inter-relações” do EM. Como proposta baseada nas discussões deste trabalho, foram apresentados três tipos de tarefas que pretendem alcançar as exigências neurocognitivas e didáticas esperadas pela transição escolar entre o EF-EM.

Palavras-chaves: atenção seletiva; neurocognição; transição escolar.

Abstract

The learning of mathematical notions requires strategies that favour the students' "selective attention" to consider relevant information and ignore the irrelevant ones. The main objective of this research was to identify the mathematical notions that require selective attention, being in this research, as the most important of the Elementary School expected by High School. This is a qualitative research of a theoretical and documental kind. It was considered principles of the epistemology of mathematical notions, of the analysis of

* L. S. Fonseca – E-mail: laerte.fonseca@uol.com.br – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0215-0606>; K. S. Silva – E-mail: kley.soares@hotmail.com – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8526-961X>

cognitive functions in trigonometry activities and of the Levels of the Functioning of Knowledge. It also considered neurocognitive fundamentals of attention for the elaboration of a reference matrix, which served as a lens to identify the types and levels of tasks that require selective attention. The results pointed out that there is a set of knowledge in the Elementary School (Quantities and Measures) potential motor to support the pairs of fundamental ideas (BNCC, 2017), regarding the "relations and interrelations" of High School. As a proposal based on the discussions of this paper, three types of tasks were presented that aim to achieve the neurocognitive and didactic requirements expected by the school transition between the Elementary School and High School.

Keywords: *selective attention; neurocognition; school level transition.*

1. Introdução

É notável a importância dispensada às funções cognitivas, especialmente à atenção seletiva para a aquisição de noções matemáticas do Ensino Fundamental. Isso porque se tais noções existem e estão disponíveis, a aprendizagem das noções matemáticas do Ensino Médio pode ser facilitada, considerando que a transição entre esses níveis de escolaridade pode impactar em fatores decisivos para a continuidade e conclusão da vida acadêmica dos estudantes. Dessa forma, por envolver também aspectos atencionais, “a questão da aprendizagem representa um dos pontos centrais para a neuroeducação”, conforme destacam Sholl-Franco, Assis e Marra (2010, p. 13).

Para podermos focar a nossa atenção em algum estímulo, informação ou conteúdo é necessário que existam algumas condições. Nesse sentido, destaca-se inicialmente a percepção de que existe “importância” naquele foco, em outras palavras: o foco deve ser tradutor de motivação do próprio indivíduo, ou do estudante, no caso da sala de aula, pois só focamos em algo quando outras estruturas cerebrais mais internas, a exemplo do núcleo accumbens, fazem julgamento de que o conteúdo sob o foco da atenção representa prazer ou contribui para a nossa sobrevivência. Decorre desse julgamento que a pessoa escolherá ou não, dentre tantos estímulos, aquilo que o professor está tentando manifestar em sala de aula como sendo importante (Lent, 2002).

A grande dificuldade que pode estar por trás da seletividade atencional, e talvez os professores não tenham consciência disso, reside no fato da qualidade da apresentação de um conteúdo matemático que requisita certos atributos esperados pelo sistema atencional, sobretudo pelos mecanismos da atenção seletiva, que buscam conduzir as escolhas dos alunos para os objetivos traçados pelo professor; caso contrário, os alunos evitarão gastar tempo e energia de suas vidas selecionando o conteúdo proposto.

Nas vivências docentes os autores desse trabalho verificaram que, geralmente, ocorre uma certa frustração do professor quando ou enquanto faz a exposição do conteúdo. Observa-se que os alunos divagam ou “não prestam atenção”, o que também pode ser avaliado como frustração. Em sua maioria, os conteúdos que o professor precisa defender como importantes não fazem o sentido para o aluno.

Então, pode-se salientar aqui que existem dois tipos de frustração: a frustração docente e a frustração discente, ambas entendidas pela falta de um sincronismo entre o que o cérebro dos alunos naturalmente espera acerca de um estímulo que desperte a necessidade

de focar, e por outro lado, a ausência de conhecimento dos professores sobre o funcionamento do cérebro de seus alunos, especificamente, dos mecanismos atencionais.

Esse raciocínio inicial é importante para que se perceba e se possa defender uma premissa: o conhecimento dos professores sobre os mecanismos atencionais, especificamente, da atenção seletiva, é condição *sine qua non* para que as escolhas didáticas estejam adequadas às expectativas neurocognitivas dos alunos.

A desigualdade ou desequilíbrio entre o conhecimento dos mecanismos atencionais e as escolhas didáticas pode justificar, do ponto de vista neurocognitivo, certa frustração na transição entre o Ensino Fundamental e o Ensino Médio, sobretudo quando as noções matemáticas consideradas mais importantes no Ensino Fundamental não se encontram disponíveis para o entendimento das noções que são previstas no Ensino Médio.

Nessa perspectiva, o objetivo geral deste trabalho é identificar o conjunto das noções matemáticas do Ensino Fundamental que requisitam maiores cuidados atencionais, do ponto de vista neurocognitivo, quando forem requisitadas no Ensino Médio, auxiliando na transição entre esses níveis escolares.

Para tanto, tais cuidados devem dispor das características ou propriedades relacionadas diretamente ao funcionamento do sistema límbico como um todo, cuja consequência imediata reflete em um alinhamento entre a capacidade de o aluno focar na informação disponibilizada pelo professor e a variedade de representações matemáticas envolvidas. Caso isso ocorra é muito provável que, por hipótese, exista a continuidade da sinfonia cerebral: ativação da atenção sustentada, ativação dos processos perceptivos, ativação das memórias de curta e longa duração, ativação das funções executivas e, por fim, da aprendizagem.

A forma para alcançar esse objetivo foi a aplicação dos procedimentos da pesquisa documental, sobretudo destacando a Base Nacional Comum Curricular/ BNCC (Brasil, 2017) e evidências teóricas para justificar o funcionamento da atenção seletiva.

Para tanto construímos uma grade de análise ou uma matriz de referência que considerou pressupostos teóricos da neurociência cognitiva, mais especificamente relacionados aos mecanismos atencionais, e da Didática da Matemática, quando se abordam os Níveis de Funcionamento do Conhecimento (NFC) de Robert (1997, 1998).

A atenção, na qualidade de função cognitiva, é exigida praticamente na realização de todos os tipos de tarefas escolares. Facilmente é verificado na literatura depoimentos de professores sobre a ausência dessa capacidade cognitiva em seus alunos. Curiosamente, os professores não conseguem justificar essa ausência da atenção a partir dos seus próprios conhecimentos sobre ela. Os planejamentos de ensino sobre certa noção matemática não consideram as expectativas neurocognitivas como eventos certos e existentes para estruturarem a apresentação das noções matemáticas.

Hipoteticamente, imaginemos que o objetivo de uma aula de matemática do Ensino Fundamental seja alcançar a aprendizagem sobre frações. Uma pergunta que pode funcionar como fio condutor adequado ou alinhado às expectativas neurocognitivas atencionais é a seguinte: Qual o sentido e significado de frações para uma criança onde o seu cérebro ainda se encontra em desenvolvimento e, por isso, não dispõe das capacidades cognitivas disponíveis em sua plenitude? O que pode dificultar essa aprendizagem? Que atributos são indispensáveis estarem relacionados durante a apresentação ou sensibilização para que os alunos de 11 anos de idade aprendam fração? O que uma criança faria com essa aprendizagem fora da sala de aula? Será que essas situações existem de fato ou o professor precisaria torná-las platônicas para apresentar as frações aos seus alunos e com isso falsear a importância desse conhecimento dentro do processo de aprendizagem?

Estes são, por exemplo, alguns indicativos ou norteadores que o professor poderia considerar sempre que for apresentar uma noção matemática em uma sala de aula. Isso exige do professor, inicialmente, a disponibilidade para compreender os mecanismos neurocognitivos do sistema atencional; em seguida dispor de alguma teoria da aprendizagem que permitisse utilizar-se dos conhecimentos neurocognitivos da atenção para articulá-los a um conteúdo matemático pretendido.

Outro fator importante que deve ser considerado é que existe um grau de importância das noções matemáticas do Ensino Fundamental esperadas como disponíveis para o Ensino Médio: dentre elas, por hipótese, a noção de proporcionalidade é considerada importante para a compreensão da noção de função matemática no Ensino Médio.

Considerando essa premissa como verdadeira, o professor precisa dispor de mais energia e comprometimento para buscar alternativas que facilitem a produção de neurotransmissores responsáveis pela ativação das funções cognitivas citadas anteriormente, sendo a atenção seletiva uma das capacidades mais importantes no início do processo de aprendizagem.

A justificativa para essa afirmação repousa sobre o fato de que, por exemplo, se a visão estiver "borrada" não existirá um foco definido. Em outras palavras, ocorrerá, provavelmente, a desistência pelo foco apresentada, dada a falta de nitidez que pode ser interpretada pela ausência de sincronismo entre as respostas das questões anteriores e o tipo da apresentação escolhida pelo professor.

2. Entrelaces entre a atenção seletiva e a BNCC

Existem noções matemática do Ensino Fundamental esperadas pelo Ensino Médio como imprescindíveis, pois sem o domínio das mesmas o aluno não acompanha a transição para essa etapa de sua escolarização. Segundo a BNCC (Brasil, 2017, p. 520) existem quatro pares de noções fundamentais adotados: variação–constância; certeza–incerteza; movimento–posição; relações–interações.

Tomando-se essa sequência como uma hierarquia, pode-se sugerir um rol de noções matemáticas do Ensino Fundamental esperados essencialmente pelo Ensino Médio e, por esse motivo, exigem maior disponibilidade de uma função cognitiva particular: a atenção seletiva, que se refere a uma habilidade cognitiva de direcionar o foco da atenção para um alvo específico do ambiente, enquanto ignora elementos distratores (Gazzaniga, Ivry & Granun, 2006).

Sem dispor dessa habilidade cognitiva, outras funções mentais deixam de ser ativadas ou, quando são, podem aparecer de forma enfraquecida, empobrecendo *feedbacks* esperados pelo professor. Nesse sentido, faz-se necessário compreender como se dá a ativação da "atenção seletiva" para permitir o possível avanço nos conteúdos esperados pela transição para o Ensino Médio.

Como um órgão complexo, o cérebro funciona em sintonia quando todas as suas funções cognitivas se encontram orquestradas sobre o sequenciamento biopsíquico natural regido por duas condições essenciais: o princípio do prazer ou bem-estar; o princípio da sobrevivência (Cunha, 2011).

Entre muitas das subdivisões neuroanatomofisiológicas, é preciso considerar o sistema límbico como o motor de toda a circuitaria neural. Nele reside a gênese e controle das nossas emoções que define e redireciona os pensamentos e os comportamentos (latentes ou manifestos) (LeDoux, 2001).

Nesse sistema, outras estruturas interagem quase simultaneamente, objetivando fazer uma escolha e, assim, determinar o comportamento. Elas são, principalmente, a amígdala, o hipocampo, o tálamo, o hipotálamo e o núcleo accumbens.

Como no funcionamento de uma engrenagem, a amígdala decide se o estímulo externo oferece ou não perigo para a sobrevivência, emitindo a outras estruturas informações de alerta, fuga ou luta. Assim, algo “novo” que descarta perigo ativa o aviso de alerta que causará, naturalmente, uma ansiedade (expectativa) que pode ser arrefecida, caso encontre alguma informação suporte na região do hipocampo, responsável por armazenar memórias de longo prazo (MLP).

Caso existam conhecimentos prévios detectados na MLP, o hipocampo irá direcionar a informação para outra subestrutura, o tálamo, responsável por direcionar ou descartar a informação baseado na existência de um suporte cognitivo. Em caso positivo, conforme Cunha (2011), o tálamo dirigirá o conteúdo para o hipotálamo que avaliará se a informação irá gerar prazer (*feedback* positivo) ou desprazer (*feedback* negativo).

Embora existam ainda outras sub-regiões por onde a informação é submetida, decidiu-se aqui apontar a última delas como forma de auxiliar o cérebro a decidir por focar em uma informação e não em outras: o núcleo accumbens, que é responsável pelo julgamento quanto ao sentido e significado do estímulo apresentado. Ou seja, se satisfizer essas duas condições é provável que a atenção seletiva ou foco selecione a informação apresentada, pois o cérebro julga que ela precisa ser aprendida e pode futuramente servir como uma ferramenta para uso sempre que necessário.

É assim que reside um dos desafios no ensino das noções matemáticas a fim de que elas sejam aceitas pelo cérebro, satisfazendo as exigências naturais citadas acima. Em outras palavras, salienta-se a necessidade entre um alinhamento das expectativas neurocognitivas da atenção seletiva e as expectativas institucionais das noções matemáticas a serem ensinadas, para que seja possível existir uma transição EF-EM satisfatória, tanto em nível pessoal (o aluno), quanto em nível institucional (a escola, o professor).

Dessa forma, exige-se da parte do ensino de matemática que algumas condições estejam disponíveis no cuidado com o tratamento das noções consideradas fundamentais do Ensino Fundamental como suportes para uma adequada transição para o Ensino Médio. Dentre elas é conveniente destacar o conhecimento do funcionamento dos mecanismos atencionais, em nível de cérebro, e, também, da epistemologia das noções matemáticas em jogo.

Reside no desenvolvimento epistemológico das noções as razões que justificam o seu desenvolvimento, sendo esses os requisitos de sentido e significado esperado pelo núcleo accumbens. Assim é muito provável, por hipótese, que o aluno regule suas lentes atencionais para o alvo que o professor escolheu apresentar em uma aula.

Neste artigo não se pretende apresentar um modelo atencional para todas as noções matemáticas consideradas importantes para o Ensino Médio, mas apresentar uma proposta a fim de que os leitores possam compreender, de fato, o quão trabalhoso é selecionar recursos e estratégias didáticas para o ensino de matemática que atenda às condições exigidas e, que muitas vezes, sequer são consideradas existentes pelo meio didático.

Com efeito, vale destacar excertos do trabalho de Fonseca (2011, 2012) que analisou a aprendizagem de funções trigonométricas. Considerando as exigências das funções cognitivas para alcançar a aprendizagem, o pesquisador buscou na natureza dos fenômenos ondulatórios a razão primordial para ativar o sistema límbico dos alunos, especificamente, o núcleo accumbens.

Em seu levantamento epistemológico identificou que no campo da física o som se propaga por meio de ondas sonoras mecânicas em uma dada frequência e amplitude. Desse achado, pode-se extrair a seguinte premissa: uma das formas de comunicação interpessoal é o som. Propagado pela fala de um interlocutor ou captado pela escuta de uma música, o som pode ser prazeroso ou não; quanto a isso, pode-se, também, ter controle ou não.

Então, prazer–controle, prazer–descontrole, desprazer–controle ou desprazer–descontrole representam os principais arranjos que serviram de ferramentas para atender as exigências do núcleo accumbens. Entretanto, faz-se necessário analisar como os pares anteriores podem ser identificados por meio do conhecimento trigonométrico que dá suporte para tal entendimento.

Outra fonte de “motivação” para estimular o núcleo accumbens é destacar para os alunos que nem todos os tipos de sons são captados pelo ouvido humano, mas sim, por outros animais, pois dependerá de variáveis (amplitude e frequência) que são compreendidas por meio de representações gráficas e algébricas.

Retornando aos estudos epistemológicos de Fonseca (2011, 2012), foi apontado que o interesse pelo estudo do som remonta-se à teoria de Fourier quando buscou somar funções trigonométricas para modelar uma onda sonora. Esse fato também pode auxiliar o professor a convidar os alunos a compreenderem como se dá o processo de audição, os componentes e as estruturas externas e internas do aparelho auditivo, as causas e consequências da má utilização de altas frequências sonoras, considerando-se a limitação da capacidade humana etc.

Neste contexto, pode-se sinalizar para o leitor, motivado pelos “pares de ideias fundamentais” adotados na BNCC (Brasil, 2017 p. 520), algumas noções matemáticas que implicam em uma transição adequada entre o EF-EM (ver Quadro 1).

O Quadro 1 revela que o pensamento matemático, seja qual for a sua unidade temática (ou Quadro) corresponde a habilidades matemáticas esperadas institucionalmente, em que a resolução de problemas é a alternativa mais frequente apontada pelo documento nessa etapa da escolarização, considerando-se que os alunos criem e recriem cenários que integrem a matemática de forma interdisciplinar, compreendendo melhor a realidade que o cerca.

Entretanto, repousa sobre um tipo particular de pensamento matemático, o proporcional, a mola propulsora de todo o desencadeamento dos conhecimentos apresentados no Ensino Fundamental, dada a sua expressiva forma articuladora para alcançá-los. O Quadro 2 foi inserido como forma de validar as hipóteses relatadas acima.

Observa-se de modo claro e direto que as expectativas institucionais apontam para a unidade de conhecimento da própria área o tema “grandezas e medidas” como sendo a parte do EF esperada pela transição do EM quando se destaca o par de ideias fundamentais denominado de “relações e inter-relações”, onde “dessas relações, evolui-se para a noção de função, uma noção integradora da Matemática” (Brasil, 2017, p. 521).

Essa análise aponta para quais temáticas do EF se deve priorizar potencialmente as considerações sobre a atenção seletiva dos alunos, pois sem o foco bem estabelecido para essas noções matemáticas poderá existir um comprometimento na transição entre o EF-EM.

Sobre as noções de grandezas e medidas existe uma lista de subitens que se deve considerar e aproveitá-los como focos potenciais para o desenvolvimento da atenção seletiva.

Quadro 1. A BNCC de Matemática do Ensino Fundamental. Quadros aqui devem ser entendidos como unidade de conhecimento da própria área. Fonte: BNCC (Brasil, 2017, p. 517-519).

No Ensino Fundamental o foco é possibilitar que os estudantes construam uma visão mais integrada da Matemática, ainda na perspectiva de sua aplicação à realidade.		
Unidades de conhecimento da própria área (os Quadros)	Habilidades esperadas	Como alcançá-las
Números	Desenvolver habilidades referentes ao pensamento numérico , ampliando a compreensão a respeito dos diferentes campos e significados das operações.	Propõe-se a resolução de problemas envolvendo números naturais, inteiros, racionais e reais, em diferentes contextos (do cotidiano, da própria Matemática e de outras áreas do conhecimento).
Álgebra	Desenvolver o pensamento algébrico , tendo em vista as demandas para identificar a relação de dependência entre duas grandezas em contextos significativos.	Comunicá-la utilizando diferentes escritas algébricas, além de resolver situações-problema por meio de equações e inequações.
Geometria	Desenvolver habilidades para interpretar e representar a localização e o deslocamento de uma figura no plano cartesiano, identificar transformações isométricas e produzir ampliações e reduções de figuras. (pensamento geométrico)	Formulando e resolvendo problemas em contextos diversos, aplicando os conceitos de congruência e semelhança.
Grandezas e Medidas	Construir e ampliar a noção de medida, pelo estudo de diferentes grandezas; Desenvolver o pensamento proporcional .	Obtendo expressões para o cálculo da medida da área de superfícies planas e da medida do volume de alguns sólidos geométricos. Por meio da exploração de situações que oportunizem a representação, em um sistema de coordenadas cartesianas, da variação de grandezas, além da análise e caracterização do comportamento dessa variação (diretamente proporcional, inversamente proporcional ou não proporcional) .
Probabilidade e Estatística	Construir o espaço amostral de eventos equiprováveis; Interpretar estatísticas divulgadas pela mídia, mas, sobretudo, de planejar e executar pesquisa amostral. (pensamento probabilístico)	Utilizando a árvore de possibilidades, o princípio multiplicativo ou simulações, para estimar a probabilidade de sucesso de um dos eventos; Interpretando as medidas de tendência central , e de comunicar os resultados obtidos por meio de relatórios, incluindo representações gráficas adequadas.

Quadro 2. A BNCC de Matemática do Ensino Médio (Brasil, 2017).

No Ensino Médio, o foco é a construção de uma visão integrada da Matemática, aplicada à realidade		
Unidades de conhecimento da própria área (os Quadros)	Pares de ideias fundamentais adotados	Expectativas institucionais
Números	variação e constância	Variação e constância envolvem observar, imaginar, abstrair, discernir e reconhecer características comuns e diferentes ou o que mudou e o que permaneceu invariante, expressar e representar (ou descrever) padrões, generalizando-os. Reitera-se que, como essas ideias não são exclusivas da Matemática, podem gerar integração entre as áreas. Em Matemática, as classificações que organizam, em grupos, os conceitos, as propriedades e as definições são pertinentes à variação e à constância. Portanto, é fundamental reconhecê-las e expressá-las. As perguntas que priorizam variação, ou mudanças, dizem respeito às diferenças e àquilo que é alterado. Já as que priorizam invariantes, ou constância, reportam-se àquilo que é conservado e ao que é semelhante, ou igual. Além disso, a ideia de variação e constância comporta indagações do tipo “e se fosse?”, que mobilizam processos de abstrações, representações e generalizações, essenciais para a criatividade em Matemática.
Álgebra		
Geometria	movimento e posição	Movimento e posição estão presentes na localização de números em retas, de figuras ou configurações no plano cartesiano e no espaço tridimensional; direção e sentido, ângulos, paralelismo e perpendicularidade, transformações geométricas isométricas (que preservam as medidas) e homotéticas (que preservam as formas) e padrões das distribuições de dados. O uso de mapas, GPS e de outros recursos implica a observação e estudo desse par de ideias. Atividades investigativas com <i>softwares</i> dinâmicos que inter-relacionem movimento e posição podem também promover o desenvolvimento dessas ideias, importantes em cartografia e na movimentação diária do cidadão comum. Por vivermos em um mundo conectado com celulares às mãos, aparelhos de geolocalização, TVs a cabo, câmeras de vigilância etc., o estudo do movimento e posição tem muitas finalidades em diversas áreas.
Grandezas e Medidas	relações e inter-relações.	Relações e inter-relações estão presentes em muitas situações reais nas quais se aplica a Matemática. As relações estão presentes em problemas que envolvem a proporcionalidade entre duas ou mais grandezas, escalas, divisão em partes proporcionais etc. que tratam da interdependência entre grandezas. Dessas relações, evolui-se para a noção de função, uma noção integradora da Matemática. Os movimentos de figuras, como as reflexões em retas, rotações e translações, podem ser expressos por funções, em trabalhos no plano cartesiano, por exemplo.

Probabilidade e Estatística	certeza e incerteza	Certeza e incerteza é um par normalmente associado, na matemática escolar, ao estudo de fenômenos aleatórios, à obtenção de medidas no mundo físico, a estimativas, análises e inferências estatísticas e a argumentações e demonstrações algébricas ou geométricas. Mas ela engloba muitas outras ideias. Em Matemática, a validação de ideias deriva da busca de certeza. Como certeza e incerteza são inerentes à elaboração de conjecturas e previsões, podemos considerar que a visualização, a antevisão, a previsão e a antecipação são inseparáveis desse par de ideias e estão associadas às práticas de expressar e comunicar ideias e estratégias matemáticas, validando-as por meio de sugestões. Expressar incertezas em relação às próprias ideias e às dos colegas, indicando seus limites, e imaginar, criar e cogitar coletivamente o que ocorreria na extrapolação dos limites indicados também integra esse par. Certeza e incerteza são inerentes, ainda, a variadas formas de comunicação social, que empregam elementos de estatística e suas representações, além dos problemas de contagem e de formas intuitivas de expressão de probabilidades.
-----------------------------	---------------------	---

Fonte: BNCC (Brasil, 2017, p. 521).

3. A necessidade do foco atencional na sala de aula: concepção e aplicação de uma matriz de referência

Conforme foi dito anteriormente, será apresentada uma matriz de referência (Quadro 3) com os atributos esperados para o desencadeamento da atenção seletiva. Cada elemento da matriz é discutido ao longo desta seção em forma de exemplo de aplicação.

O conjunto de noções do EF, também entendidas como Unidades de conhecimento da própria área no Quadro 1 e justificadas no Quadro 2 refere-se à “Grandezas e Medidas”, que será o suporte esperado pelo EM quando os alunos precisarem focar em funções já no início da transição. Nesse conjunto de conhecimentos matemáticos foi selecionada, a título de exemplo, a noção de medida de área.

Dessa forma, apresenta-se as duas condições essenciais para que ocorra o foco nessa temática: prazer /sentido e utilidade/significado. Ambas as condições podem ser alcançadas segundo as exigências neurocognitivas e didáticas (Quadro 3).


Diante do paralelismo entre os elementos das colunas do quadro acima, respeitando, inclusive, o sincronismo entre suas subcategorias (prazer–sentido; utilidade–significado), o leitor (professor e/ou licenciando em matemática) pode avaliar os desafios que são esperados em suas práticas docentes, sempre que existir o objetivo de que seus alunos aprendam algumas noções matemáticas sob as lentes das exigências acima.

Para propiciar aos leitores um exemplo dessa matriz de referência, buscou-se justificar, a partir das noções de medida de área, todos os seus elementos, bem como suas articulações e funcionamento.

Inicialmente, realizou-se uma análise epistemológica guiada por alguns princípios cruzados estabelecidos por Brousseau (1998) e Artigue (1988, 2004), pois basta que sejam identificadas as subcategorias sentido e significado para contemplar as exigências do núcleo accumbens.

Quadro 3. Matriz de Referência para o alinhamento do foco atencional.

Exigências Neurocognitivas		Exigências Didáticas	
- Sistema Límbico – Ativação de emoções positivas		- Análise epistemológica – Descrição, compreensão, vantagens e práticas sociais relacionadas ao conhecimento	
- Núcleo accumbens – Regulação do sistema de recompensa		- Unidade de conhecimento – Escolha do quadro da matemática	
- Mecanismos atencionais – Dialética entre <i>bottom-up</i> e <i>top-down</i>		- Noção específica – Delimitação da noção matemática	
- Atenção seletiva – Direcionamento do foco		- Níveis de Funcionamento do Conhecimento das tarefas – Apresentação de níveis hierárquicos de tarefas	
Prazer	Utilidade	Sentido	Significado



Fonte: os autores.

Para esses dois pesquisadores franceses é essencial que se utilize como fio condutor desse tipo de análise a descrição do conhecimento em jogo e a compreensão de sua utilização, bem como salientar as vantagens de seu uso e quais práticas sociais estavam relacionadas. Assim, para contemplar uma parte da epistemologia das noções de medida de área realizou-se um levantamento bibliográfico em trabalhos de dissertações e teses, bem como de livros que retratam a história da matemática.

Não se constitui em uma novidade que o estudo de áreas de figuras planas está relacionado à geometria como parte da matemática que, neste caso, é apresentada com apelo algébrico aos alunos do EF por volta dos onze anos (6º ano). Dessa forma, recorrer aos primórdios da geometria se faz necessário para contemplar, em parte, a epistemologia que justifica a inserção das noções de medidas de áreas de figuras planas no EF tão importantes na transição para o EM, quando os alunos precisarão evocar da MLP as relações entre medida e forma, bem como suas variações para a compreensão da função polinomial do segundo grau ou função quadrática.

Encontra-se no clássico da história da matemática, Boyer (1974), que reside na história da geometria evidências que esclarecem os quatro pontos norteadores para a compreensão da evolução das noções de medidas de área de figuras planas. Segundo esse autor, suas origens remontam a antiguidade e sugere que se partiu da observação da natureza física, comparando seus tamanhos e formas.

Com efeito, para alcançar as noções em análise, a percepção de distância representa o marco inicial de uma geometria que Eves (1992) denominou de subconsciente. Em decorrência desse feito, aponta esse pesquisador que “a necessidade de delimitar a terra levou à noção de figuras geométricas simples, tais como retângulos, quadrados e triângulos” (Eves, 1992, p. 1-2) que, pela própria natureza de suas propriedades, sugere o cálculo das medidas de área.

Tal necessidade favoreceu o amadurecimento da geometria, migrando de noções subconscientes para uma geometria científica, sobretudo quando se elencou um conjunto de regras práticas para o desenvolvimento da agrimensura no antigo Egito, às margens do rio Nilo (Eves, 1992).

O emprego de “receitas práticas” pode ser verificado em algumas tábuas de argila cozida encontradas na Mesopotâmia, em que foi possível identificar como era utilizada, sobretudo, na mensuração prática, na qual, segundo Boyer (1974), o emprego de diferentes regras gerais para o cálculo de áreas do quadrado, retângulo, triângulo, trapézio e círculo se destacavam pelas vantagens relacionadas ao tempo gasto para o cálculo ou a proporcionalidade que existia entre essas figuras.

O manuseio dessas noções mobilizou muitas civilizações antigas como os babilônios, mesopotâmios, egípcios e hindus, por exemplo, que se utilizavam de suas descobertas geométricas para avançar na exploração do universo, originando o estudo da astronomia e aprofundando os conhecimentos da agrimensura quando produziam instrumentos, a exemplo do relógio do sol, bem como a construção da grande pirâmide de Giseh para estabelecer um controle do tempo e, respectivamente, uma hierarquia social.

Outra fonte que permite identificar evidências sobre a evolução do conhecimento das noções de medidas de área se encontra também em Boyer (1974), que destaca a quadratura do círculo (c. 1650 a. C.) como um problema de construção geométrica que, por hipótese, objetivava equivalência entre áreas de figuras planas, onde a figura de um quadrado era fundamental para estabelecer o cálculo de todas as posteriores. Por esse motivo, nessa época já tinha sido estabelecida a noção de medida de área a partir da figura de um quadrado.

Dessa breve digressão na história da geometria pode-se preencher parte do Quadro 3, exemplificando para o leitor como se dá a construção das escolhas didáticas para o ensino de matemática, iniciando-se pela identificação de alguns descritores da epistemologia da noção em jogo:

- Descrição do conhecimento em jogo: a necessidade de delimitar a terra levou à noção de figuras geométricas simples, tais como retângulos, quadrados e triângulos;
- Compreensão de sua utilização: mensuração prática;
- Vantagens de seu uso: compreensão do espaço e da superfície;
- Quais práticas sociais estavam relacionadas: construção de instrumentos.

Na sequência para o preenchimento do mencionado quadro, precisa-se sinalizar a unidade de conhecimento que é, nesse caso, “Grandezas e Medidas”, cuja noção específica é a medida de área.

Por fim, faz-se necessário estabelecer os Níveis de Funcionamento do Conhecimento (NFC), postulados por Robert (1997, 1998) para selecionar as tarefas adequadas às expectativas neurocognitivas, também descritas, ainda de forma geral, no Quadro 3.

Para Robert (1997, 1998), esses NFC são classificados como técnico, mobilizável e disponível. Como em uma espécie de hierarquia, eles obedecem à concepção da autora que prioriza o acréscimo de certo nível de dificuldade entre eles, a saber:

- Nível técnico: as tarefas são apresentadas de forma que para resolvê-las o aluno precisa apenas evocar e aplicar uma definição. Como exemplo, pode-se solicitar o cálculo da área de um quadrado, cujo lado mede 2 cm.
- Nível mobilizável: as tarefas precisam ser elaboradas considerando a evocação e aplicação de definições, propriedades e teoremas, em que a alusão ao conteúdo ou noção matemática é permitida ser expressa. Para exemplificar: Calcular a área máxima de retângulo considerando que seu perímetro mede 28 cm.

- Nível disponível: as tarefas são postas sem a mínima evidência ou pista do conteúdo relativo. Por exemplo: Pretende-se recobrir uma região medindo 20 m por 10 m utilizando-se um material plástico. Quantas pessoas seriam necessárias se cada uma levasse o dobro de uma placa de 2,5 cm por 2,5 cm para realizar essa tarefa?

Sendo assim, pode-se elencar duas questões que servem como suporte para a análise epistemológica: Qual o sentido da aprendizagem das noções de medida de área para um aluno do 6º ano do EF? Qual o significado dessa mesma aprendizagem?

Considerando os quatro descritores epistemológicos das noções em jogo, bem como os três exemplos sobre seus NFC é possível dizer que:

- O sentido dessa aprendizagem repousa sobre a necessidade de delimitar e mensurar espaços (áreas) planas para tomada de decisões, como por exemplo, escolher um imóvel para morar levando-se em consideração além da área construída, a área livre e a área total, dentro das próprias expectativas orçamentárias;
- O significado dessa aprendizagem esclarece sobre os elementos que podem constituir a área construída e quais serão os materiais (ou instrumentos) necessários para implementar o projeto arquitetônico.

Como em uma correlação direta com as duas subcategorias das exigências neurocognitivas chega o momento de escolher as estratégias e recursos que traduzirão para o cérebro o sentido e significado em, respectivamente, prazer e utilidade. É uma ocasião delicada que exigirá do professor algumas das habilidades socioeducacionais, como por exemplo: fazer e aceitar elogios; fazer e recusar pedidos; expressar amor, agrado e afeto; iniciar e manter conversas; defender os próprios direitos; expressar opiniões pessoais, inclusive o desacordo; expressar incômodo, desagrado ou enfado justificado; pedir a mudança de conduta do outro; desculpar-se ou admitir ignorância; enfrentar as críticas etc.

Pinçar quatro dessas habilidades foi o recurso escolhido nesse artigo para modelar as tarefas que serão apresentadas aos alunos a fim de que eles selecionem a informação (noção de medida de área) como a mais importante no ambiente em que está sendo apresentada. São elas: expressar amor, agrado e afeto; iniciar e manter conversas; defender os próprios direitos; expressar opiniões pessoais, inclusive o desacordo;

Nesse sentido, LeDoux (2001) informa que o controle das emoções, pensamentos, sentimentos e comportamentos está diretamente ligado ao sistema límbico que se localiza no interior medial do cérebro. Como já foi adiantado, nesse sistema existem outras subestruturas que se comunicam por meio de neurotransmissores (substâncias químicas responsáveis pelo transporte de informações ambientais interna ou externas) para que ocorra ou não certos tipos de comportamentos. No caso em tela, busca-se o comportamento atento ou focal em certa informação. Mas, o desafio aqui se constitui em como ativar “de fora” para “dentro” as subestruturas e neurotransmissores para que sejam ativados em prol das exigências didáticas.

Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum e Hudspeth (2014) e Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006) relatam que experimentos em laboratório revelam que a ativação de uma região cerebral é rastreada por exames de neuroimagem, que indicam uma quantidade significativa de sangue na mesma. Em outras palavras, pesquisadores de neurofisiologia, a exemplo de Cunha (2011) e Lent (2002), enfatizam que o que de fato ocorre é a oxigenação nas áreas identificadas nos exames de imagem.

Baseado nesses resultados pode-se afirmar que se o objetivo é fazer o aluno “prestar atenção” selecionando e ajustando suas lentes para a informação que está sendo veiculada pelo professor precisa-se oxigenar áreas do cérebro responsáveis por esse funcionamento.

Para tanto, a dinâmica que ocorre entre subestruturas como a amígdala, o hipocampo, o tálamo e o hipotálamo, ativam, por sua vez, dois tipos de mecanismos atencionais: o *bottom-up* e o *top-down*.

Esses são mecanismos que o sujeito pode ativar ao se engajar, em termos atencionais, na atividade matemática. O direcionamento do foco da atenção pode ser resultado da percepção de um estímulo fora de um padrão. Sendo assim, o contraste e a saliência aparecem como qualidades que chamam a atenção pelos seus destaques e levam o indivíduo a selecionar (atenção seletiva), dentre as várias informações, aquelas que lhe captou a atenção.

O mecanismo é dito *bottom-up* porque as informações externas interferem, num primeiro instante, na percepção que o sujeito vai ter do objeto em foco (Sternberg, 2010). No ensino de grandezas e medidas, por exemplo, quando se insere algum elemento que se sobressai do conjunto, como um recurso manipulável, o direcionamento do foco inicial tende a ser seletivo para esse alvo.

No caso do mecanismo *top-down*, as informações possivelmente existentes na MLP são evocadas e informam o direcionamento do foco da atenção de acordo com expectativas individuais. Assim, ao considerar os conhecimentos prévios dos estudantes, o professor estará lançando mão de estratégias que têm os mecanismos *bottom-up* e *top-down* alinhados numa dialética, uma vez que as atividades matemáticas podem dispor de elementos que direcionam a atenção de fora para dentro – atenção guiada pelo estímulo – e de dentro para fora, quando a atenção é guiada pelo interesse do estudante.

Resta ao núcleo accumbens avaliar e decidir pelo foco da informação. Essa avaliação recorre consultando o hipotálamo se há conhecimentos prévios existentes e disponíveis na MLP identificados pela existência potencial do neurotransmissor acetilcolina/ACh (C7H16NO2) relativo ao conhecimento em jogo que sinalizará a utilidade de sua existência (vantagens de seu uso), bem como o prazer será mobilizado pela curiosidade (práticas sociais) desencadeando uma bomba de serotonina/5-HT (N2OC10H12) no sistema nervoso. Com a avaliação de *feedback* positivo do núcleo accumbens, o aluno dirigirá a atenção para o foco escolhido pelo professor, alinhando, dessa forma, as expectativas institucionais às pessoais (Kandel *et al.*, 2014).

4. Exemplo de tarefas articuladas com elementos da matriz de referência

Na sequência, foram elaboradas três tarefas (T) como forma de mostrar aos leitores os bastidores (no cérebro) de uma cena pedagógica para a aprendizagem da noção de medida de área (no palco).

T₁ é uma tarefa inicial e, por isso, obedecerá ao NT de Robert (1997, 1998):

Contexto: “sensibilizar os pais da necessidade de um cantinho para brincar no seu quarto”.

T₁: Calcular a área de um quadrado de lado igual a 1m para brincar dentro do meu quarto.

Análise dos elementos da Matriz de Referência: as exigências neurocognitivas para a ocorrência do foco são mobilizadas pela expressão “brincar dentro do meu quarto”, pois ativa momentos e lembranças prazerosas; enquanto a compreensão da necessidade de espaço para brincar ativa a noção de utilidade dele. Por outro lado, tanto o tipo de tarefa, quanto seu nível, apontam para os elementos epistemológicos de delimitação e mensuração de regiões planas.

Dessa forma, acredita-se que o uso das habilidades socioeducacionais listadas anteriormente e aplicadas no momento da apresentação da T1 sejam potenciais recursos pedagógicos para o alinhamento focal entre as expectativas institucionais e pessoais.

T₂ é uma tarefa intermediária e, por isso, obedecerá ao NM de Robert (1997, 1998):

Contexto: “sensibilizar os alunos para a prática esportiva, onde é preciso existir uma quadra poliesportiva para que eles possam brincar, jogar etc.”.

T₂: Determinar as medidas dos lados de um retângulo para a construção de uma quadra poliesportiva. Sabe-se que a medida do comprimento da quadra é o dobro da largura e que a área total corresponde a 36 m².

Análise dos elementos da Matriz de Referência: nesse caso, retoma-se à análise anterior enfatizando apenas que as tarefas do NM exigem dos alunos conhecimentos superiores à definição de área como unidade de medida de superfície. De todo modo, os elementos salientados na matriz de referência ocupam a posição de “sombras” quando é inserido o esporte como tema gerador (potencial fonte de prazer para a maioria das crianças dessa faixa etária) e, também, considerando o produto do trabalho cognitivo (resolução dos cálculos) em favor do uso de um espaço próprio para os alunos descansarem das aulas. Recomenda-se o uso de imagens por meio de um datashow por ser um elemento potencial para o alinhamento atencional dos alunos. Ainda vale destacar que autores como Sholl-Franco, Assis e Marra (2010) concordam com essas proposições, pois consideram que existe “uma relação íntima entre a prática de atividades/exercícios físicos e a melhora na performance acadêmica de crianças [...]” (Sholl-Franco, Assis e Marra, 2010, p. 17).

T₃ é uma tarefa final e, por isso, obedecerá ao ND de Robert (1997, 1998):

Contexto: “sensibilizar os moradores de seu bairro para manter os espaços planos limpos”.

T₃: Gastos da prefeitura de minha cidade com outras necessidades estão dificultando a limpeza do bairro onde moro. Nesse bairro existem 20 ruas dispostas em um formato de tabuleiro, cada rua medindo 10 m de largura por 100 m de comprimento. Imaginando que os moradores de cada rua gastam 1h para limpar 500 m², em quanto tempo (aproximado) todos os moradores limpariam voluntariamente todas as ruas?

Análise dos elementos da Matriz de Referência: como nas análises anteriores, foram preservados os elementos da matriz de referência, mas abordando a noção de medida de área de uma forma mais complexa, já que se faz necessário provocar as capacidades cognitivas dos alunos em prol de seus desenvolvimentos. Uma marca que não pode deixar de ser salientada refere-se ao contexto sociocultural do lugar específico onde o aluno reside, ainda que o exemplo acima seja hipotético. Nesse contexto, são analisados (indiretamente), vantagens e desvantagens de alternativas decididas entre eles para a realização da tarefa, bem como utilização de material de limpeza para efetivar os serviços. Então, os pares prazer-utilidade e sentido-significado podem ser verificados ao mesmo tempo em que resolvem uma tarefa matemática, sem necessariamente, compreendê-la como algo cansativo e desinteressante.

Para apreciar a dinâmica das articulações apresentadas nesse artigo, a Figura 1 apresenta um mapa conceitual que auxilia na compreensão global da concepção dessa proposta.

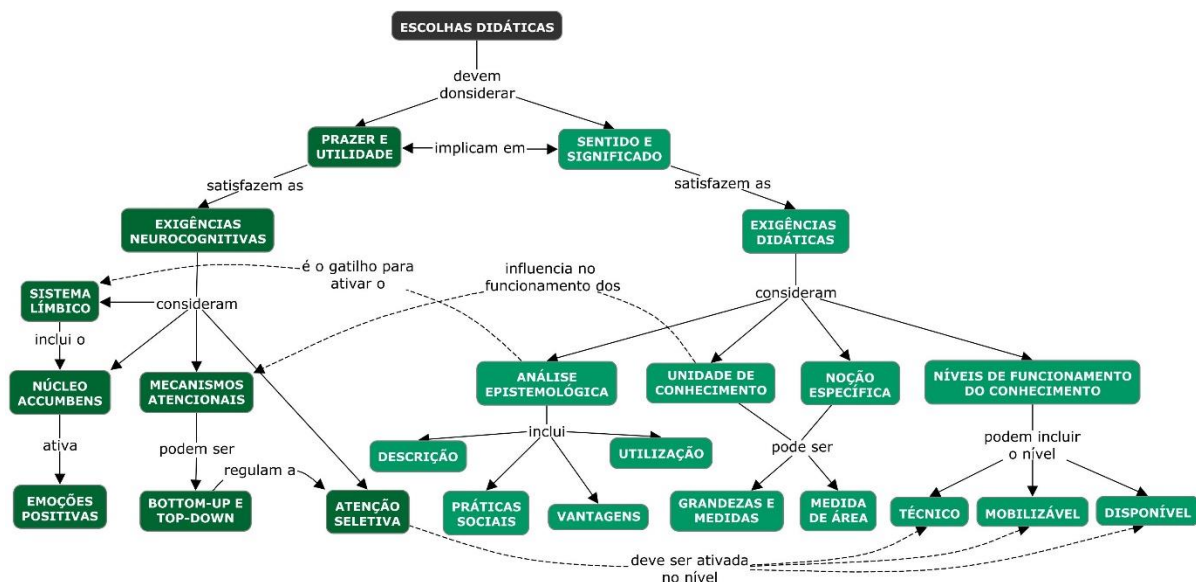


Figura 1. Mapa conceitual para o alinhamento do foco atencional na aprendizagem da noção de medida de área. Fonte: os autores.

5. Considerações finais

Os resultados dessa pesquisa revelaram que se exige mais do que se espera na concepção ou planejamento para a exposição de uma noção matemática. São requisitados elementos teóricos de dois campos do conhecimento, Didática da Matemática e Neurociência Cognitiva, para estabelecer o tipo e nível das tarefas apresentadas aos alunos, sobretudo, que precisam de foco límpido para compreender e aprender tais noções.

No caso desse artigo, priorizou-se a noção de medida de área por entender que ela representa uma das noções nucleares das unidades de conhecimento da própria área (Brasil, 2017), equivalente a “Grandezas e Medidas”, que funcionará como o maior suporte esperado pela transição ENF-EM, quando os estudantes precisam dispor desses conhecimentos para compreender as noções de função que já se refere a outro domínio da matemática da Educação Básica.

Observou-se que, de fato, existe a necessidade de serem respeitadas as categorias das exigências neurocognitivas e didáticas apresentadas no Quadro 3 para que a composição das tarefas reflita o alinhamento do foco atencional esperado pelo professor.

Como expectativas futuras pretende-se reunir um rol de tipos e níveis de tarefas não apenas de matemática, mas, também para mobilizar o ensino de ciências tanto no Ensino Fundamental como no Ensino Médio.

Dessa forma, o professor terá mais uma ferramenta pedagógica sempre que precisar alinhar o foco atencional de seus alunos às expectativas institucionais estabelecidas pelos documentos oficiais e apresentadas nos livros didáticos.

Referências

- Artigue, M. (1988). Engenharia Didática. In: Brun, J. *Didáctica das Matemáticas*. Lisboa: Instituto Piaget. Horizontes Pedagógicos, p. 193-217.
- Artigue, M. (2004). *Le défi de la transition secondaire-supérieur. Que peuvent nous apporter les recherches en didactique des mathématiques?* Actes du premier congrès franco-canadien de sciences mathématiques. Toulouse.

- Boyer, C. B. (1974). *História da Matemática*: tradução: Elza Furtado Gomide. São Paulo: Edgar Blücher.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Brasil. (2017). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC: abril.
- Cunha, C. da. (2011). *Introdução à Neurociência*. Campinas: Ed. Átomo.
- Eves, H. (1992). *História da geometria*. São Paulo: Atual. (Coleção Tópicos de História da Matemática para sala de aula; v. 3)
- Fonseca, L. S. (2011). *Aprendizagem em Trigonometria*: obstáculos, sentidos e mobilizações. São Cristóvão: UFS.
- Fonseca, L. S. (2012). *Funções Trigonométricas*: elementos “de” & “para” uma engenharia didática. São Paulo: Livraria da Física.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R., Mangun, G. (2006). *Neurociência Cognitiva*: a biologia da mente. Porto Alegre: Artmed.
- Kandel, E. R., Schwartz, J., Jessell, T. M. Siegelbaum, S. A., Hudspeth, A. J. (2014). *Princípios de neurociências*. 5ed. Brasil: MCGRAW-HILL.
- LeDoux, J. (2001). *O cérebro emocional*: os misteriosos alicerces da vida emocional. Rio de Janeiro: Objetiva.
- Lent, R. (2002). *Cem bilhões de neurônios*. Rio de Janeiro: Atheneu.
- Robert, A. (1997). *Quelques outils d’analyse épistemologique et didactique de connaissances mathématiques à enseigner au lycée et à l’université*. Actes de la IX école d’été de didactique des mathématiques. França: Houlgate.
- Robert, A. (1998). *Outils d’analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l’université*. Recherches en Didactique des Mathématiques, [S.l.], v. 18, n. 2, p.139-190.
- Sholl-Franco, A., Assis, T. da S., Marra, C. (2010). Neuroeducação: caminhos e desafios. In.: Aranha, G. e Sholl-Franco, A. *Caminhos da Neuroeducação*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Ciência e Cognição.
- Sternberg, R. J. (2010). *Psicologia Cognitiva*. São Paulo: Cengage Learning.