



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN
DOCTORADO EN CIENCIA DE LA EDUCACIÓN**

**Estratégias neuroeducacionais no ensino de matemática em uma
Universidade pública do Estado de Alagoas.**

DANIEL NICOLAU BRANDÃO

Asunción, Paraguay

2022

Daniel Nicolau Brandão

**Estratégias neuroeducacionais no ensino de matemática em uma
Universidade pública do Estado de Alagoas.**

Tese apresentada à Universidad Autónoma de
Asunción como requisito parcial para obtenção do
título de Doutor em Ciências da Educação

Orientadora: Prof. Dra. Daniela Ruíz-Díaz Morales

Asunción, Paraguay

2022

Nicolau Brandão, Daniel. 2022. **Estratégias neuroeducacionais no ensino de matemática em uma Universidade pública do Estado de Alagoas**/ Daniel Nicolau Brandão. 110 pp.

Nombre del tutor/a: Dra. Daniela Ruíz Díaz Morales

Tesis académica en Doctorado En Ciencia De La Educación – Universidad Autónoma de Asunción, 2022.

Daniel Nicolau Brandão

**Estratégias neuroeducacionais no ensino de matemática em uma
Universidade pública do Estado de Alagoas.**

Esta tesis fue evaluada y aprobada en fecha ___/___/____ para la
obtención del título de Doctor en Educación por la Universidad
Autónoma de Asunción

Asunción, Paraguay

2022

Para minha amada esposa Glínia e meus filhos

Benjamim e Isabela.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, meu Senhor e Salvador. Ele é que dá toda sabedoria e da sua boca procedem o conhecimento e o entendimento.

A minha preciosa esposa e filhos, por me incentivar e orar para que fosse possível a realização de mais um sonho e, também, por muitas vezes não me deixar desistir, quando parecia que não ia conseguir. Foi por vocês.

Aos meus pais, sem eles não seria quem sou hoje. E a minha irmã, por me transmitir encorajamento e confiança.

A minha tutora Daniela, por toda orientação, atenção e paciência durante a construção deste trabalho.

Ao professor Elielson, da Universidade Estadual de Alagoas, pelo incentivo e pelas contribuições.

Aos companheiros de jornada no Paraguay, Gidelson e Moisés, com quem dividir muitas risadas e estudos.

Aos colegas da turma DOEDU 26.

Às professoras Alice e Cristina da Universidade Estadual de Alagoas, professoras Viviane e Elisa da Universidade Federal de Alagoas e professor Daniel da Universidad Autónoma de Asunción, pela análise e validação dos instrumentos de coleta de dados.

E aos meus professores do Doutorado.

Não tenho nenhum talento especial.

Apenas sou apaixonadamente curioso.

Albert Einstein

RESUMO

Nesta tese foi analisada as estratégias neuroeducacionais no ensino de matemática nos cursos de licenciatura em matemática da Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). O problema principal a ser investigado era se as estratégias propostas pela neuroeducação poderia auxiliar na aprendizagem dos alunos do curso de Matemática de modo que consigam aprimorar seus conhecimentos matemáticos e consequentemente, consigam aprender assuntos mais complexos do curso de matemática. O objetivo geral desse trabalho era analisar a influência das estratégias neuroeducacionais na aprendizagem matemática, na Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). A unidade de análise foram os cursos de licenciatura em matemática da Universidade Estadual de Alagoas. Os participantes foram 9 docentes e 101 discentes dos cursos de licenciatura em matemática do campus I e campus III da Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). Utilizamos um desenho não experimental, de alcance descritivo, de corte transversal e enfoque misto, onde utilizamos dois questionários semiestruturados como coleta de dados, um voltado aos docentes e outro voltado aos discentes. Foi possível conhecer as estratégias utilizadas pelos professores e a visão dos professores e dos alunos acerca de conhecimento matemático e a influência das emoções na aprendizagem dos alunos. A conclusão que tivemos foi que muitos professores e alunos ainda possuem uma visão limitada do que é conhecimento matemático, parte dos professores já utilizam estratégias neuroeducacionais e que, na concepção dos alunos, as emoções influenciam no seu aprendizado, iniciando como o professor se porta durante as aulas.

Palavras chaves: Neuroeducação, Emoções, Estratégias de ensino, Ensino de Matemática.

RESUMEN

En esta tesis se analizaron las estrategias neuroeducativas en la enseñanza de las matemáticas en los cursos de pregrado en matemáticas de la Universidad Estadual de Alagoas (UNEAL). El principal problema por investigar fue si las estrategias propuestas por la neuroeducación podrían ayudar en el aprendizaje de los estudiantes del curso de Matemáticas para que puedan mejorar sus conocimientos matemáticos y, en consecuencia, puedan aprender materias más complejas del curso de Matemáticas. El objetivo general de este trabajo fue analizar la influencia de las estrategias neuroeducativas en el aprendizaje matemático en la Universidad Estatal de Alagoas (UNEAL). La unidad de análisis fueron los cursos de licenciatura en matemáticas de la Universidad Estadual de Alagoas. Los participantes fueron 9 profesores y 101 estudiantes de los cursos de graduación en matemáticas del campus I y del campus III de la Universidad del Estado de Alagoas (UNEAL). Se utilizó un diseño no experimental, descriptivo, transversal y de enfoque mixto, donde se utilizaron como recolección de datos dos cuestionarios semiestructurados, uno dirigido a docentes y otro dirigido a estudiantes. Se pudo conocer las estrategias utilizadas por los docentes y la visión de docentes y estudiantes sobre el conocimiento matemático y la influencia de las emociones en el aprendizaje de los estudiantes. La conclusión que tuvimos fue que muchos docentes y estudiantes aún tienen una visión limitada de lo que es el conocimiento matemático, algunos de los docentes ya utilizan estrategias neuroeducativas y que, en la concepción de los estudiantes, las emociones influyen en su aprendizaje, comenzando por cómo se comporta el docente durante las clases.

Palabras claves: Neurociencias. Neuroeducación. Emociones. Enseñanza de las Matemáticas.

ABSTRACT

In this thesis, neuroeducational strategies in the teaching of mathematics in undergraduate mathematics courses at the State University of Alagoas (UNEAL) were analyzed. The main problem to be investigated was whether the strategies proposed by neuroeducation could help in the learning of students of the Mathematics course so that they can improve their mathematical knowledge and, consequently, are able to learn more complex subjects of the Mathematics course. The general objective of this work was to analyze the influence of neuroeducational strategies on mathematical learning at the State University of Alagoas (UNEAL). The unit of analysis was the degree courses in mathematics at the State University of Alagoas. The participants were 9 professors and 101 students of the Mathematics degree courses on campus I and campus III of the State University of Alagoas (UNEAL). We used a non-experimental, descriptive design, cross-sectional and mixed approach, where we used two semi-structured questionnaires as data collection, one aimed at teachers and another aimed at students. It was possible to know the strategies used by teachers and the view of teachers and students about mathematical knowledge and the influence of emotions on student learning. The conclusion we had was that many teachers and students still have a limited view of what mathematical knowledge is, some of the teachers already use neuroeducational strategies and that, in the students' conception, emotions influence their learning, starting with how the teacher behaves during the classes.

Keywords: Neuroeducation, Emotions, Teaching Strategies, Mathematics Teaching.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
INTRODUÇÃO	1
1. MARCO TEÓRICO	8
1.1 Neuroeducação: o ensino baseado no cérebro	8
1.1.1 A neurociência da aprendizagem	11
1.1.2 Neuroplasticidade	12
1.1.3 Atenção	14
1.1.4 Memória.....	16
1.1.5 Como as emoções influenciam na aprendizagem	20
1.2. Neuroeducação e o ensino de matemática	25
1.2.1 O aluno como participante ativo na aprendizagem: resolução de problemas	32
1.2.2. Transformando problemas reais e problemas matemáticos: Modelagem Matemática.....	37
1.2.3 Adicionar um componente visual ao ensino de matemática: Matemática Visual ..	40
3. METODOLOGIA	50
3.1. O Problema da pesquisa.....	50
3.2 Objetivos da pesquisa	51
3.3 Desenho da pesquisa	51
3.2. Unidade de análise e participantes da pesquisa.	52
3.3 Participantes da Pesquisa	52
3.4 Processo de Seleção de Participantes.....	52
3.5 Técnica de Coleta de Dados.....	53
3.5.1 Validação dos instrumentos de pesquisa.....	53
3.5.2. Ferramentas.....	53
3.5.3. Procedimento	53
3.6. Técnica de análise de dados	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
4.1. Dados sociodemográficos	55

4.1.1. Dados sociodemográficos dos docentes.....	55
4.1.2. Dados sociodemográficos dos discentes.....	56
4.2. Resultado do questionário aplicado aos docentes do curso.	58
4.3. Respostas do questionário aplicado aos 101 discentes dos cursos de licenciatura em matemática do campus I e campus III da Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL)....	68
5. CONCLUSÕES.....	79
6. RECOMENDAÇÕES.....	84
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS.....	90
Anexo 01 – Questionário docente.....	90
Anexo 02 – Questionário Discentes.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Faixa de idade dos docentes que participaram da pesquisa	55
Tabela 2: Gênero dos professores do curso de matemática da UNEAL que responderam à pesquisa.....	55
Tabela 3: Nível de formação dos professores que participaram da pesquisa	55
Tabela 4: Tempo de experiência do docente no ensino superior	56
Tabela 5: Faixa de idade dos discentes que participaram da pesquisa	56
Tabela 6: Gênero dos discentes participantes da pesquisa.....	57
Tabela 7: Em qual ano do curso o participante se encontrava.....	57
Tabela 8: Tipo de escola que os participantes realizaram o ensino fundamental	57
Tabela 9: Tipo de escola que os participantes realizaram o ensino médio	58
Tabela 10: Autodeclaração de cor/raça dos discentes participantes	58
Tabela 11: Respostas dos professores sobre o que é conhecimento matemático	58
Tabela 12: Principais dificuldades que os professores sentem para ensinar matemática	59
Tabela 13: Quanto os professores achavam que a motivação influencia na aprendizagem do aluno.....	61
Tabela 14: Para os professores, quanto o humor influencia na aprendizagem do aluno.	61
Tabela 15: O que os professores consideram que estimula e que desestimula a aprendizagem matemática	62
Tabela 16: Utilização de materiais manipulativos pelos professores	62
Tabela 17: Utilização de softwares pedagógicos	63
Tabela 18: O professor contextualiza o conteúdo com a vida cotidiana.....	63
Tabela 19: Estimulação por parte do professor para trabalhos em grupos	64
Tabela 20: Estimulação para resolver o problema novamente caso o aluno não consiga da primeira vez.	64
Tabela 21: O professor mostra conexões da sua disciplina com outras disciplinas.....	65
Tabela 22: Estimulação da verificação de padrões para chegar à resolução de problemas matemáticos.	66
Tabela 23: Outras estratégias de ensino utilizadas pelo professor.....	66
Tabela 24: Para os professores, quais mudanças devem ser introduzidas no ensino de Matemática.....	67
Tabela 25: Quanto o aluno se acha capaz de aprender matemática.	68
Tabela 26: Para o aluno, o que é conhecimento matemático?	69

Tabela 27: Quais as dificuldades para os alunos aprenderem matemática	69
Tabela 28: O que estimula o aluno a aprender matemática	70
Tabela 29: O que desestimula o aluno a aprender matemática	71
Tabela 30: Quanto a motivação do professor é relevante na aprendizagem do aluno	75
Tabela 31: Quanto o humor do professor é relevante na aprendizagem.....	76
Tabela 32: Quais mudanças devem ser inseridas no ensino da matemática	77
Tabela 33: Alunos resistentes a introdução de novos métodos no ensino da matemática.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Áreas que Compõem a Neuroeducação.....	10
Figura 2: As três etapas das rotas neurais: formação, conexão e fortalecimento	13
Figura 3: Aquisição de Memória	17
Figura 4: Ações para o ensino-aprendizagem através da resolução de problemas	36
Figura 5: Tela de um dos jogos disponíveis na plataforma STMat	42
Figura 6: Tela de jogo disponível na plataforma STMat	43
Figura 7: Tela de jogo disponível na plataforma ST Math.	43
Figura 8: Triângulo Retângulo.....	44
Figura 9: Áreas formadas pelos lados do triângulo	45
Figura 10: Demonstração do Teorema de Pitágoras com auxílio visual	45
Figura 11: Demonstração do Teorema de Pitágoras utilizando o software Geogebra.....	46
Figura 12: Demonstração do Teorema de Pitágoras utilizando o software Geogebra.....	46
Figura 13: Demonstração por imagem de $1 + 3 + \dots + (2n - 1) = n^2$	48
Figura 14: Codificando ângulos congruentes por cores.....	49
Figura 15: Soluções visuais para 18×5	49
Figura 16: Os professores utilizam de materiais manipulativos como jogos, material dourado, dobraduras de papel etc.....	72
Figura 17: Utilizam aplicativos e softwares pedagógicos.....	72
Figura 18: Contextualiza os conteúdos com a vida cotidiana.....	73
Figura 19: Estimula o trabalho em grupo a fim de resolver problemas.....	73
Figura 20: Estimula resolver novamente um problema proposto ao não conseguir esponde-lo.	74
Figura 21: Verifica padrões para chegar à resolução de problemas matemáticos.	74
Figura 22: Mostra conexões com outras disciplinas e outros temas da própria matemática ...	75

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EEG	Eletroencefalograma
EUA	Estados Unidos da América
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IFRN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
PCN	Parâmetros curriculares nacionais
SAEB	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica
UNEAL	Universidade Estadual de Alagoas

INTRODUÇÃO

Um levantamento feito pelo movimento Todos pela Educação utilizando microdados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), sistema que utiliza um conjunto de avaliações a fim de diagnosticar a educação básica brasileira, aplicado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), mostra que, entre os anos 2007 a 2017, a porcentagem de alunos que terminam o 3º ano do ensino médio com aprendizado adequado em Matemática, no Brasil, caiu de 9,8% para 9,1%. No estado de Alagoas, os índices são ainda piores, em 2017, apenas 4,5% dos alunos que terminaram o ensino médio tinham esse aprendizado adequado. Se nos atentarmos a rede pública, esses dados ainda são piores: apenas 4% dos alunos. Quando nos concentramos no Estado de Alagoas, este número é ainda pior, apenas 1,2% dos alunos da rede pública possuem formação adequada em Matemática. Analisando os dados, podemos perceber o porquê que recebemos alunos no curso de licenciatura em matemática com tanta dificuldade em conteúdos que compõem o currículo de matemática da educação básica, mas que possivelmente não foi exposto de forma em que o aluno tivesse uma aprendizagem satisfatória.

O reflexo disso é que muitas das vezes o aluno abandone o curso já no primeiro e segundo período. Para se ter uma ideia, de 40 alunos ingressantes no ano de 2015, apenas 3 conseguiram concluir o curso em 4 anos (tempo mínimo para integralização).

Isso não acontece apenas no curso de Matemática da Universidade Estadual de Alagoas, segundo os dados do censo da educação superior do ano de 2018 feito pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), órgão ligado ao Ministério da Educação, onde foi mostrado que, no ano citado, houve um total de 3078 matrículas em cursos de Matemática, mas a quantidade de concluintes no mesmo ano foi de apenas 289. Ou seja, a evasão do curso de matemática é um problema que afeta todo o Brasil.

Os ingressantes do curso de Licenciatura em Matemática não conseguem desenvolver sua potencialidade no curso, por conta, muitas das vezes, da visão deturpada que possui da matemática por conta dos métodos de ensino de alguns professores que ainda se resume a aulas expositivas com foco em cálculos, métodos e técnicas fechadas utilizadas para resolver problemas que nada tem a ver com nossa realidade, ou seja, possuem um olhar apenas quantitativo da Matemática.

É necessário, então, encontrar ferramentas que auxiliem os alunos na compreensão da Matemática, a fim de que esta realidade sobre o processo ensino-aprendizagem em Matemática

possa ser aperfeiçoada. Sendo assim, esse trabalho se justifica, pois busca reconhecer e aplicar os paradigmas propostos pela neurociência, mas especificamente um dos seus ramos, a neuroeducação, a fim de compreender como nosso cérebro aprende matemática e quais os melhores caminhos para que isso ocorra de forma efetiva.

O conhecimento de como funciona o nosso cérebro, até algumas décadas atrás, era limitado existindo apenas conjecturas de como aprendíamos e a predominância dos estudos acontecia em cadáveres ou por meio de pesquisas observacionais em ambientes escolares. Porém com o surgimento da tomografia computadorizada, pode-se obter um conhecimento mais profundo acerca de como aprendemos. Com isso, hoje podemos saber, por exemplo, quais áreas do cérebro são acionadas quando cantamos ou quando resolvemos um problema matemático (Boaler, 2018).

Para muitos, a Matemática sempre foi vista como uma das disciplinas mais complexas para se aprender, pois para eles, a matemática é apenas um emaranhado de números, fórmulas, formas, sem sentido nenhum. Porém a matemática é, na verdade, uma disciplina criativa e interpretativa, ampla e multidimensional, que requer raciocínio, estabelecimento de conexões, que ajuda a compreender como o mundo funciona. Ainda existe a concepção errônea de que as pessoas que sabem fazer cálculos são mais espertas e inteligentes, sendo que isto torna o fracasso em matemática especialmente devastador para os estudantes que interpretam da seguinte forma: sou inteligente se consigo resolver cálculos. Estas mesmas pessoas acham que a matemática é um dom e que, se não possuem esse dom, além de serem ruins em matemática, são pessoas sem inteligência e incapazes de serem bem-sucedidas na vida. Vemos aí então o primeiro problema no aprendizado matemático: a distinção entre quem consegue e quem não consegue aprender matemática e que é reforçado pela palavra de muitos docentes quando dizem aos alunos: você não é capaz de aprender (Boaler, 2018).

A neuroeducação, que é um paradigma educacional que consiste em associar a neurociência, a psicologia e a educação, de modo a que o professor faça intervenções nas suas salas de aula de modo a potencializar os processos de ensino e aprendizagem (Guillén, 2017),

tem mostrado esse e outros conceitos impostos a Matemática não passa de um mito, ou seja, todos são capazes de aprender matemática e qualquer outra coisa, isso devido ao que se chama de neuroplasticidade ou neociência da plasticidade cerebral. Na verdade, não nascemos com uma capacidade fixa de aprendizagem, mas o que precisamos é desenvolver rotas neurais para que o aprendizado seja pleno. Algo que comprova isso é uma pesquisa realizada com taxistas de Londres. Para que uma pessoa se torne taxista de um famoso “taxi preto”, ele tem que passar por um teste chamado de O Conhecimento, onde ele deve memorizar 25 mil ruas e

20 mil monumentos em um raio de 25 milhas a partir de um ponto no centro da cidade. O que os pesquisadores Maguire, Wolollett e Spiers (2006) comprovaram foi que, no fim do treinamento desses taxistas, o hipocampo, área responsável pela aquisição e uso de informações espaciais havia crescido significativamente.

O que acontece em nossas salas de aula é que, além de muitas das vezes desestimularmos nossos alunos, transmitimos conteúdos de forma em que o cérebro não consegue assimilar de forma correta, não conseguimos criar as rotas neurais para que o aprendizado realmente aconteça. Então porque é tão difícil ensinar e aprender matemática. Primeiro precisamos compreender o que seria conhecimento matemático?

Para Becker (2012, p. 34), entrevista professores de vários níveis de ensino onde sua primeira pergunta é: em que consiste o conhecimento matemático? Um professor de ensino fundamental e médio diz na sua resposta que “conhecimento matemático é saber diferenciar situações no limite das suas diferenças[...]; ele é um conhecimento que só tem sentido quando relacionado com as situações”, porém no final de sua resposta ele afirma que para se obter este conhecimento, o aluno necessita responder inúmeras questões sobre o mesmo assunto, até memorizar ou assimilar e quinze dias depois esquecer.

O autor então rebate: “Se o conhecimento matemático consiste em citar relações, comparações, generalizações das quantidades, não faz sentido transformá-lo em objeto de aprendizado por repetição”.

O que pode ser feito então para melhorar a aprendizagem do aluno, pois mesmo com tantas pesquisas na área da educação e educação matemática, muitos jovens ainda ingressam no ensino superior com pouco conhecimento nessa ciência?

Veamos o que Boaler fala sobre as novas descobertas em relação ao aprendizado matemático a partir dos avanços nas pesquisas na neurociência:

Nos últimos anos, os cientistas desenvolveram uma compreensão mais sutil das maneiras como nossos cérebros funcionam quando estudamos e aprendemos matemática. Nossos cérebros são compostos de "redes distribuídas", e quando lidamos com conhecimento, diferentes áreas do cérebro se iluminam e se comunicam. Quando trabalhamos em matemática, em particular, a atividade cerebral está espalhada por uma rede amplamente distribuída, que inclui duas vias visuais: as vias visuais ventral e dorsal. A neuroimagem mostrou que, mesmo quando as pessoas trabalham em um cálculo numérico, como 12×25 , com dígitos simbólicos (12 e 25), nosso pensamento matemático é fundamentado no processamento visual. (Boaler, 2016, p.1)

O lado esquerdo do cérebro manipula informações factuais e técnicas é responsável pela memória e o aprendizado; o lado direito, informações visuais e espaciais. Parker & Brannon (2013) descobriram que, quando os estudantes estavam resolvendo problemas aritméticos, que mostraram os melhores desempenhos apresentaram as conexões mais fortes entre os dois lados do cérebro.

Daí podemos ver o quanto é importante saber como o cérebro funciona para que possamos ensinar de modo a que os alunos consigam aprender de forma mais satisfatória. Mora (2017) vem nos dizer como a neuroeducação pode colaborar com a aprendizagem matemática:

A neuroeducação pode ajudar no processo de potencializar a criatividade ou o aprendizado de certas disciplinas específicas, por exemplo, matemática, sabendo que existem duas vias cerebrais diferentes pelas quais esses processos são alcançados e a potencialização de uma ou outra “atenção” para ensinamentos específicos, depois de saber que o processo de atenção não é um fenômeno neuronal único no cérebro e que existem mecanismos cerebrais que sustentam diferentes processos de atenção, dependendo de como a atenção é aplicada. E da mesma forma para a memória e muitos outros processos relevantes para a aprendizagem (p. 26).

Sendo assim, surtirá mais efeitos no processo ensino-aprendizagem de matemática, métodos e estratégias de ensino que estimulem essas vias cerebrais, consigam prender a atenção do aluno e estimular sua criatividade e que dê ao aluno o papel ativo no ensino e não somente um mero espectador de uma aula expositiva teórica. Três métodos de ensino que são recomendados pela neuroeducação como eficazes no ensino da matemática são a resolução de problemas, a modelagem matemática e a matemática visual.

Barros & Souza (2015) realizaram uma pesquisa quase-experimental utilizando resolução de problemas como método para aprimorar a prática de resolução de com um grupo de 72 estudantes de cursos de licenciatura. Parte dos participantes foram submetidos a seções de treinos de resolução de problemas matemáticos e outros não, a fim de comparar as estratégias de resolução de problemas dos dois grupos. Os resultados mostraram que o treinamento melhorou a velocidade de resolução e reduziu os erros. No entanto, a exposição prévia a problemas de natureza semelhante parece limitar a escolha dos alunos sobre as estratégias de resolução a serem utilizadas, o que reduz a eficácia da resposta no uso de soluções de resolução de problemas mais diretas, intuitivas e rápidas.

No tocante a modelagem matemática, podemos citar, por exemplo, uma pesquisa realizada por Rehfeldt, et al. (2018), que teve como objetivo utilizar o método, em uma turma de alunos do 2º ano do Ensino Médio Politécnico de uma escola pública, localizada do Rio Grande do Sul, sendo que estes foram organizados em grupos. Os alunos tinham que investigar os custos do consumo de água concedida pela prefeitura local que, posteriormente, foram comparados às cobranças de outra companhia, com o intuito de proporem critérios de escolha entre as duas companhias de fornecimento de água. Inicialmente os alunos apresentaram dificuldades em obter um modelo matemático que representasse a relação entre o consumo e o valor pago pela água. Entretanto, por meio da intervenção dos professores, os alunos, de forma colaborativa, obtiveram resultados satisfatórios no que tange à representação dos modelos matemáticos. Os professores atuaram como mediadores, de forma a objetivar que os alunos fossem os protagonistas. Após a prática, percebeu-se que os alunos, por meio da Modelagem Matemática, desenvolveram interesse, curiosidade e valorização da Matemática. Além disso, observou-se que a Modelagem Matemática possibilitou aos alunos um pensar crítico e criativo, favorecendo sua autonomia e independência.

No que diz respeito a matemática visual, podemos destacar o uso de softwares de visualização como o Geogebra. Dantas (2018), analisou se a utilização do Geogebra facilitaria a aprendizagem dos conceitos de trigonometria, mais precisamente o seno e cosseno, através da identificação das percepções dos alunos sobre a utilização do software. Participaram da pesquisa 110 alunos do ensino médio técnico do Instituto Federal de Ensino do Rio Grande do Norte (IFRN). Primeiramente foi aplicada uma atividade avaliativa, onde 60 alunos alcançaram nota de corte estabelecida pelo autor em 12 acertos (ou 70% da avaliação). Para os 50 alunos restantes que não alcançaram a nota de corte, o professor propôs atividades com a utilização do Geogebra. Após a realização dessas atividades, 82% dos alunos conseguiram melhorar suas notas.

Dantas ainda destaca que

as contribuições do Geogebra no aprendizado desses conteúdos ficaram evidentes, não só devido aos resultados apresentados nas avaliações realizadas antes e após a utilização desse software, mas, também, a partir das próprias afirmações dos alunos que, na sua quase totalidade, ressaltaram a importância do Geogebra para uma melhor compreensão do assunto abordado na aula, destacando a facilidade em utilizar esse software e a importância de sua manipulação direta para a consolidação da aprendizagem (p. 9-10).

A neurociência também mostra que as emoções influenciam diretamente no nosso aprendizado que é chamado de efeito Pigmeleão ou, atualmente denominado de Mentalidades. Uma pessoa possui uma mentalidade fixa ou uma mentalidade de crescimento e isso influencia diretamente na aprendizagem, pois pessoa com mentalidades fixas se acham incapazes de aprender e quando se deparam com alguma dificuldade, simplesmente desistem. Por outro lado, pessoas com uma mentalidade de crescimento veem nas dificuldades sempre uma oportunidade de crescer, de aprender mais (Dweck, 2017).

Acerca das emoções, a pesquisadora Tokuhama-Espinosa -Espinosa (2008, p.78), que em sua tese de doutorado fez um estudo bibliográfico acerca dos princípios mais frequentes na literatura relativa a neuroeducação, listou catorze, de ordem aleatória e não de importância:

1. Os alunos aprendem melhor quando estão altamente motivados do que quando não têm motivação;
2. O estresse afeta a aprendizagem;
3. A ansiedade bloqueia as oportunidades de aprendizado;
4. Estados depressivos podem impedir a aprendizagem;
5. O tom de voz de outras pessoas é rapidamente julgado no cérebro como ameaçador ou não;
6. Os rostos das pessoas são julgados quase instantaneamente (ou seja, boas ou más intenções);
7. O feedback é importante para a aprendizagem;
8. As emoções desempenham um papel fundamental na aprendizagem;
9. Movimento pode melhorar a aprendizagem;
10. O humor pode melhorar as oportunidades de aprendizagem;
11. A nutrição afeta a aprendizagem;
12. O sono afeta a consolidação da memória;
13. Os estilos de aprendizagem (preferências cognitivas) são devidos à estrutura única dos cérebros individuais;
14. Diferenciação nas práticas em sala de aula justificada pelas diferentes inteligências dos alunos.

Sendo assim, como fazer o aluno ter uma nova visão matemática para que possa aprendê-la? Existe métodos de ensino-aprendizagem que possam levar alunos que dantes não tinham facilidade com matemática a aprender em alto nível? Os alunos poderiam enxergar a matemática como uma disciplina que busca padrões e relações e não apenas técnicas? As

emoções realmente influenciam na aprendizagem do aluno? Temos nosso principal questionamento:

Se utilizarmos estratégias propostas pela neuroeducação podemos auxiliar na aprendizagem dos alunos do curso de Matemática de modo que consigam aprimorar seus conhecimentos matemáticos e conseqüentemente, consigam aprender assuntos mais complexos do curso de matemática?

Logo, o objetivo geral desse trabalho é analisar a influência das estratégias neuroeducacionais na aprendizagem matemática, na Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). E, para que atinjamos esse objetivo geral é necessário atingir os seguintes objetivos específicos: 1. Descrever as estratégias de ensino utilizadas por professores de matemática que estimularam ou desencorajaram a aprendizagem na amostra participante; 2. Listar as estratégias neuroeducacionais utilizadas por docentes no ensino da matemática na Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). 3. Identificar a percepção que os alunos possuem sobre a matemática e; 4. Detectar as possíveis dificuldades de aprendizagem da matemática de acordo com as estratégias utilizadas pelos professores.

Utilizamos um desenho não experimental e descritivo, de corte transversal e de enfoque misto. Participaram da pesquisa, 9 docentes e 101 discentes do curso.

A nossa pesquisa está estruturada em 5 capítulos. No primeiro capítulo consta todo referencial teórico em que nos embasamos para produzir a pesquisa. Nele abordamos sobre neurociência, neuroeducação e sobre a influência da neuroeducação na aprendizagem matemática. Também trazemos alguns percussores das três estratégias que utilizamos em nossa pesquisa: a resolução de problemas, a modelagem matemática e a matemática visual.

No segundo capítulo consta as informações metodológicas que nortearam a pesquisa: o problema da pesquisa, os objetivos, o desenho utilizado, os participantes da pesquisa e a técnica de coleta de dados.

No terceiro capítulo, trazemos os resultados obtidos por meio dos instrumentos utilizados na coleta dos dados.

No quarto capítulo temos a conclusão, onde discutimos os resultados e damos respostas aos objetivos específicos e gerais.

E no quinto e último capítulo, fazemos as recomendações a partir das conclusões que tiramos da pesquisa.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Neuroeducação: o ensino baseado no cérebro

Até meados da década de 80, o conhecimento do cérebro era limitado, conjecturava-se como se dá o nosso aprendizado apenas pela observação de grupos ou através do estudo de cérebro de cadáveres de pessoas que eram constatadas certas deficiências. Mas com a chegada tomografia computadorizada, ressonância magnética, entre outras tecnologias de visualização cerebral, é possível estudar o cérebro de forma mais precisa, fazendo com que pesquisadores possam desvendar, entre outras coisas, como se dá o processo de aprendizagem. Hoje sabemos o que acontece no cérebro, quais áreas são acionadas, quando resolvemos um problema matemático, quando cantamos, quando lemos um texto etc.

A área multidisciplinar que estuda e tenta desvendar como isto acontece é chamada de neurociência. Essa ciência é responsável pelo estudo do sistema nervoso central, sua anatomia, seu funcionamento e desenvolvimento. Vejamos uma definição mais exata sobre a neurociência e a sua importância:

Segundo Ventura (2010, p. 123)

A neurociência compreende o estudo do sistema nervoso e suas ligações com toda a fisiologia do organismo, incluindo a relação entre cérebro e comportamento. O controle neural das funções vegetativas – digestão, circulação, respiração, homeostase, temperatura –, das funções sensoriais e motoras, da locomoção, reprodução, alimentação e ingestão de água, os mecanismos da atenção e memória, aprendizagem, emoção, linguagem e comunicação, são temas de estudo da neurociência.

Para se ter uma ideia de como a neurociência é nova, a *Society for Neuroscience* sediada na cidade de Washington, foi fundada em 1970. Porém o estudo do cérebro, pelo que mostra a história já acontecia a cerca de 7 mil anos, sendo mais velha quanto a própria ciência. Os neurocientistas que se devotaram à compreensão do sistema nervoso vieram de diferentes disciplinas científicas: medicina, biologia, psicologia, física, química e até matemática. A revolução nas neurociências, aconteceu quando perceberam que a melhor compreensão de como o cérebro funciona se daria de forma interdisciplinar visando produzir uma nova perspectiva, através da junção de ideias de cada área. (Bear, Connors, & Paradiso, 2017)

Essa abordagem científica, como já falada, multidisciplinar, inclui neurologistas, psicólogos, psiquiatras, linguistas, biólogos, engenheiros, físicos, matemáticos, além de várias outras especialidades, abrange vários níveis de estudo, do puramente molecular ao nosso comportamento (Manes, 2015).

Por ser uma ciência muito ampla e complexa, ela é subdividida por campos de estudos ou níveis de análise. Bear, *et al.* (2017), nos traz que a neurociência é dividida em neurociência molecular, celular, de sistemas, comportamental e cognitiva, que é a base do nosso objeto de estudo.

A neurociência cognitiva é a ciência que foca em como compreender como a função cerebral executa nossas capacidades cognitivas (memória, pensamentos, linguagens, aprendizado e percepção), considerando aspectos normais e quando ocorre uma alteração. (Mourão Jr., Oliveira, & Faria, 2017)

De posse desses conhecimentos, várias áreas se interessam e utilizam a neurociência como ferramenta para compreender como funciona os mecanismos cerebrais nas tomadas de decisão. Exemplos disso são o neuromarketing, a neuroeconomia, a neuroarquitetura, a neuroestética e a neuroeducação. Foi gerado então o que é chamado de neurocultura, que de acordo com (Mora, 2017) é a cultura baseada no cérebro, que reavalia as humanidades com base no conhecimento atuais do cérebro.

Jogos e filmes conseguem prender a atenção de crianças, jovens e adultos por utilizarem estratégias da neurociência cognitiva. Empresas e políticos, por exemplo, já buscam compreender comportamentos, compreender como tomamos decisões, para então utilizar de estratégias específicas (neuromarketing) de modo a atrair a atenção de forma mais efetiva.

Algo bastante desafiador ainda atualmente é a relação ensino-aprendizagem. Professores ainda procuram ferramentas para que ele possa ser um facilitador para uma aprendizagem significativa dos seus alunos. Mas a neurociência pode ser a chave para que o aprendizado ocorra de forma mais concreta.

Até algum tempo atrás, para decidir de determinadas técnicas ou estratégias de ensino surtiam efeitos para a aprendizagem dos alunos, eram feitos apenas através de resultados de observação, porém atualmente temos ferramentas para descobrir como cada cérebro aprende. Com essas descobertas, hoje se é permitido compreender todos os estilos de aprendizagem e os diferentes canais de representação sensorial (Rivera-Rivera, 2019), que são fundamentais para a aprendizagem.

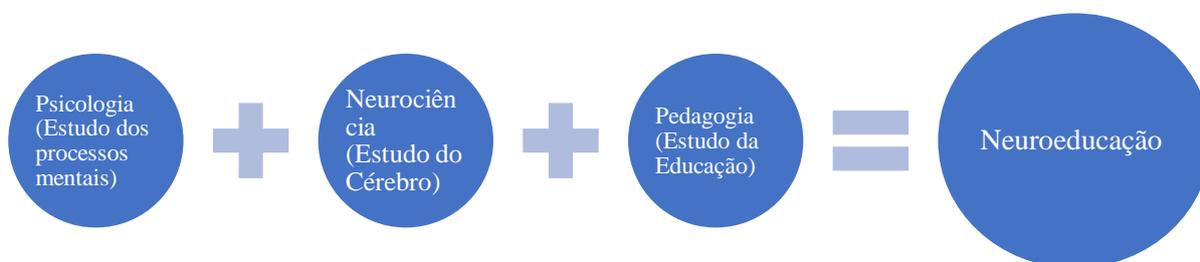
Para (Falco & Kuz, 2016) o estudo multidisciplinar que neurociência propõe do nosso cérebro está causando uma mudança na maneira de entender o ser humano como unidades

inseparáveis: biológicos, psicológicos e sociais, de forma revolucionária e muito prolífica. Em particular, a neurociência cognitiva, geram as maiores contribuições para a educação da última década. Fazendo uma aproximação da neurociência com a educação, podemos aumentar a compreensão dos processos educativos.

Sendo assim, podemos perceber quão grande aliada a neurociência se torna da pedagogia, pois a partir do conhecimento do funcionamento do cérebro, podemos utilizar estratégias de ensino para que se consiga a consolidação da aprendizagem.

Daí vemos surgir neuroeducação, um paradigma educacional que consiste em associar a neurociência, a psicologia e a educação, de modo a que o professor faça intervenções nas suas salas de aula de modo a potencializar os processos de ensino e aprendizagem (Guillén, 2017). Como diz Mora (2017, p. 15) “é uma nova visão do ensino baseada no cérebro”.

Figura 1 : Áreas que Compõem a Neuroeducação



Fonte: Elaboração Própria

Com a ajuda da neurociência, a neuroeducação trata de encontrar ferramentas através das quais os conhecimentos que já se possuem sobre os processos cerebrais da emoção, curiosidade e a atenção, para abrir portas para o conhecimento pelos mecanismos de aprendizagem e memória (Mora, 2017).

Neuroeducação trata, com a ajuda da neurociência, de encontrar vias através das quais pode aplicar na aula os conhecimentos que se possuem sobre os processos cerebrais das emoções, da curiosidade e da atenção e como esses processos se acendem e como eles abrem portas para o conhecimento através dos mecanismos de aprendizagem e memória. (Mora, 2017, p. 27)

Portanto, utilizar o conhecimento que a neurociência nos traz de como o cérebro aprende, memoriza, como prender a atenção de uma pessoa, como as emoções influenciam no aprendizado é de fundamental importância no mundo de constantes mudanças em que vivemos.

O que a neuroeducação tem mostrado é que o provérbio “a letra com sangue entra” está incorreto. Existem muitas outras coisas envolvidas no aprendizado, na memorização do que apenas exercícios repetitivos ou castigos.

Veremos na seção seguinte o que outros autores falam a respeito da aprendizagem ou aquisição do conhecimento.

1.1.1 A neurociência da aprendizagem

Para a neurociência cognitiva, a aprendizagem humana é muito mais que armazenamento de perceptuais, é um processo que envolve todo o corpo e cérebro, que é responsável por selecionar, priorizar, processar, registrar, evocar, emitir respostas motoras e consolidar recursos, ou seja, é o processamento e elaboração das informações oriundas das percepções do cérebro (Falco & Kuz, 2016; Hammes de Carvalho, 2010).

Morin afirma: “Aprender não é somente reconhecer o que, virtualmente, já era conhecido; não é apenas transformar o desconhecido em conhecimento. É a conjunção do reconhecimento e da descoberta. Aprender comporta a união do conhecido com o desconhecido” (Morin, 2015, p. 94).

O órgão do nosso corpo humano mais importante na aquisição de conhecimentos é o cérebro. Ele é um órgão que pesa em média 1,4kg, mas que consome 20% das necessidades energéticas do nosso corpo. Dentro dele existem 86 milhões de neurônios que transmitem informações através de impulsos nervosos (que são recebidos pela parte do neurônio chamada de dendritos) e a comunicação é feita através de uma substância química chamada de neurotransmissor. Cada neurônio chega a estabelecer 10 mil conexões, chamadas de sinapses que formam densas redes neurais que processam informações de forma rápida e que compõem as diferentes estruturas cerebrais que trabalham juntas, mas possuem funções específicas. O neurotransmissor pode ter dois efeitos: pode excitar de forma que o impulso nervoso seja disparado ou dificultar o início de novos impulsos, sendo então que os neurotransmissores são de fundamental importância para a aprendizagem (Guillén, 2017; Cosenza & Guerra, 2011).

Guillén (2017, p.18), explica quais são as bases neurobiológicas da aprendizagem:

A base neurobiológica do aprendizado reside nessas complexas comunicações neurais que sabemos ocorrerem através de sinais elétricos dentro do neurônio,

os potenciais de ação e substâncias químicas liberadas entre neurônios, neurotransmissores, alguns deles bem conhecidos e com enormes repercussões na sala de aula. Assim, por exemplo, altos níveis de dopamina motivam o aluno a brincar; altos níveis de serotonina, você está rindo; baixa noradrenalina, distraída, e baixa acetilcolina, que adormece com uma explicação tediosa.

A principal finalidade da educação está no desenvolvimento de novos conhecimentos e comportamentos que se dá por um processo que envolve a aprendizagem. Para que possamos adquirir competências para a realização de tarefas ou para resolvermos problemas devemos passar pelo processo de ensino e aprendizagem. Todo esse aprendizado acontece por conta da atividade cerebral; todas as sensações, percepções, ações motoras, emoções, pensamentos, ideias e decisões são um conjunto de funções mentais associadas ao cérebro em funcionamento (Rotta, Bridi Filho, & Bridi, 2018).

Vamos então discorrer um pouco sobre uma das principais descobertas das neurociências para a aprendizagem: a neuroplasticidade.

1.1.2 Neuroplasticidade

Por muito tempo se acreditou que a capacidade cerebral era limitada e por conta disso, colocava-se etiquetas nas pessoas dizendo que elas eram capazes ou não de realizarem uma tarefa ou de aprenderem algo novo, como por exemplo uma língua. Mas a descoberta da neuroplasticidade foi de suma importância para erradicar o mito sobre aprendizagem e potencial limitados.

Para Boaler (2020), escolas, faculdades, empresas e cultura têm sido organizadas nutrindo a ideia de que algumas pessoas são capazes e outras não. É por isso que separa turmas por sua “capacidade” para que se ensinasse de forma diferente. Por conta disso muitas pessoas nutrem a ideia de que não possuem capacidade cerebral para aprender matemática, ciências, artes, ou outra coisa qualquer. Dizem que não nasceram com o cérebro certo, porém nosso cérebro não nasce pronto, precisamos desenvolver as rotas neurais que necessitamos.

Veja o que Boaler (2020, p.15) explica sobre como acontece as mudanças cerebrais na aprendizagem:

Os pesquisadores agora sabem que quando aprendemos alguma coisa, desenvolvemos o cérebro de três maneiras. A primeira é a formação de uma nova rota. Inicialmente ela é frágil e tênue, mas quanto mais profundamente

você aprende, mas forte ela fica. A segunda é o fortalecimento de uma rota que já está presente, e a terceira é a formação de uma conexão entre duas rotas antes desconectadas. (Boaler, 2020, p. 15)

Figura 2: As três etapas das rotas neurais: formação, conexão e fortalecimento



Fonte: Imagem retirada de Boaler (2020).

A teoria neuronal do final do século XIX acreditava-se que nascíamos com determinado número de neurônios que não se regeneravam ou se reproduziam, ou seja, no sistema nervoso central dos adultos, as sinapses eram fixas. Ela dizia que o crescimento cerebral alcançava seu desenvolvimento entre 20 e 30 anos e, a partir daí, íamos tendo uma perda neuronal, ou seja, quanto mais velha a pessoa, mais dificuldade para aprender ela teria. Porém no final do século XX foi comprovado que entre o nascimento e a adolescência, novos neurônios são criados e circuitos neurais são construídos devido a interação com o meio e os estímulos recebido, e continua no indivíduo adulto até o término da sua vida apenas de forma mais lenta. A isso dá-se o nome de neuroplasticidade (Oliveira, 2014).

Para Hammes de Carvalho, “o cérebro pode ser visto como um sistema dinâmico que tem sua complexidade funcional subsidiada pela sua interação com outros sistemas nele presentes não podendo ser interpretado como depósito estático para armazenamento de informação” (2010, p. 540).

Manes (2015) nos traz que a neuroplasticidade acontece nos níveis molecular, celular e nas sinapses, sendo essa um dos desenvolvimentos fundamentais da plasticidade. A plasticidade sináptica é a capacidade de alteração da comunicação entre neurônios. Quando devemos armazenar novas informações em nossa memória, são geradas novas sinapses, outras se fortalecem, outras torna-se mais fracas e outras somem. Isso é o mecanismo evolutivo básico de aprendizagem.

Uma das pesquisas mais conhecidas que comprovam a plasticidade cerebral é a que foi realizada com taxistas de Londres. Para que uma pessoa se torne taxista de um famoso “taxi preto”, ele tem que passar por um teste chamado de “O Conhecimento”, onde ele deve

memorizar 25 mil ruas e 20 mil monumentos em um raio de 25 milhas a partir de um ponto no centro da cidade. O que os pesquisadores Maguire, Wolollett e Spiers (2006) comprovaram foi que, no fim do treinamento desses taxistas, o hipocampo, área responsável pela aquisição e uso de informações espaciais havia crescido significativamente, porém quando se aposentavam o hipocampo voltava ao tamanho anterior, por conta da falta de uso e não pela idade. Sendo assim, podemos perceber que não existe limites para a aprendizagem de uma pessoa cognitivamente saudável.

Sabendo que nosso cérebro vive em constante mudança e adaptação e que não existe limites para a aprendizagem, vamos daqui por diante falar a respeito de temas essenciais para que ocorra essa neuroplasticidade.

1.1.3 Atenção

Pensando em uma sala de aula convencional, essa aquisição de competências citada pelo autor acima, acontece da seguinte forma: o professor transmite o conceito, o aluno adquire o conceito, esse conceito é armazenado no cérebro, e então ele faz a evocação do que está armazenado quando é solicitado pelo professor ou em um momento de avaliação. Logo a primeira etapa do processo de ensino aprendizagem é a aquisição do que se é transmitido, e para isso ocorra, algo primordial é a **atenção**.

Para Mora (2017, p. 81), “a atenção é como uma janela que se abre no cérebro através da qual se aprende e memoriza a informação que procede do mundo que nos rodeia. Sem ela, não existe aprendizagem, nem a memória explícita nem conhecimento.”

Manes (2015, p.61) nos fala de forma bem clara os tipos de atenção existentes:

Hoje reconhecemos que há diferentes tipos de atenção que dependem de uma completa rede cerebral que inclui regiões dos lobos frontais e parietais, entre outros. Por exemplos, se estamos conversando com alguém em uma festa em que há muito ruído de fundo devemos pôr em ação uma atenção seletiva, a fim de poder filtrar os sons irrelevantes e prestar atenção apenas naquilo que nos interessa. Em outros casos, devemos concentrar-nos numa mesma tarefa por um período prolongado, ativando assim os circuitos da atenção sustentada. Outras vezes necessitamos focalizar-nos em mais de um estímulo ao mesmo tempo, e é aí que a atenção dividida nos permite alternar o foco entre diferentes estímulos.

A atenção sustentada é, claro a melhor para a aprendizagem, pois quando nos concentramos no que estamos aprendendo, o nosso cérebro relaciona a nova informação com a que já conhecemos estabelecendo novas conexões neurais (sinapses) (Forés, et al., 2015).

Nosso cérebro sempre está disponível para aprender, mas para isso ele deve reconhecer que o que está sendo posto a sua frente é significativo. Logo a melhor forma de capturar a atenção é apresentar o conteúdo a ser estudado de maneira que os alunos o reconheçam como importante. O educador precisa sempre se perguntar: por que aprender isso? E qual a melhor abordagem que posso utilizar de modo a que o cérebro dos meus alunos reconheçam isso como significativo? (Cosenza & Guerra, 2011)

Conseguir prender a atenção de um aluno é algo desafiador. O que a neurociência já descobriu é que os processos cognitivos e emocionais utilizam a mesma rede neural, ou seja, elas estão intimamente relacionadas. Sendo assim, educadores devem utilizar da emoção para criar um ambiente de aprendizagem.

Uma mente concentrada é necessária para aprender, e isso é realizado se o cérebro for capaz de conectar diferentes circuitos cerebrais e conseguir inibir fontes irrelevantes que tentem tirar sua atenção. A atenção que leva a um aprendizado requer um esforço contínuo, que exige autocontrole e motivação, que deve ser alcançada por meio de algo novo ou relevante e adequado, isto é, emoções positivas. (Forés, et al., 2015)

Para os mesmos autores, a curiosidade ativa os circuitos emocionais do cérebro que nos permitem estar atentos, o que facilita o aprendizado. Na prática, fazemos isso a partir de perguntas abertas, desafios, tarefas ativas, através de metáforas, inconsistências ou, simplesmente, de histórias que convidam à reflexão. Existem também mecanismos inconscientes para manter a atenção, que se acredita serem importantes na resolução criativa de problemas. (Forés, et al., 2015)

Vejamos o que Guillén (2017, p. 44) fala sobre as descobertas de como as emoções e a aprendizagem estão relacionadas:

Fatores básicos nos contextos educativos e que são imprescindíveis para a aprendizagem, como a atenção, a memória, a tomada de decisões, a motivação as relações sociais ou a criatividade, estão muito influenciadas pelas emoções, as quais podem ser induzidos por estímulos externos – como pensamento ou recordações.

Sendo assim, o que a neurociência nos mostra que não conseguimos aprender efetivamente nada de maneira abstrata, a menos que o que você vai aprender o motive, tenha

algum sentido, e que principalmente, acenda sua curiosidade. Um estímulo inicial interessante e novo é necessário para a aprendizagem. Utilizando disso, a atenção é então ativada de maneira poderosa (Mora, 2017).

Guillén (2017) fala em sete etapas chaves para a motivação na aula, que levam a prender a atenção do aluno por mais tempo em sala de aula:

1. Despertar a **curiosidade** do aluno fazendo com que se ative os mecanismos emocionais do aluno que permitirá focar a atenção (algo que já citamos acima);
2. Sempre tornar o assunto **interessante** dando um enfoque multidisciplinar e da vida cotidiana do aluno;
3. **Desafiar** o aluno, sempre começando com tarefas fáceis e aumentando o nível para que o aluno se sinta motivado;
4. Deixar o aluno ser **protagonista**, pois diversos estudos mostram que os alunos conseguem consolidar melhor as informações quando eles participam do processo de aprendizagem de forma ativa.
5. Sempre **elogiar** o aluno por seu progresso, seu esforço, pois elogiar um aluno por seu esforço e não por sua capacidade melhora sua motivação e assim sua insistência para enfrentar novos desafios.
6. **Avaliar** o aluno sempre levando em conta seu esforço e seu progresso, não se limitando ao nível de conhecimento adquirido;
7. **Trabalhar** de forma cooperativa em sala de aula, pois é dado ao aluno a oportunidade de ser reconhecido e sempre transmitindo que o erro faz parte do processo de aprendizagem.

Essas sete chaves propostas pelo autor devem ser utilizadas por professores para que o ambiente de sala de aula se torne num lugar em que o aluno adquira o conhecimento de forma mais efetiva, para que o aluno consiga focar no que está sendo transmitido por mais tempo, utilizando-se de duas ou mais estratégias em uma mesma aula.

1.1.4 Memória

E como armazenar no cérebro o que nos foi transmitido? Essa segunda etapa do processo de ensino e aprendizagem é chamada de memória, que muitas das vezes é confundida com a aprendizagem, porém são diferentes, como bem diz Lent (2010, p. 593):

O processo de aquisição de novas informações que vão ser retidas na memória é chamado aprendizagem. Através dele nos tornamos capazes de orientar o comportamento e o pensamento. Memória, diferentemente, é o processo de arquivamento seletivo dessas informações, pelo qual podemos evocá-las sempre que desejarmos, consciente ou inconscientemente. De certo modo, a memória pode ser vista como o conjunto de processos neurobiológicos e neuropsicológicos que permitem a aprendizagem.

A aprendizagem é o processo à qual adquirimos novos conhecimentos e a memória é o processo pelo qual armazenamos no cérebro conhecimentos adquiridos durante nossa vida. Esses dois processos modificam constantemente o cérebro e conseqüentemente o comportamento de que os experimentam (Mora, 2008).

De acordo com Izquierdo (2018), a memória está dividida em três etapas: aquisição, consolidação (gravação) e evocação. “A aquisição é também chamada de aprendizagem: só se “grava” aquilo que foi aprendido. A evocação é também chamada de recordação, lembrança, recuperação. Só lembramos aquilo que gravamos, aquilo que foi aprendido”. (Izquierdo, 2018, p. 9).

Figura 3: Aquisição de Memória



Fonte: Elaboração Própria

Eles são processos cerebrais complexos, também envolvidos na maior parte das atividades cognitivas. As propriedades funcionais das memórias formadas dependem das estruturas e mecanismos cerebrais envolvidos em sua aquisição. Isso, por sua vez, depende da estratégia cognitiva que guia o comportamento e isso, das instruções que damos aos outros ou a nós mesmos quando aprendemos (Morgado, 2005).

Nossa memória é seletiva e o cérebro humano evolui e se adapta continuamente, permite otimizar sua eficiência, permite lembrar mais rapidamente tudo o que é decisivo para nossa sobrevivência, experiências passadas ou de valor emocional. Isso é decisivo na sala de aula pois temos que sempre dar sentido e significado à aprendizagem. Para que se melhore a memória e o aprendizado do aluno, deve-se sempre despertar a curiosidade e levar em conta o conhecimento prévio dele (Guillén, 2017).

Uma forma tradicional de classificar a memória levava em conta apenas sua duração, de curto prazo ou de longo prazo. Utilizando esse enfoque, a memória pode ser dividida em três tipos: imediata, longo prazo e prospectiva, sendo que a de longo prazo ainda pode ser subdividida em três: diferida, recente e remota. Vejamos abaixo uma breve definição de cada uma:

1. Memória de trabalho ou imediata: é uma memória de curto prazo que é utilizada para informações que foram apresentadas segundos minutos antes. É a memória que utilizamos para realizar um cálculo mental ou para entender um enunciado;
2. Memória de longo prazo: nela a informação é armazenada até que necessitemos dela dias ou anos após. Dessa, temos a memória diferida, a memória recente e a memória remota:
 - 2.1 Memória diferida: é a memória para informações apresentadas a poucos minutos;
 - 2.2 Memória recente: é a memória para informações que foram apresentadas a alguns dias;
 - 2.3 Memória remota: é a memória das informações que foram apresentadas em alguns anos antes;
3. Memória Prospectiva: é a memória responsável pelas coisas que planejamos fazer no futuro (Manes F. , 2015).

Porém os avanços da psicologia cognitiva e das neurociências nos permite uma melhor explicação da nossa memória. As memórias não é um evento cerebral único, sendo que existem vários tipos de memória, as que são adquiridas e evocadas de forma consciente (também chamada de memória explícita ou declarativa) e memórias que não são expressas de modo verbal consciente, mas se realiza através de um ato motor (denominada de memória implícita ou de procedimento). (Mora, 2017; Cosenza & Guerra, 2011). Lembrar o que comemos no almoço, nosso número de telefone, contar uma história para um amigo, responder a uma avaliação, são exemplos de memórias explícitas, enquanto a habilidade de escovar os dentes, andar de bicicleta, utilizar um computador são exemplos de memórias implícitas.

A memória explícita ainda se divide em dois sistemas: memória episódica que é o armazenamento e recordação de experiências ocorridas em tempo e lugares determinados e a memória semântica que é o armazenamento de fatos e conceitos de forma representativa (Manes, 2015).

Mas como transformar uma memória sensorial em uma memória de longo prazo? Como isso ocorre no nosso cérebro? O professor não quer apenas que o aluno estude um dia antes, armazene informações na memória de trabalho e consiga resolver uma avaliação, mas o objetivo de todo professor é que o aluno consiga armazenar as informações que forma que ele realmente consolide em sua memória.

Falamos anteriormente sobre a neuroplasticidade cerebral e no exemplo dos motoristas de taxi, citada na introdução desse trabalho, a pesquisa realizada mostrou o desenvolvimento no hipocampo desses motoristas durante os anos de trabalho, mas que diminui à medida que se aposentaram.

Isso acontece porque as memórias explícitas modificam justamente o hipocampo e todas as estruturas adjacentes a ele, formando o sistema de memória do lóbulo temporal medial. Apesar de essencial, o hipocampo é um depósito temporal dessas memórias que serão guardadas, de modo permanente, no córtex cerebral. A memória altera as sinapses. Sinapses que se utilizam mais repetidamente (o que é aprendido é repetido) são mais eficazes. Isto é, o limiar de estimulação para o sinal a ser transmitido de um neurônio para outro se torna mais baixo e precisa de estímulos cada vez menores para alcançar uma determinada resposta. O neurônio, por meio de alterações sinápticas, lembra o que foi solicitado, e provavelmente é a memória, ou seja, uma mudança física, entre neurônios que podem ser permanentes e que podem ser ativados, evocados e, portanto, lembrados. (Mora, 2017)

De acordo com Cosenza & Guerra (2011), a informação passa pelo filtro da atenção e em seguida por um processo de codificação (ativação de neurônios) que é a memória operacional. Dependendo da relevância da experiência ou da informação, poderão ocorrer alterações estruturais em circuitos nervosos específicos cujas sinapses se tornarão mais eficientes, permitindo o aparecimento de um registro. Para uma informação se fixar de forma definitiva no cérebro, a psicologia cognitiva indica que são importantes os processos de repetição, elaboração e consolidação. A repetição do uso da informação e a elaboração (associação com os registros já existentes), fortalece o traço de memória (formado pelas sinapses) e o torna mais durável. Quanto mais se repetir essa atividade, quanto mais ligações forem estabelecidas com informações disponíveis no cérebro, melhor será, pois o registro vai se fixar de forma mais permanente. O registro de memória é fragmentado, cada particularidade da informação é armazenada em diferentes regiões do cérebro, formando assim uma rede. Um estímulo trará à consciência os registros que necessitamos, além de ativar outros registros relacionados àquela informação. Os centros cerebrais que regulam a memória de trabalho, tem o papel de filtrar as informações que necessitamos, inibindo as que podem nos distrair.

Sendo assim, algumas estratégias que devem ser utilizadas para que aquilo que está sendo ensinado possa ser consolidado em nossa memória:

1. O mesmo assunto deve ser examinado mais de uma vez, utilizando diferentes contextos;
2. Utilizar períodos curtos, pois é mais fácil de mantermos a atenção;
3. Utilizar diferentes canais de acesso diferente pois, como vimos acima, nossa memória trabalha em rede, sendo construiremos redes mais complexas. Por exemplo, além do verbal, podemos utilizar o visual;
4. No aprendizado de habilidades práticas, o exercício reiterado deve ser privilegiado, uma vez que a repetição constrói novas sinapses; e
5. O estudo em grupo, seguido de apresentação para os colegas, pois *docendo discimos* (Sênica), ou seja, ao ensinar aprendemos. (Cosenza & Guerra, 2011)

Percebemos com isso o quão complexo é o processo de aprendizagem no nosso cérebro. Então, é de fundamental importância que o professor compreenda como funciona a aprendizagem e assim elaborar estratégias de ensino de modo que a aprendizagem aconteça de modo mais efetivo.

1.1.5 Como as emoções influenciam na aprendizagem

Por que um aluno consegue se lembrar de uma piada que o professor ou um colega contou na sala ou de mas não consegue lembrar do assunto da aula ministrada no mesmo dia? Por que na hora de uma prova, o estresse faz com que o aluno “tenha um branco”, esqueça de tudo o que ele estudou? As neurociências demonstram que isso ocorre porque as emoções e os processos cognitivos que são utilizados na aprendizagem utilizam as mesmas redes neurais. Isso explica o que já falamos acima sobre a curiosidade para atenção e a motivação para memorização.

Mas, o que é emoção? A palavra emoção tem origem no termo *emotione*, que significa movimento, comoção, ato de mover, interação com o mundo. Mora (2017, p. 63) afirma que “é esta uma conduta que inclui todas as mudanças que se produzem no corpo disparados por uma ampla classificação de estímulos que vem de tudo que rodeia o indivíduo e que indicam recompensas (prazer) ou castigo (dor)”.

Os autores Cosenza & Guerra trazem uma “definição” mais completa de emoção e suas implicações na cognição:

(...) as emoções são fenômenos que assinalam a presença de algo importante ou significativo em um determinado momento na vida de um indivíduo. Elas se manifestam por meio de alterações na sua fisiologia e nos seus processos mentais e mobilizam os recursos cognitivos existentes, como a atenção e a percepção. Além disso, elas alteram a fisiologia do organismo visando uma aproximação, ou confronto ou afastamento e, frequentemente, costumam determinar a escolha das ações que se seguirão (2011, p. 75).

Conforme Lent (2010, p. 736) “Embora esteja no topo das operações mentais que os seres humanos são capazes de realizar, a razão é fortemente relacionada com a emoção. De um modo ou outro, nossos atos e pensamentos são sempre guiados ou influenciados pelas emoções”. O termo “razão” é o que a neurociência chama de cognição. Como afirma Guillén (2017, p. 45), “não há razão sem emoção”.

A pesquisadora Tokuhama-Espinosa (2008, p.78), que em sua tese de doutorado fez um estudo bibliográfico acerca dos princípios mais frequentes na literatura sobre neuroeducação, listou catorze, de ordem aleatória e não de importância:

1. Os alunos aprendem melhor quando estão altamente motivados do que quando não têm motivação;
2. O estresse afeta a aprendizagem;
3. A ansiedade bloqueia as oportunidades de aprendizado;
4. Estados depressivos podem impedir a aprendizagem;
5. O tom de voz de outras pessoas é rapidamente julgado no cérebro como ameaçador ou não;
6. Os rostos das pessoas são julgados quase instantaneamente (ou seja, boas ou más intenções);
7. O feedback é importante para a aprendizagem;
8. As emoções desempenham um papel fundamental na aprendizagem;
9. Movimento pode melhorar a aprendizagem;
10. O humor pode melhorar as oportunidades de aprendizagem;
11. A nutrição afeta a aprendizagem;
12. O sono afeta a consolidação da memória;
13. Os estilos de aprendizagem (preferências cognitivas) são devidos à estrutura única dos cérebros individuais;

14. Diferenciação nas práticas em sala de aula justificada pelas diferentes inteligências dos alunos.

Podemos perceber que estados citados pela autora que influenciam na aprendizagem, são gerados pela nossa emoção: motivação, ansiedade, estresse, depressão, o tom de voz, o humor, expressão facial e relação entre professor e aluno. Como já falamos acima, nosso cérebro está disposto a aprender, porém ele decide o que quer aprender, e essa escolha é regulada pela emoção. Isso se deve ao fato de que o a estrutura cerebral que controla as emoções, o sistema límbico ou cérebro emocional, conter as partes do cérebro que regular a atenção e memória. É uma região constituída de neurônios que formam uma massa cinzenta, chamada de lobo límbico. Toda informação que chega até nós através dos nossos sentidos, é passa pelo filtro do sistema límbico.

Posner e Raichle (2001 citado por Hammes de Carvalho (2010, p. 542)) nos explica melhor qual a relação entre o sistema límbico e os processos de aprendizagem:

o sistema límbico, formado por tálamo, amígdala, hipotálamo e hipocampo, avalia as informações, decidindo que estímulos devem ser mantidos ou descartados, dependendo a retenção da informação no cérebro da intensidade da impressão provocada nele. A consciência da experiência vivenciada é atingida quando, ao passar pelo córtex cerebral, compara-se a experiência com reflexões anteriores. Assim, quando conseguimos estabelecer uma ligação entre a informação nova e a memória preexistente, são liberadas substâncias neurotransmissoras – como a acetilcolina e a dopamina – que aumentam a concentração e geram satisfação.

Por isso, nossa capacidade de aprendizado não depende apenas da atenção, mas do estado emocional do sujeito, pois situações de alegria, tristeza ou dor são lembradas com mais frequência, isso porque esses estados mentais liberam neuromoduladores, processos que influencia nas sinapses que podem estimula-las ou inibi-las, como acetilcolina (em situações de máxima atenção), dopamina (regula a sensação de prazer, atuando também na memória e atenção), noradrenalina (precursora da adrenalina, responsável pela regulação do humor) e hormônios esteroides, como cortisol (durante novos processos, situações de estresse ou ansiedade). Sendo assim, quando o sistema límbico está desequilibrado, todos os processos de motivação e aprendizagem ficam comprometidos, por conta da relevância da interação das emoções do indivíduo com seu ambiente e seu desempenho acadêmico (Saavedra Torres, Díaz Córdoba, Zúñiga Celón , Navia Amézquita, & Zamora Batisdas, 2015).

Colaborando com esse pensamento, Mora (2017), nos diz que as emoções são responsáveis em acender e manter a curiosidade e a atenção e conseqüentemente o interesse para descobrir algo novo. As emoções são as bases mais importantes para todos os processos de aprendizagem e memória.

Cosenza e Guerra (2011, p.81) enfatizam que:

A maioria dos comportamentos motivados, direcionados para um objetivo, é aprendida. (...) Nossas motivações nos levam a repetir as ações que foram capazes de obter recompensa no passado ou a procurar situações similares, que tenham chance de proporcionar uma satisfação desejada no futuro. Portanto, ela é muito importante para a aprendizagem em geral. A liberação de dopamina em algumas regiões cerebrais parece estar associada a esse tipo de recompensa, que leva à aprendizagem.

De posse de tudo isso, o professor deve criar um clima emocional positivo em sala de aula de modo a favorecer a aprendizagem. Guillén (2017) afirma que situações de estresses prejudiciais para a aprendizagem pode se dá tanto em alunos quanto em professores. O autor cita uma pesquisa de Oberle e Schonert (2016), que afirma que professores com síndrome de *Burnout* ou síndrome do esgotamento profissional, que causam exaustão extrema, estresse e esgotamento físico, cria um contágio emocional negativo na sala de aula, aumentando os níveis de cortisol dos alunos.

Guillén (2017) ainda afirma que quando professores mostram expectativas positivas a seus alunos está colaborando no seu processo de melhora acadêmica, pois eles conseguem captar e interpretar a mensagem de otimismo enviada devido à mecanismos cerebrais inconscientes, gerando o que a psicologia chama de Efeito Pigmaleão: quanto maiores as expectativas sobre sua capacidade de aprender, melhor será o seu desempenho.

Nas neurociências, ao Efeito Pigmaleão foi dado o nome de *mindsets*, ou mentalidades. Afirma-se que uma pessoa possui uma mentalidade fixa ou uma mentalidade de crescimento e isso influencia diretamente na aprendizagem, pois pessoa com mentalidades fixas se acham incapazes de aprender e quando se deparam com alguma dificuldade, simplesmente desistem. Por outro lado, pessoas com uma mentalidade de crescimento veem nas dificuldades sempre uma oportunidade de crescer, de aprender mais (Dweck, 2017). Um dos mais brilhantes cientistas de todos os tempos, Albert Einstein, afirmava que não possui nenhum talento especial, mas que era apenas apaixonadamente curioso. Ele, com certeza, possuía uma

mentalidade de crescimento, apenas isso. Por várias vezes falou que suas conquistas surgiram do seu esforço e dos erros que cometeu.

Causas de pessoas serem boas ou más sucedidas, não está no cérebro com que nasceu, levando em conta que cada pessoa nasce com um cérebro diferente, mas sim, na forma como ela enxerga a vida, nas mensagens que receberam quanto o seu potencial e as oportunidades que tiveram de aprender. Por conta disso, pessoas que possuem esse tipo de mentalidade não se acham capazes de aprender, que não são bons quanto outros (Boaler, 2018).

O impacto de um simples elogio que um estudante recebe pode ser tão forte que afeta seu comportamento imediatamente. Mueller & Dweck (1998) realizaram uma pesquisa com 400 alunos do 5º ano onde fizessem um pequeno teste, no qual quase todos obtiveram um bom desempenho. Depois dos resultados do teste, metade das crianças foi elogiada por dizendo que eles eram “inteligentes” e a outra metade foi parabenizada “pelo esforço”. Pediu-se, então, às crianças que fizessem um segundo teste e escolhessem entre um teste bem simples, no qual se sairiam bem, ou outro mais desafiador, no qual poderiam cometer erros. Entre aqueles elogiados pelo esforço, 90% escolheram o teste mais difícil. Dos que foram elogiados por serem inteligentes, a maioria escolheu o teste fácil (Boaler, 2018).

Guillén (2017) baseado na pesquisa de Blackwell; Trzesniewski; Dweck (2007), afirma que a mentalidade de crescimento antevê uma trajetória sempre crescente do aluno, em especial nas transições de etapas educativas. Quando o aluno descobre se descobre que a inteligência não é fixa, isso repercute positivamente no seu rendimento. Na mesma pesquisa, por oito seções se ensinou sobre como a aprendizagem alterava o cérebro, como criava sinapses e várias outras coisas sobre o funcionamento do cérebro. E o resultado desse curso foi que os alunos que receberam o curso melhoraram seus resultados frente a um grupo de controle que participaram no mesmo período de um curso sobre memória. Ou seja, mesmo que um aluno tenha uma mentalidade fixa, isso pode ser alterado.

Boaler (2018, p.6) citando Moser *et al.* (2011) afirma que “estudantes com mentalidades de crescimento apresentam mais atividade cerebral positiva quando cometem erros, com mais regiões cerebrais se iluminando, e mais atenção e correção de erros”. Ou seja, quando você possui uma mentalidade de crescimento e comete um erro, você o vê como uma forma de crescer, de tentar novamente e não de desistir.

Como já falamos, pessoas que possuem uma mentalidade fixa, é porque muitas das vezes receberam mensagens negativas tais como “você não é inteligente”, “isso é difícil demais para você aprender”, “você não nasceu com um cérebro matemático”, etc. Mas não só palavras

desmotivadoras, porém com elogios de forma incorreta, podem criar no aluno uma mentalidade fixa. Boaler (2020, p.8) explica sobre isso:

Uma das maneiras pelas quais as crianças – mesmo as mais novas, de apenas 3 anos – desenvolvem uma mentalidade fixa prejudicial é pelo uso amplamente disseminado de uma palavra aparentemente inofensiva. A palavra é “inteligente”. Os pais regularmente elogiam seus filhos dizendo que eles são inteligentes para aumentar sua autoconfiança. Hoje sabemos que quando elogiamos as crianças por sua inteligência, elas inicialmente pensam, “Ah, que bom, eu sou inteligente!”, mas depois, quando têm dificuldades, falham ou se atrapalham – como acontece com todo mundo –, pensam: “Ah, eu não sou tão inteligente assim”; elas acabam constantemente se avaliando segundo essa noção fixa. É bom elogiar as crianças, mas sempre as elogie pelo que fizeram, e não enquanto pessoas.

Ou seja, o elogio deve sempre ser pelo esforço, por ter alcançado algo, e nunca de forma a dizer que ele é especial, tem algum talento nato.

Do que foi tratado aqui, podemos resumir que a sala de aula deve ser um ambiente estimulante, motivador, sempre utilizando da curiosidade, reduzindo o estresse, principalmente na hora da avaliação, gerar segurança para o aluno, e como vimos acima, elogiar o aluno pelo seu esforço, mesmo que tenha conseguido o mínimo possível do que o foi proposto a solucionar. Como fala (Cosenza & Guerra, 2011, p. 84): “usando o andamento dos tempos musicais como metáfora, podemos dizer que o ideal é que o ambiente na escola seja *allegro moderato*, ou seja, estimulante e alegre, mas que permita o relaxamento e minimize a ansiedade”.

Pesquisas em neurociência mostraram que, para melhorar o aprendizado de um aluno, ele deve refletir, investigar e relacionar os novos conceitos ao seu conhecimento; em resumo, coloque-os em contato, relacione-os e aprofundá-los.

1.2. Neuroeducação e o ensino de matemática

Como já discutimos, a aquisição do conhecimento se dá de forma complexa no cérebro. Cada etapa, desde a aquisição (aqui envolvido a atenção), memorização e evocação são influenciadas por vários fatores, como curiosidade e emoção. A neuroeducação pode ser então a chave para descobrir o porquê da Matemática, é considerada como a disciplina mais

complexas de se aprender. A neurociência já possui algumas respostas para o processo específico de ensino e aprendizagem matemática. Ela já responde questionamentos como o mito do “cérebro matemático”, ou seja, alguns nascem com a capacidade de aprender matemática e outros não e como nosso cérebro aprende matemática. Ela também já consegue indicar caminhos e estratégias a serem seguidas para que o conhecimento matemático seja amplo como veremos nesse capítulo.

O cérebro humano possui capacidade inata para lidar com números. Somos capazes de processar precocemente o conceito de quantidade. Crianças com poucos meses já conseguem discriminar quantidades e até realizar cálculos simples. Essa capacidade foi evidenciada em experiências nas quais bebês observavam bonecas que eram escondidas por um anteparo. Os bebês viam certa quantidade de bonecas serem escondidas atrás do anteparo que logo após era retirado. Se o número de bonecas fosse o mesmo que elas viram serem escondidas, o interesse era pequeno, porém se existiam bonecas a mais ou a menos, eles prestavam atenção demoradamente a cena, buscando entender a quantidade apresentada (Cosenza & Guerra, 2011).

Como vimos, já nascemos com um cérebro capaz de processar a matemática, mesmo que ela ainda não faça sentido, não tenha um significado. Carey (2011), citado por (Bravo Valdivieso, 2016) diz que o desenvolvimento dos conceitos matemáticos tem uma representação primária inata que é o ponto de partida da aprendizagem e que configura o sistema conceitual na idade adulta.

Vargas (2013, p. 38) afirma que “a capacidade de pensamento matemático elementar tem bases neurobiológicas relacionadas com o desenvolvimento de sistemas somatossensoriais complexos como a visão, audição e tato. Estes processos não são exclusivos dos seres humanos, pois estão presentes em invertebrados e vertebrados”.

Sendo assim, a neurociência “mostra que o aprendizado da matemática se origina em um processo mental pré-verbal intuitivo; em que experiência e educação dão uma configuração lógica, a serem verbalizadas em números, cálculos, axiomas ou teoremas” (Bravo Valdivieso, 2016, p. 32).

Então, como se dá a aquisição de conceitos matemáticos no nosso cérebro? Que áreas são utilizadas? Técnicas de neuroimagem funcional mostram que pelo menos três regiões cerebrais estão envolvidas quando trabalhamos com números. O modelo do triplo código (MTC), proposto por (Dehaene & Cohen, 1995) é o mais adotado entre diferentes interpretações.

Nesse modelo, os números são processados em três circuitos ou sistemas, cada um utilizado segundo o tipo de tarefa: (1) sistema de quantidade analógica ou magnitude, que é não-verbal, Sistema quantitativo não verbal em que podemos estabelecer os valores dos números. Por exemplo, entendemos o significado do número 43 gerado por quatro dezenas e três unidades. A região mais ativa e importante da resolução participa deste sistema de problemas numéricos: o segmento horizontal do sulco intraparietal. Sua ativação aumenta quando é feita uma estimativa de um resultado aproximado; não quando fazemos um cálculo exato. Na abordagem, embora os dois hemisférios estejam ativados cérebro, há uma certa referência por lei.; (2) sistema verbal, utilizado quando ouvimos ou pronunciamos o nome do número; (3) sistema visual de dígitos arábicos, quando utilizamos os algarismos arábicos para representar o número (Cosenza & Guerra, 2011; Gracia-Bafalluy & Escolano-Pérez, 2014; Rivera-Rivera, 2019).

Dentre vários problemas investigados na educação matemática, a neurociência comprova que o que mais influencia negativamente na aprendizagem matemática é a concepção errônea de que as pessoas que sabem fazer cálculos são mais espertas e inteligentes, sendo que isto torna o fracasso em matemática especialmente devastador para os estudantes que interpretam da seguinte forma: sou inteligente se consigo resolver cálculos. Estas mesmas pessoas acham que a matemática é um dom e que, se não possuem esse dom, além de serem ruins em matemática, são pessoas sem inteligência e incapazes de serem bem-sucedidas na vida. Vemos aí então o primeiro problema no aprendizado matemático: a distinção entre quem consegue e quem não consegue aprender matemática e que é reforçado pela palavra de muitos docentes quando dizem aos alunos: “você não é capaz de aprender”, “nem todos são bons em matemática”, etc. (Boaler, 2018)

Mas, como já vimos, as emoções influenciam na aprendizagem e ao dizer um aluno que ele não é capaz de aprender matemática, criamos nele uma mentalidade fixa e a partir daí ele realmente não conseguirá avançar nessa disciplina. Com as descobertas da neurociência sobre a plasticidade cerebral, o mito do “cérebro matemático” é desconstruído. O problema, exceto em casos de deficiências neurológicas, está na forma como a nosso cérebro capta informações matemática e que não são atingidas por métodos de ensino ultrapassadas, além, claro, do que foi discutido no capítulo anterior.

Superando o mito do “cérebro matemático”, ou seja, se possuímos um ambiente saudável para aprender matemática e nossa habilidade de reconhecer e trabalhar com números é inata, então por que é tão difícil ensinar e aprender matemática? A dificuldade na

aprendizagem matemática deve estar na forma unidimensional que ela é transmitida para o aluno, ainda nos tempos atuais.

Boaler cita Jean Piaget, um dos mais importantes psicólogos do mundo para comprovar que há algo errado com a maneira como se ensina matemática e que desta forma, pouquíssimas pessoas conseguirão êxito:

Na década de 1930, o suíço Jean Piaget, um dos mais importantes psicólogos do mundo, rejeitou a ideia de que a aprendizagem era uma questão de memorizar procedimentos. Ele assinalou que a verdadeira aprendizagem depende de uma compreensão de como as ideias se encaixam. Ele propôs que os estudantes possuem modelos mentais que mapeiam o modo como as ideias se encaixam, e quando seus modelos mentais fazem sentido, eles se encontram em um estado que ele chamou de equilíbrio (Piaget, 1957,1970). Quando estão diante de novas ideias, os estudantes se esforçam para encaixá-las em seus atuais modelos mentais, mas quando elas parecem não se encaixar, ou seu modelo existente precisa mudar, eles entram em um estado que Piaget denominou desequilíbrio. (Boaler, 2018, p. 17)

Então, entendemos que o primeiro passo é levar o aluno a desenvolver a capacidade do aluno de compreender a matemática dando sentido a ela, buscando padrões e relações. Mas isso só será possível se o professor que ensina matemática conhecer como o cérebro se comporta em relação aos números.

Para Thurston (1990)

A matemática é incrivelmente compressível: você pode ter dificuldade por um longo tempo, a cada passo, para trabalhar com o mesmo processo ou ideia a partir de várias abordagens. Mas depois de realmente compreendê-la e ter a perspectiva mental para vê-la como um todo, muitas vezes há uma tremenda compactação mental. Você pode arquivá-la, acessá-la de forma rápida e completa quando necessário e usá-la apenas como um passo em algum outro processo mental. O insight que acompanha essa compactação é uma das verdadeiras alegrias da matemática (p. 850)

O que acontece em nossas salas de aula é que, além de muitas das vezes desestimularmos nossos alunos, transmitimos conteúdos de forma em que o cérebro não consegue assimilar, não conseguimos criar as rotas neurais para que o aprendizado realmente aconteça. A neurociência já descobriu como nosso cérebro funciona quando estamos de frente a um problema matemático:

Nos últimos anos, os cientistas desenvolveram uma compreensão mais sutil das maneiras como nossos cérebros funcionam quando estudamos e aprendemos matemática. Nossos cérebros são compostos de "redes distribuídas", e quando lidamos com conhecimento, diferentes áreas do cérebro se iluminam e se comunicam. Quando trabalhamos em matemática, em particular, a atividade cerebral está espalhada por uma rede amplamente distribuída, que inclui duas vias visuais: as vias visuais ventral e dorsal. A neuroimagem mostrou que, mesmo quando as pessoas trabalham em um cálculo numérico, como 12×25 , com dígitos simbólicos (12 e 25), nosso pensamento matemático é fundamentado no processamento visual. (Boaler, 2016, p.1)

A pesquisa citada por Boaler foi realizada por Menon (2014), que examinou os processos cerebrais e cognitivos envolvidos na aritmética e verificou que pelo menos cinco áreas do cérebro são ativadas quando resolvemos um cálculo matemático: a rede pré-frontal, o córtex pré-frontal ventrolateral e ínsula anterior, o lobo temporal medial/Hipocampo e o lobo temporal anterior, o sulco interparietal/lobo parietal superior e o córtex occipital ventral temporal. Cada área dessa é responsável, respectivamente, pela memória de trabalho, pelo controle da atenção, pela memória episódica e semântica, pelo processamento de informações sobre quantidade em formatos visual-espaciais e pelo processamento de informações numéricas como símbolos visuais (Menon, 2014).

Park & Brannon (2013) mostraram, através de dois experimentos com 26 adultos, que o treinamento, entre seis e dez sessões, do sistema numérico aproximado (SNA) da adição e subtração aproximada de matrizes de pontos melhoraram seletivamente a adição e subtração simbólica. Esse resultado mostra que habilidades matemáticas complexas estão fundamentalmente ligadas a habilidades quantitativas pré-verbais rudimentares, fornece a primeira evidência direta de que o SNA e a matemática simbólica estão causalmente relacionadas aumentando assim a possibilidade de intervenções direcionadas ao SNA beneficiar crianças e adultos que possuem dificuldades com a aprendizagem matemática. Ou seja, o aprendizado e o desempenho matemático são melhores quando utilizamos duas áreas do cérebro ao mesmo tempo.

Em um estudo feito por Blackwell, Trzesniewski e Dweck (2007), 373 alunos do 7º ano participaram de uma pesquisa onde foi explorada o papel das teorias implícitas da inteligência no desempenho matemático desses alunos. Através de um teste foram identificados alunos que possuíam mentalidade fixa, ou seja, aqueles que possuíam a crença de que a inteligência é fixa (teoria da entidade), e alunos que possuíam uma mentalidade de crescimento, ou seja, a crença

de que a inteligência é maleável (teoria incremental). Depois, os pesquisadores acompanharam os alunos durante dois anos para monitorar o desempenho matemático deles. Os resultados foram notáveis, pois, a aprendizagem dos alunos com mentalidade fixa manteve-se constante, enquanto a aprendizagem daqueles com mentalidade de crescimento aumentou significativamente.

De posse dessas pesquisas já citada anteriormente, foi desenvolvida uma teoria denominada de mentalidades matemáticas, onde ela indica abordagens para se ensinar matemática, tais como abrir a atividade para que haja métodos, rotas e representações variadas, investigação (ou seja, uma abordagem multidimensional), perguntar o problema antes de ensinar o método (essa método também é conhecida como a aprendizagem baseada em problemas), utilizar de componentes visuais, utilizar uma mesma atividade para torná-la de piso baixo e teto alto (começar a resolver o básico, o mais óbvio e levar os alunos a problemas mais complexos) e encorajar os alunos a serem céticos, ou seja, sempre argumentarem em frente a um nova teoria ou método. Analisaremos algumas dessas abordagens no decorrer desse texto.

Daly, Bourgaize, & Vernitski (2019) fizeram uma pesquisa para descobrir como a teoria de mentalidades matemáticas (MM) desenvolvida pela professora Jo Boaler e colaboradores (Boaler, 2018), influenciavam na motivação para aprender matemática e na atividade cerebral dos alunos. Foram recrutados 23 alunos de graduação do departamento de Ciências Matemáticas da Universidade de Essex, matriculados no primeiro ou segundo ano do curso. A média de idade era de 20 anos. Os alunos utilizam um computador, caneta e papel. Antes de resolver os problemas propostos, os estudantes relatavam sua sensação atual do seu nível de motivação através das três afirmações adaptadas do PISA, utilizando escalas de Likert de 5 pontos: “estou fortemente motivado para resolver o problema”, “Pretendo me esforçar muito para resolver o problema” e “Fazer bem esse problema significa muito para mim”. Eles também foram solicitados a relatar o atual estado afetivo dele, através de uma autoavaliação. Logo então, era proposto um problema para resolver, no estilo padrão ou no estilo de mentalidades matemáticas (MM). O tempo dado para resolver cada questão era de 5 minutos. Após resolver o problema, o aluno novamente relatava o seu nível de motivação fazendo uma autoavaliação na escala de Likert de 5 pontos para as perguntas: “Eu estava fortemente motivado para resolver o problema”, “Eu coloquei um bom esforço para resolver o problema” e “Resolver bem esse problema significou muito para mim”. Eles resolveram um total de 10 questões, escolhidas de forma aleatória entre problema padrão ou problema MM. Algo interessante é que os participantes não conheciam a teoria das mentalidades matemáticas antes do experimento.

A pesquisa mostrou que problemas elaborados com a abordagem de mentalidades matemáticas produziram um aumento significativo no nível de motivação, enquanto os problemas padrões diminuíram os níveis de motivação. Uma argumentação plausível é que problemas desenvolvidos de forma padrão, formam uma autoimagem negativa no aluno quando ele não consegue resolvê-lo. Porém, quando o aluno falha na resolução de um problema MM, ele sempre é visto com uma oportunidade de aprendizagem.

Enquanto resolviam os problemas, os alunos também foram submetidos a um EEG – Eletroencefalograma, que mede os impulsos elétricos para monitorar a atividade cerebral. Através do EEG, foi constatado uma forte atividade no lado esquerdo do córtex pré-frontal, que é responsável pela motivação e engajamento, quando os alunos respondiam problemas do tipo MM, algo que pesquisas anteriores, tais como (Harmon-Jones, et al., 2008) e (Soltanlou, et al., 2018) mostraram que ocorria o inverso: quando alunos trabalham com problemas desafiadores, as atividades cerebrais relacionadas a motivação decrescia.

A estimulação emocional dos alunos, ou seja, transformar mentalidades fixas em mentalidades de crescimento, é o primeiro passo para a mudança. Porém isso não basta. A neuroeducação aponta, também, algumas estratégias ou métodos de ensino que colaboram para uma aprendizagem mais eficaz da matemática, sempre tendo como base como nosso cérebro aprende. A seguir discutiremos três desses métodos: Resolução de Problemas, Modelagem Matemática e a utilização de componente visual. Já existem várias pesquisas mostrando a funcionalidade desses métodos, porém traremos a visão da neuroeducação no que diz respeito a esses temas.

Devemos levar em conta do que se chama de "estilo de aprendizagem" que se refere ao fato de que os indivíduos aplicam estratégias específicas para aprender. Embora possam variar de acordo com o que se pretende aprender, as pessoas tendem a aplicar preferências que definem um estilo de aprendizagem. Aspectos cognitivos, afetivos e fisiológicos são indicadores de como os alunos percebem as informações e interações, e como eles respondem a diferentes ambientes de aprendizagem. Tudo isso implica em como os alunos estruturam conteúdos, interpretam informações, formam e utilizam conceitos, selecionam meios de representação e resolvem problemas, entre outros recursos. A noção de que cada pessoa aprende de forma diferente das outras é o que nos leva a buscar as formas mais adequadas de aprimorar o ensino (Schilardi, León, Segura, & Polenta, 2019).

Os mesmos autores ainda chamam a atenção para basicamente dois tipos de alunos: os sensitivos e os intuitivos. Os sensitivos são os que captam as informações externas sensorialmente através da visão, audição e sensações físicas. Para captar as informações eles

preferem representações visuais, diagramas, ou seja, recordam melhor o que “veem”. Alunos sensitivos são concretos, práticos, orientados por fatos e procedimentos; gostam de resolver problemas seguindo procedimentos bem estabelecidos; eles tendem a ser pacientes com os detalhes; gostam do trabalho prático; memoriza fatos com facilidade; eles gostam de aulas nas quais você vê conexões com o mundo real. Já os alunos intuitivos são os captam informações externas através de memórias, ideias e leituras. Eles preferem obter informações de forma escrita ou falada, ou seja, recordam melhor o que leem e ouvem. Eles se caracterizam por serem conceituais; criativos; se orientam por teorias e significados; gostam de inovar e não podem aprender repetindo; preferem descobrir possibilidades e relacionamentos; pode compreender rapidamente novos conceitos; trabalham bem com abstrações e formulações matemáticas; não gosto de aulas que exigem muita memorização ou cálculos de rotina (Schilardi, León, Segura, & Polenta, 2019).

Este é o motivo pelo qual, nesse trabalho, abordaremos três estratégias de ensino e não apenas uma, pensando justamente que qualquer classe possui estes dois tipos de alunos, sendo assim, não podemos nos focar em apenas um método de ensino. Vejamos nas próximas subseções, referenciais teóricos para esses métodos.

1.2.1 O aluno como participante ativo na aprendizagem: resolução de problemas

No processo de evolução acadêmica e pessoal do aluno, o professor deve estimular a sua autonomia. Para isso é necessário que o aluno seja um participante ativo da aprendizagem e tenha a possibilidade de escolha. O objetivo da aula não deve ser cumprir a todo custo um plano de ensino pré-estabelecido, mas fazer com que os alunos aprendam. O professor deve ceder parte do protagonismo para o aluno. Sendo assim, a utilização de metodologias ativas como a aprendizagem baseada em projetos ou baseado na resolução de problemas torna-se essencial (Guillén, 2017).

Os alunos consolidam melhor as informações na memória de longo prazo quando participam de forma ativa da aprendizagem, sendo assim mais benéfico que se ensinem entre si, realize experimentos ou avaliem conteúdos (Tokuhama-Espinosa, 2008).

Corroborando com as falas acima, Cosenza & Guerra afirma que:

Um ambiente estimulante e agradável pode ser criado envolvendo os estudantes em atividades em que eles assumam um papel ativo e não sejam meros expectadores. Lições centradas nos alunos, o uso da interatividade, bem como a apresentação e a supervisão de metas a serem atingidas são também recursos

compatíveis com o que conhecemos do funcionamento dos processos atencionais. (2011, p. 48)

Nesse mesmo pensamento, Moran (2013, p.34) destaca que

Não podemos dar tudo pronto no processo de ensino e aprendizagem. Aprender exige envolver-se, pesquisar, ir atrás, produzir novas sínteses, é fruto de descobertas. O modelo de passar conteúdo e cobrar a sua devolução é insuficiente. Com tanta informação disponível, o importante para o educador é encontrar a ponte motivadora para que o aluno desperte e saia do estado passivo, de espectador. Aprender hoje é buscar, comparar, pesquisar, produzir, comunicar. Só a aprendizagem viva e motivadora ajuda a progredir.

Uma forma que os professores possuem de dar um papel ativo para os alunos é apresentar o problema antes de ensinar o método. Quando o problema é apresentado antes de oferecer o método ou fórmula para resolvê-lo damos ao aluno a oportunidade de utilizar a intuição (Boaler, 2018).

Para afirmar isso, Boaler (2018) se baseou, entre tantas outras, na pesquisa feita por Schwartz & Bransford (1998), em que eles compararam três maneiras de ensinar matemática para três grupos de alunos: para o primeiro grupo, foi apresentar o método e resolver problemas; para o segundo grupo, alunos eram incentivados a descobrir o método por meio de exploração; e o terceiro grupo recebia problemas aplicados para trabalhar, antes de saberem como resolver e depois o professor explicava os métodos. Foi exatamente o terceiro grupo que obteve os melhores resultados.

Van de Walle (2001) define um problema como uma tarefa ou atividade que não possui regras ou métodos pré-estabelecidas. Um problema “é tudo aquilo que não se sabe fazer, mas que se está interessado em fazer” (Onuchic & Allevato, 2011).

Um problema é um instrumento que pode ser utilizado para gerar um trabalho que estimule o aluno a refletir e problematizar uma situação problema, utilizando um processo de codificação e decodificação sobre as ideias matemáticas presentes no problema proposto. Diante disso, o aluno é impulsionado a refletir, organizar e sintetizar as informações fornecidas que o levarão à construção de novas ideias e conhecimentos, novos problemas, novas reflexões e sínteses. A proposição e exploração do problema ocorre durante todo o processo. Isso impulsiona tanto o trabalho da resolução de problemas como o da proposição de problemas. (Santos & Andrade, 2020 apud Andrade, 1998,2017).

Ainda citando as mesmas autoras, elas nos trazem uma lista de razões pela qual a resolução de problemas se torna tão importante para a aprendizagem de matemática, retiradas de várias pesquisas sobre o tema de resolução de problemas:

- Resolução de problemas coloca o foco da atenção dos alunos sobre as ideias matemáticas e sobre o dar sentido.
- Resolução de problemas desenvolve poder matemático nos alunos, ou seja, capacidade de pensar matematicamente, utilizar diferentes e convenientes estratégias em diferentes problemas, permitindo aumentar a compreensão dos conteúdos e conceitos matemáticos.
- Resolução de problemas desenvolve a crença de que os alunos são capazes de fazer matemática e de que a Matemática faz sentido; a confiança e a autoestima dos estudantes aumentam.
- Resolução de problemas fornece dados de avaliação contínua, que podem ser usados para a tomada de decisões instrucionais e para ajudar os alunos a obter sucesso com a matemática.
- Professores que ensinam dessa maneira se empolgam e não querem voltar a ensinar na forma dita tradicional. Sentem-se gratificados com a constatação de que os alunos desenvolvem a compreensão por seus próprios raciocínios.
- A formalização dos conceitos e teorias matemáticas, feita pelo professor, passa a fazer mais sentido para os alunos. (Onuchic & Allevato, 2011)

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Brasil (1998, p.41), já enfatizavam em seu texto sugestões de como a matemática deveria ser abordada através da resolução de problemas, como vemos:

[...] o problema certamente não é um exercício em que o aluno aplica, de forma quase mecânica, uma fórmula ou um processo operatório. Só há problema se o aluno for levado a interpretar o enunciado da questão que lhe é posta e a estruturar a situação que lhe é apresentada; [...] um problema matemático é uma situação que demanda a realização de uma sequência de ações ou operações para obter um resultado. Ou seja, a solução não está disponível de início, mas é possível construí-la. [...].

Com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), deu-se ainda mais ênfase a importância de utilizar esse método na educação básica:

Os processos matemáticos de resolução de problemas, de investigação, de desenvolvimento de projetos e da modelagem podem ser citados como formas privilegiadas da atividade matemática, motivo pelo qual são, ao mesmo tempo, objeto e estratégia para a aprendizagem ao longo de todo o Ensino Fundamental. Esses processos de aprendizagem são potencialmente ricos para o desenvolvimento de competências fundamentais para o letramento matemático (raciocínio, representação, comunicação e argumentação) e para o desenvolvimento do pensamento computacional (Brasil, 2018, p. 264)

Como utilizar essa método de forma correta? Mendes & Proença (2020, p. 3) citam Brito (2006) que afirma que “o ato de resolver um problema envolve um processo de pensamento, baseado em quatro etapas de resolução de problemas, denominadas por: representação, planejamento, execução e monitoramento”.

Vejam os abaixo em que consiste cada etapa dessas: a) representação ou compreensão – envolve a compreensão do problema pela pessoa que o tenta resolvê-lo. Qual a incógnita? Quais os dados? É possível satisfazer uma condição? Tem como desenhar uma figura para ajudar a compreender? Essa etapa é decisiva, pois se o aluno não compreender o problema proposto, pode gerar o fracasso nas etapas seguintes e levá-lo a não conseguir a resposta do problema; b) planejamento – nessa etapa, o aluno irá traçar estratégias que o levem a organizar os dados do problema de uma forma que ele possa obter a resposta. Ele deve se perguntar se ele já viu aquele problema antes, ou se já viu o mesmo problema apresentado de forma ligeiramente diferente, ou se conhece algum problema que lhe pode ser útil. c) execução – o aluno executar os cálculos matemáticos utilizando as estratégias obtidas no planejamento. As questões levantadas nesse passo devem ser: é possível verificar se o passo está correto e é possível demonstrar que ele está correto? d) monitoramento ou verificação – a etapa final busca verificar se a resposta realmente responde o problema proposto e em verificar se o processo de resolução foi adequado. Nessa etapa, é relevante fazer as seguintes indagações: é possível chegar ao resultado? Existem outros caminhos para se chegar ao resultado? É possível utilizar a mesma estratégia para se resolver outro problema? (Proença, 2018; Polya, 2006)

Proença (2018) propõe uma sequência de cinco ações para trabalhar o ensino aprendizagem via resolução de problemas como mostra o esquema da figura 4 abaixo

Figura 4: Ações para o ensino-aprendizagem através da resolução de problemas

Fonte: Retirado de Proença (2018, p. 46)

Meneghelli & Possamai (2019) apresentaram uma pesquisa que tinha por objetivo avaliar a utilização do software Geogebra em uma abordagem de Resolução de Problemas para a compreensão das funções seno e cosseno. Foi utilizada a da Resolução de Problemas para aprender um novo conceito e procedimento, baseado na pesquisa de Allevalo & Onuchic (2014). Foram aplicadas uma sequência de atividades em uma turma de 2º ano do ensino médio em uma escola pública. Participaram 27 estudantes, que atuaram em 13 grupos mediados pelas pesquisadoras e o professor de matemática da turma. A proposta da turma era que eles construíssem, como resultado da resolução de problemas, a identificação das funções seno e cosseno, relacionadas a lei de formação, parâmetros gráficos e suas principais características. Ao final das resoluções, os grupos apresentavam seus resultados, defendendo seus pontos de vista, apresentando e argumentando os resultados obtidos. Era feito então uma busca pelo consenso das resoluções apresentadas, para a partir daí, construir os conceitos matemáticos. As autoras destacam que ao início das atividades, os alunos mostravam-se inseguros e solicitavam com frequência o professor e a pesquisadora para verificação dos resultados obtidos. Porém, ao passar do tempo, eles foram ganhando confiança em suas próprias decisões e testando suas próprias hipóteses, desenvolvendo a autonomia, segurança e criatividade nos alunos, além do desenvolvimento do trabalho colaborativo. Cabe salientar também que os estudantes levantaram suas próprias hipóteses, avaliaram suas próprias soluções e as dos colegas do grupo, e construíram a ideia do erro como parte integrante do processo de construção do encontro da solução. “Nessa perspectiva, pode-se dizer que os estudantes, através dos problemas propostos e por eles resolvidos, fizeram matemática em sala de aula, com sentido e compreensão” (Meneghelli & Possamai, 2019, p. 510).

Essa estratégia de ensino é denominada de resolução de problemas que tem por objetivo de colocar o aluno como participante ativo, pois, diante de um problema proposto

pelo professor, ele irá buscar formas de resolvê-lo com a bagagem de conhecimento que ele já possui. No método de resolução de problemas “o problema é ponto de partida e, na sala de aula, através da resolução de problemas, os alunos devem fazer conexões entre diferentes ramos da Matemática, gerando novos conceitos e novos conteúdos” (Onuchic & Allevato, 2011, p. 81).

Quando, ao invés de reproduzir métodos, os alunos são desafiados a sugerir ideias para solucionar um problema, temos uma verdadeira transformação na sala de aula, pois damos a ele o papel principal na aprendizagem, ele se torna um pesquisador em busca de encontrar respostas para seus questionamentos. Questões matemáticas podem ser propostas de modo aberto onde o aluno busque várias formas de resolvê-la. Devemos encorajar os alunos a utilizarem a intuição, a criatividade para solucionar problemas. (Boaler, 2018)

1.2.2. Transformando problemas reais e problemas matemáticos: Modelagem Matemática

Juntamente com a resolução de problemas, em diversos temas das matemáticas, podemos utilizar a modelagem matemática, “que consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” (Bassanezi, 2015, p. 16).

Boaler afirma que “um dos principais motivos que as crianças mencionam para não gostarem de matemática é a natureza abstrata e a desconexão com o mundo que envolvem a disciplina” (2018, p.166). E sempre que um professor de matemática inicia um novo conteúdo, utilizando apenas definições e métodos, logo se pode ouvir a pergunta: onde eu aplico isso na minha vida? Para que eu estudo isso?

Cosenza & Guerra (2011, p. 45), ainda acrescentam:

Terá mais chance de ser significativo aquilo que tenha ligações com o que já é conhecido, que atenda a expectativas ou que seja estimulante e agradável. Uma exposição prévia do assunto a ser aprendido, que faça ligações do seu conteúdo com o cotidiano do aprendiz e que crie as expectativas adequadas é uma boa forma de atingir esse objetivo.

A modelagem matemática tornou-se uma grande aliada no ensino de matemática pois ela tenta levar ao aluno situações da vida real, tornando um problema de contas sem sentido, em algo significativo. E essa é a perspectiva apresentada por D’Ambrósio (1986, p.11)

“Modelagem é um processo muito rico de encarar situações e culmina com a solução efetiva do problema real e não com a simples resolução formal de um problema artificial”.

Para Nunes et al. (2009, p.58), nos traz que

Hans Freudenthal propunha que todo conceito matemático esteja ligado a alguma realidade fenomenológica, de onde podemos partir para expandir o conceito do aluno. Há sempre novas possibilidades de expansão do conceito, englobando novos instrumentos de raciocínio, novas realidades fenomenológicas, ou novas relações lógicas e matemáticas.

De acordo com Biembengut e Hein (2003, p. 16) “A Modelagem Matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. A Matemática e a realidade são conjuntos disjuntos que podem ser levadas à interação através da Modelagem. Segundo os mesmos autores o processo de Modelagem pode ser dividido em três etapas principais, apresentadas a seguir:

1. Etapa – Interação com o problema. Nesta etapa é realizado o primeiro contato entre o aluno e a situação problema e, caso haja necessidade, a busca de mais informações para uma melhor compreensão e familiarização do tema em questão;
2. Etapa - Matematização. Identificar e formular o problema a partir da identificação de um modelo que pode ser, segundo Biembengut e Hein (2003), como “um conjunto de expressões aritméticas ou fórmulas, ou equações algébricas, ou gráfico, ou representação, ou programa computacional, que levem à solução ou permitam a dedução de uma solução” (2003, p. 14).
3. Etapa – O Modelo Matemático - Nesta etapa verificamos a validação do Modelo que obtivemos na etapa anterior e analisaremos sua confiabilidade de sua utilização na situação modelo e, caso não seja confiável, alunos e professores deverão retornar à segunda etapa na busca de uma melhor adequação dele.

Costa & Almeida (2017) aplicou uma sequência didática em alunos do 3º ano de uma Escola Pública de São Paulo utilizando a modelagem matemática para a aprendizagem e compreensão da periodicidade da função tangente. Participaram da pesquisa 25 alunos que foram divididos em grupos de cinco alunos. A sequência foi composta por oito atividades partindo dos dados que os alunos obtiveram da medição da sombra de uma haste em relação

ao sol por dois dias, a cada trinta minutos no período das 08:00 às 15:30. A primeira atividade, consistia em anotar em uma tabela os horários e o tamanho da sombra. Na segunda atividade, os alunos deveriam inserir num plano cartesiano os dados obtidos em cada medição. Já no gráfico os alunos mostraram o entendimento de que a sombra mudava de posição e a medida deveria ser apresentada como negativa. Na terceira pergunta, os alunos responderam o que aconteceria com o valor antes das 08:00 e depois das 15:30 e a maioria assertivamente respondeu que “a sombra seria muito grande, tendendo ao infinito”. Em outra pergunta, o professor questionou quais dados eles encontrariam se medissem por mais um dia e eles corretamente responderam que os mesmos, por conta da translação da terra. Nas três últimas questões, os alunos desenharam o gráfico do comportamento da função de acordo com o que eles tinham analisados nos dois dias e definiram o domínio e a imagem da função encontrada por eles. Os autores então afirmam que com as atividades, através de observação, que os alunos conseguiram obter uma aprendizagem significativa em relação a função tangente através da sequência didática proposta.

Já Silva, Madruga, & Silva (2019) analisaram as contribuições da modelagem matemática no ensino de funções do segundo grau. Elas realizaram uma pesquisa de abordagem quantitativa intervencionista, onde essa intervenção foi em 11 encontros. Participaram da pesquisa 30 alunos do curso técnico integrado ao médio de uma escola federal no município de Vitória da Conquista/BA, que foram divididos em seis grupos. Seguindo as fases propostas pela modelagem matemática, na interação com o problema, foi proposto aos alunos que investigassem sobre o tema esportes olímpicos. Coletaram dados sobre a trajetória que um objeto ou corpo descreve para então relacioná-los com a matemática. Na segunda fase – Matematização, os alunos procuraram encontrar funções quadráticas que modelassem a situação investigada por eles, utilizando para isso conceitos da Física (onde o aluno foi levado a interdisciplinaridade, no caso, entre a Matemática e a Física). Na terceira fase da modelagem – validação dos modelos, os alunos utilizaram o *software* Modellus, para validar os modelos encontrados por eles para descrever os movimentos. Apenas um dos seis grupos não conseguiu validar o modelo. Os resultados evidenciaram que a atividade permitiu aos estudantes construir o conceito de Função Quadrática, mesmo que de maneira informal, assim como a posicionarem enquanto indivíduos atuantes nesse processo de aprendizagem e principalmente que fossem desenvolvido o senso crítico e investigativo, deixando de atuar como mero expectadores, mas levando-os a construir o conhecimento através da vida real. As autoras ainda salientam a mudança da visão da professora que passou a enxergar “que o seu papel vai além de levar o conhecimento matemático para a sala de aula, mas de auxiliar seus alunos na

construção desse conhecimento, orientando-os nessa busca e que, dessa forma, o ensino se torna mais proveitoso e a aprendizagem mais instigante e motivadora” (p.115).

1.2.3 Adicionar um componente visual ao ensino de matemática: Matemática Visual

No início dessa seção citamos pesquisas dos autores Boaler, Chen, Willians, & Cordero (2016), Menon (2014), Park & Brannon (2013), os quais mostram evidências científicas da neociência de que quando vamos resolver problemas matemáticos, pelo menos cinco áreas do nosso cérebro se acendem, incluindo duas vias visuais: as vias visuais ventral e dorsal. Logo, temos mais uma forma de transmitir a matemática para um bom aproveitamento dos alunos: utilizar um componente visual no ensino, ou a matemática visual, que pode ser através de materiais manipulativos, desenhos, aplicativos e softwares etc. Isso pode, ou deve, ser utilizado não só com crianças, mas para todas as idades como uma forma de ensinar a matemática abstrata.

Adams & Victor (1993) afirma que a faculdade de visão é a nossa principal fonte de informação sobre o mundo. A maior parte do cérebro está envolvida na visão e no controle visual do movimento, a percepção e a elaboração de palavras, a forma e cor dos objetos. O nervo óptico contém mais de 1 milhão de fibras, em comparação com 50.000 no nervo auditivo. Sendo assim, devemos considerá-la como a mais importante para a aprendizagem.

Arcavi (2003) descreve a visualização como sendo “a capacidade, o processo e o produto da criação, interpretação, utilização e reflexão sobre retratos, imagens, diagramas, em nossas mentes, em papel ou com ferramentas tecnológicas, com a finalidade de representar e comunicar informações, pensando e desenvolvendo ideias até então desconhecidas e entendimentos avançados” (p. 217). O mesmo autor ainda considera a matemática é uma criação humana e cultural que trabalha com objetos e entidades que se apoiam sobre a visualização em diferentes formas e níveis. Muitos acham que a visualização está presente apenas no campo da geometria, porém, podemos utilizar de visualização em campos da matemática. Na matemática “a visualização oferece um método de ver invisível” (Arcavi, 2003, p. 216).

Existe diferença entre visão e visualização. Godino, Gonzato, Cajaraville, & Fernandez (2012, p. 15) citando Durval (2002) explicam que

visão é a percepção direta de um objeto espacial; a percepção visual precisa ser explorada por meio de movimentos físicos do sujeito que vê, ou do objeto que

se olha, porque nunca dá uma apreensão completa do objeto. (...) a visualização como uma representação semiótica de um objeto, uma organização bidimensional de relações entre alguns tipos de unidades. Por meio da visualização, qualquer organização pode ser sinopticamente entendida como uma configuração, tornando visível tudo o que não é acessível à visão e proporcionando uma compreensão global de qualquer organização de relacionamentos. A visualização levanta três problemas do ponto de vista da aprendizagem: (1) discriminação das características visuais relevantes; (2) processamento figural, mudanças entre registros visuais (decompor, recompor uma figura; reconfiguração); mudança de perspectiva, ...; (3) coordenação com o registro discursivo.

Até a utilização de dedos é essencial para a aprendizagem matemática, principalmente em crianças, é o que foi descoberto por Berteletti & Booth (2015) citado por Boaler, Chen, Willians, & Cordero (2016, p. 2):

quando crianças entre 8 e 13 anos receberam problemas complexos de subtração, a área somatossensorial dos dedos foi ativada, mesmo sem elas usarem as mãos para contagem. Outra constatação é que a área de representação dos dedos estava ainda mais envolvida em problemas bem complexos, com números maiores.

Boaler, Chen, Willians, & Cordero (2016) ainda afirmam que quando crianças de 6 anos de idade melhoravam suas representações com os dedos, elas também avançavam no conhecimento em aritmética tendo uma “percepção instantânea” de contagem e ordenação de números. Uma boa representação nos dedos pode indicar o sucesso na matemática, mais do que testes de processamento cognitivo. “A recomendação dos neurocientistas é que os dedos sejam entendidos como a conexão entre os números e sua representação simbólica, além de um suporte externo para o aprendizado de problemas aritméticos” (Boaler, Chen, Willians, & Cordero, 2016, p. 2).

Matthew Peterson, cofundador, cientista sênior e diretor técnico do *MIND Research Institute*, conta em sua palestra denominada *Teaching without words* (em português: Ensinando sem palavras), que é disléxico e tinha bastante dificuldade de compreender problemas matemáticos da forma que eram trazidos em sala de aula, ou seja, através de palavras. Até que um dia se surpreendeu com uma citação de Einstein, que também era disléxico: “As palavras da linguagem, da maneira como são escritas ou faladas, não desempenham nenhum papel no

meu mecanismo de pensamento”. Isso lhe serviu de inspiração para iniciar suas pesquisas de como seria possível ensinar matemática com excelência sem palavras. Ele cita uma pesquisa feita com alunos do estado da Califórnia – EUA, em que, como no resto do mundo, a grande parte do processo de ensino é feito através da linguagem. Lá, 25% dos estudantes são aprendizes da língua inglesa, outros 15% têm dificuldades de aprendizagem baseadas na linguagem, como a dislexia, outros 20% são reprovados em testes de compreensão de linguagem, uma grande parte se define como aprendizes visuais, então apenas uma minúscula parte dos alunos se adaptam bem aos métodos de ensino utilizando linguagem. Uma equipe então criou jogos para ensinar, desde formas geométricas, até álgebra, sem utilizar nenhuma palavra. Mas como os alunos saberão o que fazer? Através do *feedback* informativo. Se o aluno fizer errado, ele mostra porque ele errou. E, quando o aluno acerta, ele mostra porque acertou. Para termos uma ideia, a figura mostra um problema que envolve saber quantos sapatos são necessários para calçar quatro robôes, sendo que cada um deles possuem três pernas, mas isso não está escrito lá.

Figura 5: Tela de um dos jogos disponíveis na plataforma STMat



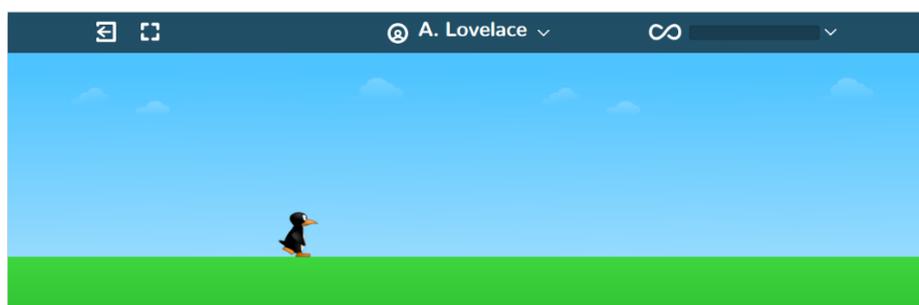
Nota. Quantos sapatos são necessários para calçar os quatro robôes? *Print* de um dos jogos disponíveis na plataforma. Extraído de <https://www.stmath.com/play/leg-drape?hsCtaTracking=92b908ff-a385-4ec5-91dd-4f75f910f61a%7Cde45b2da-3073-461b-bb3e-430da8762414>

Caso o aluno marque, por exemplo, 17 sapatos, irão sobrar cinco sapatos e o pinguim não conseguirá atravessar a tela.

Figura 6: Tela de jogo disponível na plataforma STMath

Nota. Escolha do número errado de sapatos. Extraído de <https://www.stmath.com/play/leg-drape?hsCtaTracking=92b908ff-a385-4ec5-91dd-4f75f910f61a%7Cde45b2da-3073-461b-bb3e-430da8762414>

Mas, se o aluno marcar a quantidade correta de sapatos, que, no caso é doze, o pinguim conseguiria atravessar a tela e então o aluno passaria para a próxima fase.

Figura 7: Tela de jogo disponível na plataforma ST Math.

Nota. Caso o Número correto de sapatos seja selecionado, o pinguim consegue atravessar a tela. Extraído de <https://www.stmath.com/play/leg-drape?hsCtaTracking=92b908ff-a385-4ec5-91dd-4f75f910f61a%7Cde45b2da-3073-461b-bb3e-430da8762414>

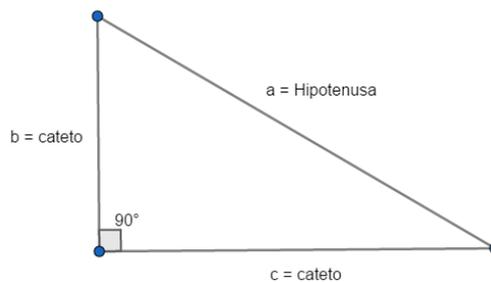
O que parece tão sem lógica, na verdade está ensinando ao aluno o conceito de multiplicação, pois, se eu tenho quatro robôs e cada um possui três pernas, então multiplico a quantidade de robôs pela quantidade de pernas, no caso, $4 \times 3 = 12$. Mas percebemos nas figuras acima que em nenhum momento foi utilizado palavras para isso.

Os jogos criados pela equipe de Peterson, permitem que os estudantes toquem, sintam, vejam e interajam com a matemática e com isso são capazes de elucidar muitos dos mistérios em relação ao porquê e como a matemática funciona. Eles criaram centenas de jogos para ensinar todos os conceitos matemáticos desde a pré-escola até a álgebra 1. Mas será que funciona com todos os alunos? Para verificar isso, a Universidade da Califórnia em Irvine,

aplicou esses jogos visuais em 106 escolas em Orange County e, depois de um ano, triplicou-se a taxa de proficiência em matemática, entre 2010 e 2011. No ano letivo 2016-2017, 29.290 alunos em 185 escolas parceiras ST Math® em 13 estados mostraram um aumento médio nas classificações todo o estado de 7,88 pontos percentuais, em comparação com -1,16 pontos percentuais para escolas de controle semelhantes (Peterson, 2020).

Por exemplo, nos cursos superiores de licenciatura e bacharelado em matemática, são vistas inúmeras demonstrações de proposições e teoremas, desde mais simples a mais complexos onde vemos a maioria dos alunos com dificuldade de compreender, de seguir o raciocínio da demonstração. Por exemplo, como demonstrar visualmente o famoso Teorema de Pitágoras, que nos diz que em qualquer triângulo retângulo (tipo de triângulo que possui um ângulo interno de 90°), a sua hipotenusa (lado do triângulo oposto ao ângulo de 90°) elevada ao quadrado é igual à soma dos quadrados dos catetos (lados opostos aos ângulos menores que 90°).

Figura 8: Triângulo Retângulo



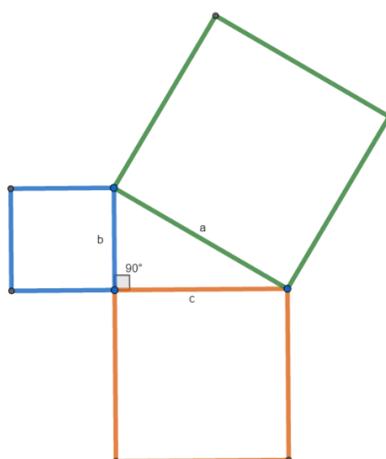
Fonte: Elaboração Própria

De forma algébrica, utilizando os dados da Figura 8, podemos expressar o teorema da seguinte forma: $a^2 = b^2 + c^2$. O problema é que muitas das vezes isso não faz nenhum sentido ao aluno, onde ele poderá memorizar a fórmula simplesmente por repetição. Mas o professor pode dar sentido a esse teorema utilizando de componentes visuais. Em geometria aprendemos que a área de um quadrado é igual ao seu lado elevado ao quadrado, por exemplo, se temos um quadrado de lado 3, a área desse quadrado será $3^2 = 9$. Daí, nós podemos então visualizar o Teorema de Pitágoras como na Figura 9, onde a^2 , b^2 e c^2 , são respectivamente as áreas dos triângulos verde, azul e laranja, que é chamado de Argumento de Perigal. O que o professor deve mostrar é que a área do triângulo azul unida com a área do triângulo laranja, cabem inteiramente dentro do triângulo verde.

Existem diversas formas de se mostrar visualmente o teorema. Na

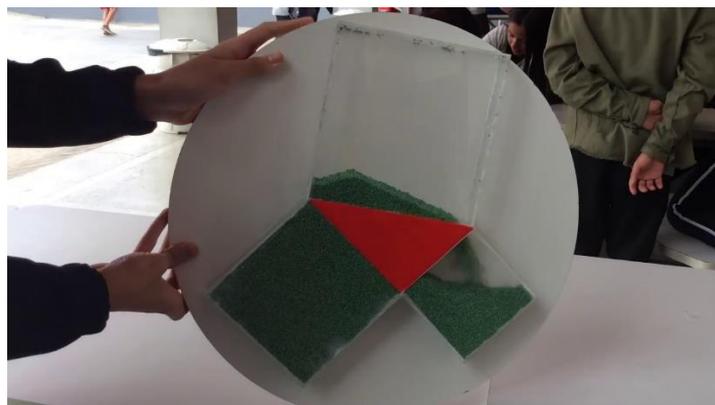
Figura 10 temos um exemplo utilizando areia, mas pode ser utilizado bolinhas de gude, pequenos quadrados, e softwares de geometria dinâmica, tal como o Geogebra, como podemos ver na Figura 11, em que o controle de movimento está em 0 e as áreas estão dentro dos catetos e Figura 12, em que o controle de movimento foi colocado na posição 10, em que as áreas correspondente aos catetos foram transladados para a área correspondente a hipotenusa.

Figura 9: Áreas formadas pelos lados do triângulo

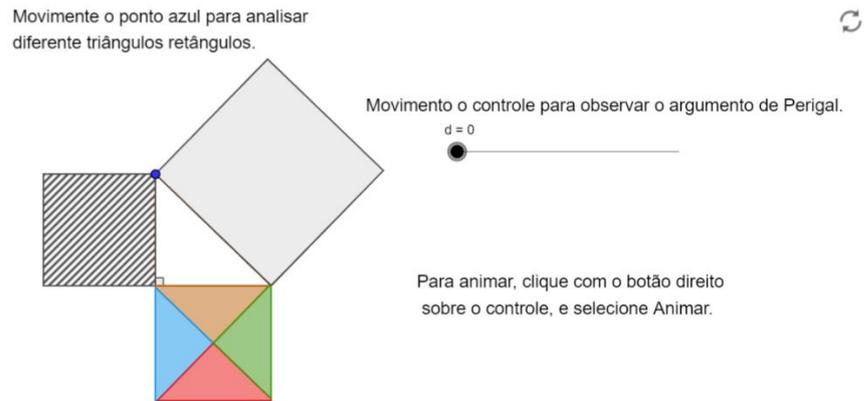


Fonte: Elaboração Própria.

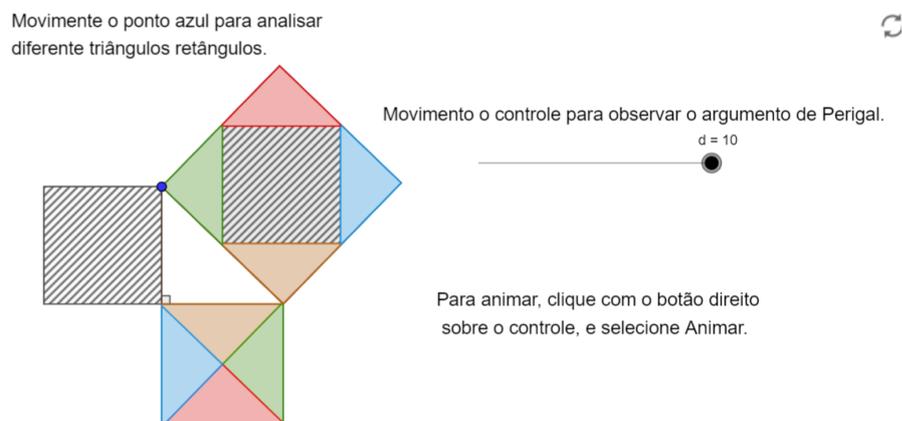
Figura 10: Demonstração do Teorema de Pitágoras com auxílio visual



Fonte: Extraído de <https://certus.com.br/blog/2019/matematica-demonstracao-fisica-teorema-de-pitagoras/>

Figura 11: Demonstração do Teorema de Pitágoras utilizando o software Geogebra.

Nota. O controle de movimento está na posição 0. Disponível em <https://www.geogebra.org/m/Rd6fEhmD>.

Figura 12: Demonstração do Teorema de Pitágoras utilizando o software Geogebra

Nota. O controle de movimento agora está na posição 10, finalizando todo o movimento dos blocos. Disponível em <https://www.geogebra.org/m/Rd6fEhmD>

Falemos um pouco mais a respeito do Geogebra. O Geogebra (aglutinação das palavras Geometria e Álgebra), como já foi citado acima, é um software de matemática dinâmica, multiplataforma, que pode ser utilizado nos mais diversos níveis de ensino. Pode ser utilizado como ferramenta auxiliar de ensino na geometria plana, geometria espacial, álgebra, funções e até estatística e probabilidade. Ele é um software livre, ou seja, está disponível para todos, facilitando sua distribuição e o que o tornou o mais conhecido no mundo. Existem diversas pesquisas sobre como a sua utilização pode facilitar o ensino-aprendizagem de matemática.

Nogueira & Braga (2017) apresentaram uma pesquisa de abordagem quantitativa, do tipo participativa, com 36 alunos de ensino médio de uma escola pública de Brasília, Distrito

Federal. O objetivo da pesquisa era mudar a atitude dos alunos frente à atividade lúdica matemática e o interesse de se resolver problemas de diversas formas. O tema escolhido dentro da Matemática foi a trigonometria. Para isto, foram propostas duas atividades, cada uma delas em dois dias, onde eles puderam utilizar o Geogebra para resolução de problemas de trigonometria no triângulo retângulo. No primeiro momento, eles aprenderam os conceitos e ideias da trigonometria no triângulo retângulo, já com o auxílio do Geogebra e no segundo dia, tiveram que calcular a altura de um prédio contida em uma figura. As pesquisadoras concluíram que durante o desenvolvimento das atividades, os estudantes aprendiam e ao mesmo tempo se divertiam, à medida que buscavam solucionar os problemas propostos. Elas citam as falas de alguns alunos que comprovam a mudança de concepção daqueles alunos em relação a matemática:

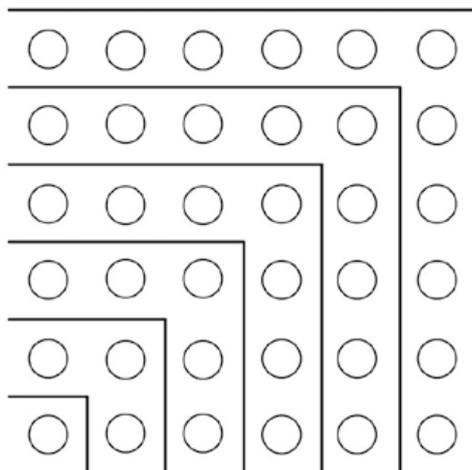
1) Nós, alunos do 2º ano D, dedicamos sincera gratidão ao privilégio de obter novos conhecimentos na matemática. Hoje, podemos entender as razões trigonométricas, seno, cosseno e tangente. Obrigada! Sucesso! (Giovana e Edna, 17 e 15 anos, 2013); 2) Quando temos aulas práticas, facilita bastante o entendimento. E a relação seno ficou de forma mais simples e de fácil entendimento (Pablo e José, 15 e 16 anos, 2013); 3) Usamos nossa criatividade, entretenimento, descontração, e não ficamos só escutando o professor falar (Carlos e Isabela, 16 e 16 anos, 2013); 4) Foi muito bom, foi uma experiência diferente, mas muito agradável (Igor e Renato, 16 e 16 anos, 2013); 5) Fez com que eu interpretasse melhor as questões de trigonometria, e racionasse melhor (Ana Clara, 17 anos, 2013); e 6) Maravilhosa. Além de ter a oportunidade de obter novos conhecimentos, é dinâmico (Vitor e Augusto, 15 e 16 anos, 2013). (Nogueira & Braga, 2017, p. 128)

Podemos utilizar matemática visual também para melhor compreensão de definições matemáticas utilizando codificação por cores para identificar conexões, para dar soluções visuais para problemas numéricos ou em demonstrações algébricas de teoremas.

Um exemplo de como podemos fazer uma demonstração “visual” é mostrada por Godino, Gonzato, Cajaraville, & Fernandez (2012). O problema é demonstrar que a soma dos n primeiros números primos é igual a n^2 . Em linguagem matemática

$$1 + 3 + 5 + \dots + (2n - 1) = n^2$$

No ensino superior, para se demonstrar isso algebricamente, podemos utilizar a indução matemática. Mas podemos demonstrá-la de modo visual utilizando a Figura 13 proposta por (Brown, 1997)

Figura 13: Demonstração por imagem de $1 + 3 + \dots + (2n - 1) = n^2$ 

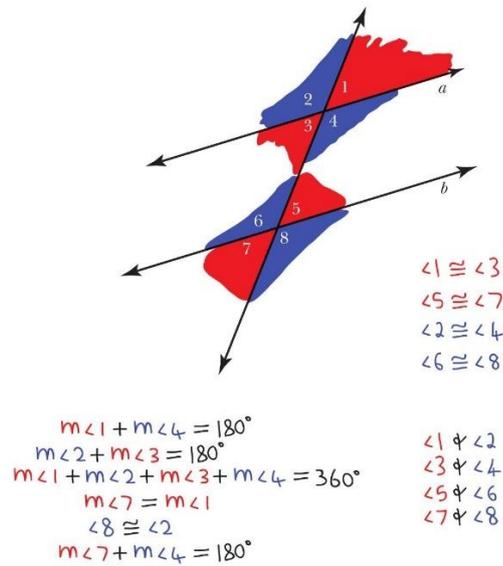
Fonte: Extraído de (Brown, 1997, p. 169)

Na figura, a soma foi representada por círculos. Vemos retículos quadrados encaixados partindo de 1 ponto e vão sendo adicionados 3, 5, 7, 9, 11. Primeiro observamos que cada passo corresponde a soma de um número ímpar, $1 = 2 \times 1 - 1$, $3 = 2 \times 2 - 1$, $5 = 2 \times 3 - 1$, $7 = 2 \times 4 - 1$, $9 = 2 \times 5 - 1$ e $11 = 2 \times 6 - 1$, sendo assim, o número é sempre da forma $2n - 1$. A quantidade de pontos em cada passo é $1^2, 2^2, 3^2, 4^2, 5^2, 6^2$, ou seja, n^2 , por exemplo, no sexto passo na figura temos $11 = 2 \times 6 - 1$ e temos um total de 36 pontos, que é exatamente 6^2 .

A Figura 14, nos traz um exemplo de como podemos utilizar as cores para fixar a definição de congruência entre ângulos entre duas retas paralelas cortadas por uma transversal, onde em uma atividade, aplicada na RAILSIDE SCHOOL, onde foi solicitado aos alunos que primeiro usasse cores para identificar ângulos congruentes, segundo, identificasse ângulos opostos pelo vértice e suplementares e terceiro, usasse cores e escrevesse todas as relações possíveis. (Boaler, 2018)

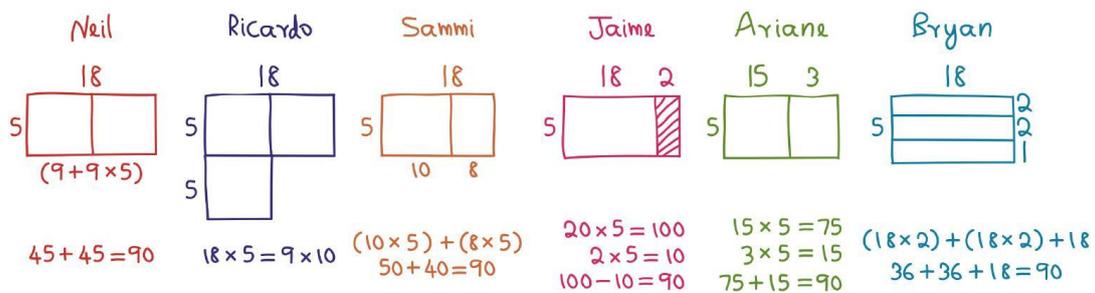
A professora Jo Boaler solicitou a uma equipe de uma empresa norte-americana onde ela prestou consultoria que encontrassem formas algébricas de resolver 18×5 . Ela aponta que houve pelo menos seis formas diferentes de se resolver o problema. Ela então representou essas seis formas visualmente, como podemos ver na Figura 15. À medida que ela foi apresentada cada solução encontrada e representando pictoriamente essas soluções, os participantes se empolgavam e declararam que nunca tinham imaginado que haveria várias maneiras de pensar sobre um problema numérico abstrato e ainda haver representação visual que mostrasse com clareza a matemática (Boaler, 2018).

Figura 14: Codificando ângulos congruentes por cores



Fonte: Extraído de Boaler (2018, p. 73)

Figura 15: Soluções visuais para 18×5



Fonte: Extraído de Boaler (2018, p. 52)

Tomando como base essas pesquisas citadas aqui, podemos perceber o grande potencial que a matemática visual possui para o auxílio da aprendizagem matemática, desde temas simples, como os mais complexos.

3. METODOLOGIA

Esta é parte mais importante desse trabalho, pois como afirma Lakartos & Marconi (2017), “a utilização de métodos científicos não é da alçada exclusiva da ciência, mas não há ciência sem o emprego de métodos científicos”. As autoras citam Cervo; Bervian & Silva (2014, p.27) para dar uma definição de método:

Em seu sentido mais geral, o método é a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir um certo fim dado ou um resultado desejado. Nas ciências, entende-se por método o conjunto de processos empregado na investigação e na demonstração da verdade.

Então o método nos aponta o caminho a ser traçado para chegar ao fim da pesquisa, onde podemos comprovar as hipóteses levantadas ou refutá-las. Para que isso possa acontecer, precisamos caracterizar nossa pesquisa, de acordo com seus objetivos. Para comprovar essa fala, podemos citar Campoy (2018, p. 33), que destaca Popper, representante do racionalismo crítico, “que considerava que a ciência é um conjunto de hipóteses que são propostas como um teste com o propósito de descrever ou explicar de maneira precisa algum aspecto da natureza”.

3.1. O Problema da pesquisa

Ainda hoje, mesmo com tantas pesquisas na área da educação e do ensino de Matemática, as aulas desta disciplina resumem-se apenas a aulas expositivas com foco em cálculos, métodos e técnicas fechadas utilizadas para resolver problemas que nada tem a ver com nossa realidade, ou seja, possuem um olhar apenas quantitativo da Matemática.

Alunos do curso de Licenciatura em Matemática não conseguem desenvolver sua potencialidade no curso, por conta, muitas das vezes, da visão deturpada que possui oriunda do ensino médio e porque métodos de ensino de alguns professores das disciplinas específicas do curso corroboram que o aluno continue com a mesma visão.

A neurociência comprova que o cérebro corresponde de forma mais rápida quando o que estamos aprendendo é o que realmente queríamos aprender, ou seja, com essa prática o aluno poderá transformar conceitos que muitos consideram complexos e algo mais possível de entender. Por exemplo, a matemática visual, que é vista como algo apenas para a educação infantil e fundamental, pode ser utilizada também no ensino superior de modo a melhorar consideravelmente o pensamento matemático dos estudantes de graduação. Ela mostra ainda que as emoções influenciam diretamente no nosso aprendizado.

Sendo assim, como fazer o aluno ter uma nova visão matemática para que possa aprendê-la? Existe métodos de ensino-aprendizagem que possam levar alunos que dantes não tinham facilidade com matemática a aprender em alto nível? Os alunos poderiam enxergar a matemática como uma disciplina que busca padrões e relações e não apenas técnicas? Temos nosso principal questionamento:

Se utilizarmos estratégias propostas pela neuroeducação podemos ter uma aprendizagem mais efetiva por parte dos alunos do curso de Matemática da Universidade Estadual de Alagoas?

3.2 Objetivos da pesquisa

Buscando respostas para as questões acima, esse trabalho tem o seguinte objetivo geral: Analisar a influência das estratégias neuroeducacionais na aprendizagem matemática, na Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL).

Como objetivos específicos, temos:

1. Descrever as estratégias de ensino utilizadas por professores de matemática que estimularam ou desencorajaram a aprendizagem do aluno;
2. Listar as estratégias neuroeducacionais utilizadas por docentes no ensino da matemática na Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL).
3. Identificar a percepção que os alunos possuem sobre a matemática e;
4. Detectar as possíveis dificuldades de aprendizagem da matemática de acordo com as estratégias utilizadas pelos professores.

3.3 Desenho da pesquisa

Como pesquisa busca conhecer a visão do aluno e dos professores sobre a Matemática e a utilização de certas estratégias de ensino, O desenho da pesquisa é não experimental e descritivo, que de acordo com Campoy (2018, p. 155) “os métodos descritivos têm por objetivo a descrição de forma precisa e cuidadosa dos fenômenos, fatos e situações analisadas sem intervir sobre eles”, sendo suficiente então para alcançarmos nossos objetivos. Utilizaremos um corte transversal, onde a coleta de dados é feita somente uma única vez.

Utilizamos de um enfoque misto, que segundo Onwuegnuzie e Tuner (2007, p. 123) citado por Campoy (2018), o definem como

O tipo de investigação na qual o investigador ou um grupo de investigadores combinam elementos de abordagem de investigação qualitativas e quantitativas (por exemplo, uso de perspectiva, coleta de dados, análises e técnicas de inferência qualitativa e quantitativas) com o propósito de ampliar e aprofundar o conhecimento e sua aprofundar o conhecimento e sua corroboração (p. 123).

3.2. Unidade de análise e participantes da pesquisa.

A **unidade de análise** foram os cursos de licenciatura em matemática da Universidade Estadual de Alagoas, que possui seis campi distribuídos em seis municípios alagoanos, onde dois deles, campus I (no município de Arapiraca – AL) e o campus III (no município de Palmeira dos Índios – AL), funcionam o curso de licenciatura em Matemática.

A Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL – surgiu a partir da Fundação Educacional do Agreste Alagoano – FUNEC – que foi criada em 13 de outubro de 1970 por força da Lei nº. 719/70. A Lei nº 5.119 de 12 de janeiro de 1990 estadualiza a FUNEC que, posteriormente, passa a chamar-se Fundação Universidade Estadual de Alagoas – FUNESA. Em 17 de outubro de 2006, em solenidade no auditório do atual Campus I, a FUNESA foi transformada em UNEAL.

Em 26 de setembro de 2006, os Cursos de Matemática dos Campi I e III da UNEAL foram reconhecidos por meio da base legal Parecer nº. 316 de 26 de setembro de 2006, Processo nº. 430/2006 – CEE/AL e Resolução nº. 096/2006.

3.3 Participantes da Pesquisa

Os participantes da pesquisa foram 9 docentes e 101 discentes dos cursos de licenciatura em matemática do campus I e campus III da Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL).

3.4 Processo de Seleção de Participantes

A nossa amostra foi então não-probabilística e intencional que conforme Campoy (2018, p. 84) “é feita de forma arbitrária, em funções dos elementos que estão mais a seu alcance (que são mais acessíveis). O caso mais frequente deste procedimento é utilizar como mostra os indivíduos que se tem fácil acesso”.

3.5 Técnica de Coleta de Dados

Utilizamos para coleta de dados um questionário semiestruturado com 14 questões, sendo que 5 são sociodemográficos, incluindo questões abertas e múltipla escolha para os docentes do curso e outro questionário, nos mesmos moldes, contendo 16 questões para os discentes, onde 7 é sobre dados sociodemográficos. Propositamente, algumas questões entre os dois questionários eram semelhantes, para que pudéssemos fazer um confronto entre os dois. Os instrumentos utilizados para docentes e discentes, constam no Anexo 1 e Anexo 2 respectivamente.

3.5.1 Validação dos instrumentos de pesquisa

Após análise dos instrumentos de pesquisa para coleta dos dados da primeira etapa por parte da orientadora, os instrumentos foram enviados para 5 doutores em educação, sendo 1 da Universidad Autónoma de Asunción, 2 da Universidade Federal de Alagoas e 2 da Universidade Estadual de Alagoas, que após analisarem, sugeriram algumas sugestões, que foram acatadas, sendo feita as correções necessárias, formam assinadas por eles.

3.5.2. Ferramentas

Para aplicação dos questionários e avaliação foi utilizado o Google Formulário que é um serviço gratuito para criação formulários online, onde podem ser criados pesquisa com questões de múltipla escolha, discursivas, escalas numéricas, entre outras. A escolha dessa ferramenta também se deu pela facilidade da análise das respostas, onde são gerados automaticamente gráficos para questões de múltipla escolha ou escalas numéricas. Outro ponto importante na escolha da ferramenta, foi a facilidade de acesso para que os sujeitos participassem da pesquisa.

3.5.3. Procedimento

Primeiramente foi solicitado aos docentes e discentes do curso de matemática que respondessem os respectivos questionários. Em relação aos docentes, o questionário buscava conhecer as estratégias utilizadas por eles em suas aulas, que eles achavam que estimulavam ou desestimulava os alunos, se conheciam e faziam uso de alguma estratégia neuroeducacional

e a percepção deles sobre a matemática. Já os discentes, o questionário serviu para avaliar a percepção deles sobre a matemática e conhecer as estratégias que os professores de matemática utilizavam e se elas facilitavam ou dificultavam a aprendizagem. Algumas perguntas dos dois questionários eram semelhantes, a fim de podermos confrontar as respostas dos alunos com as respostas dos professores.

De um total de 12 docentes, 9 responderam ao questionário. E, de um total de, aproximadamente 215 discentes, 101 responderam ao questionário solicitado.

3.6. Técnica de análise de dados

Primeiramente foi avaliado os dois questionários semiestruturados que foi respondido pelos docentes e discentes dos dois cursos de Licenciatura em Matemática da UNEAL. Como foi utilizado o Google Formulário para coleta de dados, foi gerado automaticamente gráficos nas questões de múltipla escolha e para as questões discursivas, utilizamos o arquivo em forma de tabela gerado pelo Google formulário para que pudéssemos fazer a análise. Para as questões subjetivas utilizamos da codificação dedutiva para extrair dos dados e montar um quadro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Dados sociodemográficos

4.1.1. Dados sociodemográficos dos docentes

Apresentaremos aqui os dados sociodemográficos dos 9 docentes.

Na Tabela 1, temos a faixa etária dos docentes do curso. Como vemos, a maioria possui entre 40 e 50 anos.

Tabela 1: Faixa de idade dos docentes que participaram da pesquisa

Faixa de idade	Quantidade
Entre 20 e 30 anos	0
Entre 30 e 40 anos	3
Entre 40 e 50 anos	4
Entre 50 e 60 anos	1
Mais de 60 anos	1

Fonte: Elaboração Própria

Oito professores, entre os 9 que responderam ao questionário, são do gênero masculino, como vemos na Tabela 2.

Tabela 2: Gênero dos professores do curso de matemática da UNEAL que responderam à pesquisa

Gênero	Quantidade
Masculino	8
Feminino	1

Fonte: Elaboração Própria

No tocante ao nível de formação acadêmica, 5 dos professores participantes possuem o título de mestres.

Tabela 3: Nível de formação dos professores que participaram da pesquisa

Nível de Formação	Quantidade
Graduação	0
Especialização	2
Mestrado	5
Doutorado	2

Fonte: Elaboração Própria

Sobre o tempo de experiência no ensino superior, 7 dos professores informaram que já possuíam entre 10 e 20 anos. Ou seja, já possuem uma boa experiência nesse nível de ensino.

Tabela 4: Tempo de experiência do docente no ensino superior

Tempo de experiência	Quantidade
Entre 1 e 5 anos	0
Entre 5 e 10 anos	1
Entre 10 e 20 anos	7
Mais de 20 anos	1

Fonte: Elaboração Própria

4.1.2. Dados sociodemográficos dos discentes

Em relação aos discentes do curso que responderam ao questionário, temos os seguintes dados sociodemográficos.

Em primeiro lugar a idade. 69% dos participantes possuem entre 20 e 30 anos de idade e 18% são menores que 20 anos, o que se pode concluir que concluíram o ensino médio a pouco tempo sendo que temas matemáticos vistos na educação básica não seria um problema quando ingressam no ensino superior.

Tabela 5: Faixa de idade dos discentes que participaram da pesquisa

Faixa de idade	Porcentagem
Menor que 20 anos	18%
Entre 20 e 30 anos	68%
Entre 30 e 40 anos	11%
Entre 40 e 50 anos	3%
Mais de 50 anos	0%

Fonte: Elaboração Própria

Em relação a gênero, 65 % são do gênero masculino e 35% do gênero feminino.

Tabela 6: Gênero dos discentes participantes da pesquisa

Gênero	Porcentagem
Masculino	65%
Feminino	35%

Fonte: Elaboração Própria

Grande parte dos discentes que responderam o questionário já estavam finalizando o curso. Algo que se tornou bom, pois podemos analisar a realidade do nosso curso, algo que os ingressantes ainda não poderiam fazer.

Tabela 7: Em qual ano do curso o participante se encontrava

Ano	Porcentagem
1° ano	4%
2° ano	21%
3° ano	26%
4° ano	49%

Fonte: Elaboração Própria

Já em relação a em que tipo de escola cursaram o ensino fundamental e médio, 79% dos discentes informaram que estudaram em escola pública, como pode ser visto nas tabelas a seguir.

Tabela 8: Tipo de escola que os participantes realizaram o ensino fundamental

Tipo de escola	Porcentagem
Escola pública	79%
Escola particular	13%
Parte em escola pública e parte em escola particular	7%
Supletivo	1%
Outra situação	0%

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 9: Tipo de escola que os participantes realizaram o ensino médio

Tipo de escola	Porcentagem
Escola pública	80%
Escola particular	10%
Parte em escola pública e parte em escola particular	0%
Supletivo	3%
Outra situação	7%

Fonte: Elaboração Própria

Em relação a como se autodeclaravam em relação a cor/raça, 61% se autodeclararam Pardo(a)/Mulato(a).

Tabela 10: Autodeclaração de cor/raça dos discentes participantes

Cor/Raça	Porcentagem
Branco(a)	20%
Negro(a)	16%
Indígena	1%
Pardo(a)/Mulato(a)	61%
Amarelo(a)	2%

Fonte: Elaboração Própria

4.2. Resultado do questionário aplicado aos docentes do curso.

No que se refere a qualquer pessoa ser capaz de aprender matemática, 8 dos participantes responderam que sim, é possível que qualquer pessoa aprenda matemática, e 1 informou que não, que nem todos são capazes de aprender.

Sobre o que é conhecimento matemático, as respostas dos professores (Tabela 11) mostram que, para alguns professores o conhecimento matemático ainda é, apenas, saber utilizar técnicas para resolver problemas, como podemos ver na resposta abaixo:

Tabela 11: Respostas dos professores sobre o que é conhecimento matemático

Professor 1	É uma criação e invenção do ser humano, onde faz parte de um processo de investigação.
Professor 2	Pode ser tanto uma linguagem como uma ciência que possa ser empregado desde a análise de padrões da natureza a criação de procedimentos para aplicação nas mais diversas áreas.

Professor 3	É o resultado de um processo que faz parte da imaginação, as críticas, os erros e os acertos. Mas ele é apresentado de forma descontextualizada, e geral, porque infelizmente a preocupação da maioria dos matemáticos é com os resultados e não o processo pelo qual o produziu a resposta.
Professor 4	Compreender os conceitos matemáticos.
Professor 5	Conjuntos de técnicas e procedimentos que interligados possibilitam o desenvolvimento do raciocínio lógico e à amplificação na capacidade de resolver problemas.
Professor 6	Depende do nível em que estamos tratando, conhecimento matemático para uma criança nas primeiras séries da educação formal é completamente diferente do conhecimento matemático de um doutor, ou até mesmo de uma pessoa que mora e trabalha na zona rural.
Professor 7	Desenvolvimento e aplicações de regras formais, lógica e deduções
Professor 8	É a capacidade de perceber e entender quantidades, formas, padrões, estruturas abstratas, relações entre entidades construídas, a priori e a posteriori - estruturas estas dentro da própria matemática e utilizá-las na resolução de novos problemas concretos ou abstratos que surgirem.
Professor 9	É uma construção humana resultante do desenvolvimento cognitivo.

Fonte: Elaboração Própria

Em relação as principais dificuldades que eles sentiam em ensinar matemática, como podemos ver na Tabela 12 em que a falta de motivação, interesse e baixa-autoestima são citados.

Tabela 12: Principais dificuldades que os professores sentem para ensinar matemática

Professor 1	A falta de motivação dos discentes, e a falta de compreensão em problemas matemáticos.
Professor 2	falta de interesse dos estudantes que criam barreiras prévias antes mesmo de conhecer a disciplina
Professor 3	A falta de Base para entender os contextos. Conteúdos fragmentados aprendidos mecanicamente.
Professor 4	A base do aluno e a baixa autoestima, já que muitos não se acham capaz de aprender.

Professor 5	Em resumo destaco o processo de transmitir, de maneira simples e objetiva, a conexão existente entre os conteúdos e suas aplicações práticas para que os estudantes possam se sentir cada vez mais motivados a explorar os conteúdos vivenciados.
Professor 6	Ajudar o aluno a desenvolver o raciocínio lógico
Professor 7	Falta de conhecimento básicos dos discentes, necessários para formalizar o contexto matemático
Professor 8	Há inúmeras variáveis que entram nessas respostas. Vencer minhas próprias limitações é uma das primeiras. Contar com as condições físicas de minha Instituição não é tarefa animadora. Outra dificuldade, tentar ensinar um assunto quando os discentes não estão aptos a acompanhar a matemática básica (o pré-requisito) à disciplina estudada. Só quem entende bem um tema e consegue estendê-lo, além do script do livro-texto, pode motivar melhor os seus estudantes. O acesso aos livros, hoje em dia, é tarefa mais que corriqueira, seja por arquivos em PDF ou no livro físico, enfim a quantidade de informações (estou incluindo as videoaulas) não melhorou a aprendizagem dos alunos, acho que até piorou, pois eles se veem perdidos neste mar de informações. Eles não seguem os conselhos: ficam vendo e revendo videoaulas, e mais videoaulas, pretendendo aprender o assunto sem um rabisco sequer de próprio punho. Muitos apenas assistem às aulas presenciais, e continuam assistindo videoaulas no afã de que um dia aquilo se cristalize na mente.... mas isso nunca ocorre.
Professor 9	Número de alunos excessivo para cada professor; Desvalorização profissional, sobretudo pelos gestores públicos em razão de baixos salários e de condições de trabalho que precisam ser melhoradas.

Fonte: Elaboração Própria

Para os professores a motivação do professor influencia na aprendizagem. A essa pergunta, 7 dos professores responderam que a motivação é totalmente relevante (Tabela 13), que nos mostra que muitos professores, mesmo sem possuírem o conhecimento das neurociências, já perceberam isso em suas aulas. Os demais professores, ficaram entre uma escala de 3 e 4, reconhecendo, mesmo assim, que devemos motivar nossos alunos nas aulas.

Tabela 13: Quanto os professores achavam que a motivação influencia na aprendizagem do aluno.

Escala	Quantidade
1	0
2	0
3	1
4	1
5	7

Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao quanto o humor (estado de espírito) do professor no momento das aulas influencia na aprendizagem de seus alunos, 4 dos professores apontam que é totalmente relevante o humor do professor na aprendizagem do aluno, 1 marcou a escala 4, e 2, marcaram a escala 3, ou seja, que é relevante e 2 marcaram a escala 2, ou seja, eles entendem que o humor do professor é pouco relevante na aprendizagem do aluno.

Tabela 14: Para os professores, quanto o humor influencia na aprendizagem do aluno.

Escala	Quantidade
1	0
2	2
3	2
4	1
5	4

Fonte: Elaboração própria

A respeito do que os professores consideravam que estimula e o que desestimula a aprendizagem matemática entre seus alunos, as respostas, que estão na Tabela 15, nos mostram que a estratégia de ensino é o que mais estimula ou desestimula a aprendizagem.

Tabela 15: O que os professores consideram que estimula e que desestimula a aprendizagem matemática

Professor 1	O que estimula: metodologias diferenciadas; o que desestimula: uma postura rígida, sem flexibilidade do professor
Professor 2	Os estímulos vão desde inserção de aplicações dos conceitos matemáticos como também o estilo do docente. A falta de estímulos se dá primeiro por falta de base de tópicos simples.
Professor 3	O trato com uma turma passiva. Se o aluno for tratado como capaz de suas descobertas, eles se estimulam.
Professor 4	Aulas mais motivacionais e métodos diferenciados. E o que desestimula são aulas tradicionais.
Professor 5	A aplicação prática dos conteúdos em seu cotidiano.
Professor 6	a curiosidade
Professor 7	Base de conhecimento que o aluno dispõe
Professor 8	O interesse por matemática é limitado e nem todos têm acesso a ela plenamente. Mas, o que mais desestimula, no âmbito do meu trabalho com alunos universitários, é a quantidade exígua daqueles que realmente optaram, no SISU, em seguir uma carreira de professor de matemática. Normalmente, são 5 em 40 alunos o percentual daqueles que optaram mesmo pela matemática; os demais estão ali sem saber o porquê. Mas o que mais desestimula é a própria apatia e a falta de brio dos alunos.
Professor 9	O que faz o aluno aprender é desafiá-lo. Um estímulo pode ser indicado para um aluno e não para outro, haja vista seus próprios interesses. Então, é necessário fazer o aluno revelar suas estruturas cognitivas e propor atividades que o desafiem a avançar

Fonte: Elaboração Própria

Sobre a utilização de algumas estratégias de ensino que a neuroeducação propõe com efetivas para o aprendizado matemático, as respostas estão nas tabelas a seguir.

Tabela 16: Utilização de materiais manipulativos pelos professores

Utilização	Quantidade
Raramente ou Nunca	5

Ocasionalmente	1
Regularmente	3
A maioria do tempo	0

Fonte: Elaboração Própria

Da Tabela acima, 5 dos professores não utilizam de materiais manipulativos como dobradura de papel e material dourado. Mas 3 informaram que utilizam desses materiais em suas aulas.

Tabela 17: Utilização de softwares pedagógicos

Utilização	Quantidade
Raramente ou Nunca	1
Ocasionalmente	3
Regularmente	5
A maioria do tempo	0

Fonte: Elaboração Própria

Já em relação a utilização de softwares, 5 docentes utilizam regularmente dessa ferramenta. A utilização tanto de materiais manipuláveis, bem como a utilização de softwares de visualização, constituem ferramentas da matemática visual que os professores podem utilizar em suas aulas a fim de melhorar a compreensão, já que, devemos sempre que possível utilizar de várias canais de acesso ao cérebro, uma vez que construiremos redes mais complexas em nossa memória, como afirmam como afirma Menon (2014), Cosenza & Guerra (2011) e Boaler (2016).

Tabela 18: O professor contextualiza o conteúdo com a vida cotidiana

Utilização	Quantidade
Raramente ou Nunca	0
Ocasionalmente	1
Regularmente	3
A maioria do tempo	5

Fonte: Elaboração Própria

No que se refere a contextualização com a vida cotidiana, 5 professores informaram que utilizam a maior parte de tempo e 3 regularmente. Para a neuroeducação, nosso cérebro sempre está disponível para aprender, mas para isso ele deve reconhecer que o que está sendo posto a sua frente é significativo. Logo a melhor forma de capturar a atenção é apresentar o conteúdo a ser estudado de maneira que os alunos o reconheçam como importante. O educador precisa sempre se perguntar: por que aprender isso? E qual a melhor abordagem que posso utilizar de modo a que o cérebro dos meus alunos reconheçam isso como significativo? (Cosenza & Guerra, 2011). E uma forma de dar sentido ao ensino de matemática é justamente a Modelagem Matemática.

Tabela 19: Estimulação por parte do professor para trabalhos em grupos

Utilização	Quantidade
Raramente ou Nunca	0
Ocasionalmente	1
Regularmente	4
A maioria do tempo	4

Fonte: Elaboração Própria

Os trabalhos em grupos também são ferramentas bastante utilizados pelos professores da UNEAL em suas aulas, método que sempre deve ser estimulado pois o trabalho em grupo, do ponto de vista da neuroeducação, é uma prática que deve ser utilizar em sala de aula, pois no estudo em grupo temos a oportunidade de aprender com nossos colegas, ao debater os conteúdos, pois *docendo discimos*, ou seja, ao ensinar aprendemos (Boaler, 2018; Cosenza & Guerra, 2011).

Tabela 20: Estimulação para resolver o problema novamente caso o aluno não consiga da primeira vez.

Utilização	Quantidade
Raramente ou Nunca	0
Ocasionalmente	1

Regularmente	3
A maioria do tempo	5

Fonte: Elaboração Própria

Como vemos na Tabela acima, 5 dos professores estimulam o aluno a tentar resolver uma questão proposta caso não consiga. Esse tipo de estímulo algo muito valioso para a autoestima do aluno e para o crescimento cerebral, pois de acordo com Boaler (2018) quando erramos um problema proposto e tentamos resolvê-lo novamente, a atividade cerebral é maior do que o aluno que consegue resolver na primeira tentativa. Sendo assim, quando o professor não dá a devida importância ao erro do aluno e o estimula a tentar novamente, ele perde uma grande possibilidade de crescimento cerebral dos seus alunos.

Em relação a interdisciplinaridade, que tem um papel semelhante ao da contextualização com o cotidiano de dar sentido ao que está sendo transmitido, 6 dos professores disseram que faz uso regular dela, mostrando conexão com outras disciplinas e ciências, como pode ser visto na Tabela 21.

Tabela 21: O professor mostra conexões da sua disciplina com outras disciplinas.

Utilização	Quantidade
Raramente ou Nunca	0
Ocasionalmente	0
Regularmente	6
A maioria do tempo	3

Fonte: Elaboração Própria

Sobre a estimulação da verificação de padrões para chegar à resposta de problemas, a neuroeducação mostra a importância de analisar padrões em resolução de problemas matemáticos, pois a matemática consiste exatamente em citar relações, comparações, generalizações das quantidades, a matemática é uma disciplina ampla, multidisciplinar, o professor tem que incentivar a criatividade, sempre estabelecendo conexões e interpretação dos métodos. Questões sempre devem encorajar a resolução por mais diversos caminhos. (Becker, 2012; Boaler 2018). Os professores informaram no questionário que estimulam a verificação de padrão, como podemos ver na Tabela a seguir.

Tabela 22: Estimulação da verificação de padrões para chegar à resolução de problemas matemáticos.

Utilização	Quantidade
Raramente ou Nunca	0
Ocasionalmente	0
Regularmente	5
A maioria do tempo	4

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 23, consta outras técnicas e métodos, não citadas acima, que os professores utilizam em suas aulas.

Tabela 23: Outras estratégias de ensino utilizadas pelo professor

Professor 1	A utilização de jogos antes de apresentar novos conceitos
Professor 2	Relacionar o conteúdo com o cotidiano do aluno. Considero a matemática como a vida em movimento.
Professor 3	Não
Professor 4	Sim.
Professor 5	Propor muita leitura
Professor 6	Já tentei inúmeros métodos, não fui feliz plenamente em nenhum deles. Hoje, com o ensino a distância, experimento a prática de exercícios - em número de 4 por semana - e mesmo assim 50% dos alunos respondem; eles têm acesso a todas as informações, como videoaulas e arquivos em PDF, e mesmo assim não conseguem responder tudo. Nas aulas presenciais eu deixava um horário para dúvidas, nenhum aluno jamais me procurou.
Professor 7	Atender individualmente cada aluno

Fonte: Elaboração Própria

Relativamente a possíveis mudanças a serem introduzidas no ensino de matemática, pode-se notar que os professores acreditam que existam mudanças, dos quais, muitos citam, novamente a questão do método de ensino utilizado, como vemos na Tabela 24.

Tabela 24: Para os professores, quais mudanças devem ser introduzidas no ensino de Matemática

Professor 1	Sim, precisamos inserir metodologias ativas no ensino de fato e de direito, os alunos e professores precisam sair da zona de conforto e encarar novos desafios.
Professor 2	Estudar as novas normas e caminhos de Estudos Matemáticos. PCMs +, BNCC etc.
Professor 3	Existem sim, diante de tantas pesquisas na área da educação, precisamos rever o ensino da matemática, trazendo novas metodologias.
Professor 4	O processo de ensino deve estar em constante evolução e, neste contexto, minha resposta é sim. Contudo, percebo a complexidade envolvida na questão e não me vejo em condições de respondê-la sem uma pesquisa prévia.
Professor 5	Não saberia dizer
Professor 6	Sim. Incentivo ao ensino virtual, aprendizagem individual pelo próprio interesse do aluno
Professor 7	Menos aulas, mais tempo livre para que os alunos possam realizar seus projetos individuais/orientados, mais seminários temáticos, mais docentes (precisamos de pelo menos uns 4 docentes com doutorado); mais espaço na estrutura física da Instituição - os alunos não têm um local prazeroso para o estudo, ficam nos corredores ao relento. Precisamos de mais docentes para que possamos distribuir as disciplinas de acordo com o pendor dos professores, mais disciplinas optativas voltadas à matemática propriamente ditas (não só no modo de ensinar, mas na compreensão adequada naquilo que se pretende ensinar).
Professor 8	Sim. É sempre preciso mudar para atender as transformações da realidade. No caso do ensino de matemática, é necessário propor desafios para os alunos, entendendo que ele é capaz de sempre aprender e evoluir cada vez mais. O professor que faz isso deve ser incentivado por condições de trabalho e formação que subsidie tal pedagogia docente.

Fonte: Elaboração Própria

4.3. Respostas do questionário aplicado aos 101 discentes dos cursos de licenciatura em matemática do campus I e campus III da Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL)

Entre os 101 alunos, 96 % dos participantes informaram que sim, que qualquer pessoa é capaz de aprender matemática.

A maior parte dos alunos marcaram o número 4 ou 5 na escala de Likert, achando-se capazes de aprender matemática, como consta na Tabela 25.

Tabela 25: Quanto o aluno se acha capaz de aprender matemática.

Escala	Porcentagem
1	0%
2	1%
3	11%
4	46%
5	42%

Fonte: Elaboração Própria

Das respostas as perguntas 1 e 2 do questionário dos alunos e da pergunta 1 do questionário aplicado aos docentes, colabora justamente com o que diz a neuroeducação sobre a capacidade que todos possuímos em aprender matemática, como citados em Boaler (2018), onde, por conta da neuroplasticidade cerebral, todos somos capazes de aprender Matemática, não existe a ideia de uma pessoa nascer com um cérebro matemático e outra não. Isso é importante no processo ensino-aprendizagem de matemática, pois uma baixa autoestima pode prejudicar o processo, até mesmo como citou um professor quando foi questionado sobre as dificuldades que ele tinha para ensinar matemática.

Queríamos então conhecer a visão do aluno acerca do que seria para eles conhecimento matemático. Entre as 88 respostas dadas, podemos categorizar da seguinte forma: possuir raciocínio lógico para resolver problemas (RL), saber utilizar a matemática no cotidiano (MC), busca por padrões (BP), processo de imaginação (PI) e conceitos matemáticos (CM).

Tabela 26: Para o aluno, o que é conhecimento matemático?

Conhecimento Matemático	Porcentagem
RL	34%
BP	15%
PI	5%
MC	37%
CM	9%

Fonte: Elaboração Própria

Diferentemente da maioria dos professores que acreditam que conhecimento matemático é utilizar de técnicas para resolver problemas, para maior parte dos alunos, é saber utilizar a matemática no cotidiano, bem como possuir o raciocínio lógico para resolver problemas matemáticos, algo semelhante ao que afirma Becker (2012, p. 34) onde diz que “(...)conhecimento matemático consiste em citar relações, comparações, generalizações das quantidades (...)”.

A respeito das dificuldades enfrentadas por eles para aprender matemática, codificamos e categorizamos as respostas da seguinte forma, de acordo com as respostas dadas: didática do professor (DP), não ter boa base do ensino fundamental (BF), tempo para se dedicar aos estudos (TE), falta de atenção, memorização e incentivo (FM), interpretação e resolução de questões (IQ). Ainda houve alunos que culpavam as aulas on-line (devido ao momento pandêmico no momento da coleta dos dados) (AO) e houve alunos que não citaram nenhuma dificuldade (NE).

Tabela 27: Quais as dificuldades para os alunos aprenderem matemática

Dificuldades	Porcentagem
DP	26%
BF	12%
TE	14%
FM	20%
IQ	18%
AO	6%

NE	4%
-----------	----

Fonte: Elaboração Própria

Pela Tabela 27 vemos que a 27% dos alunos apontam a didática do professor (forma como o professor transmite o conteúdo) como sendo a maior causa da dificuldade na aprendizagem matemática deles.

Pedimos então que eles descrevessem, em poucas palavras o que lhe causava (ou causa) estímulo e o que lhe desestimulava (desestimula) nas aulas de matemática. No quadro abaixo, classificamos as respostas com o que eles informaram que estimulava e o que desestimulava. Entre o que estimula, podemos codificar as respostas da seguinte forma: possuir habilidade matemática (HM), métodos/estratégias utilizadas (ME), por a matemática ser curiosa e desafiadora (CD), aplicação da matemática no cotidiano (MC), empatia e estímulo do professor (EP), realização pessoal (RP) e quando o professor dá a oportunidade do aluno se expressar (OE). Entre o que desestimulava, codificamos da seguinte forma: políticas públicas falhas (PP), ensino tradicional (ET), complexidade da matemática (CM), antipatia e humor do professor (HP), a não aptidão do professor para ensinar (AP), questões pessoais (QP).

Tabela 28: O que estimula o aluno a aprender matemática

O que estimula	Porcentagem
HM	22%
ME	33%
CD	4%
MC	16%
EP	15%
RP	7%
OE	3%

Fonte: Elaboração Própria

Pode-se ver na tabela acima, o que mais foi citado pelos alunos que os estimulam é a método/estratégias utilizadas pelos professores durante as aulas.

Tabela 29: O que desestimula o aluno a aprender matemática

O que desestimula	Quantidade de alunos
PP	6%
ET	39%
HP	30%
CM	9%
QP	7%
AP	9%

Fonte: Elaboração Própria

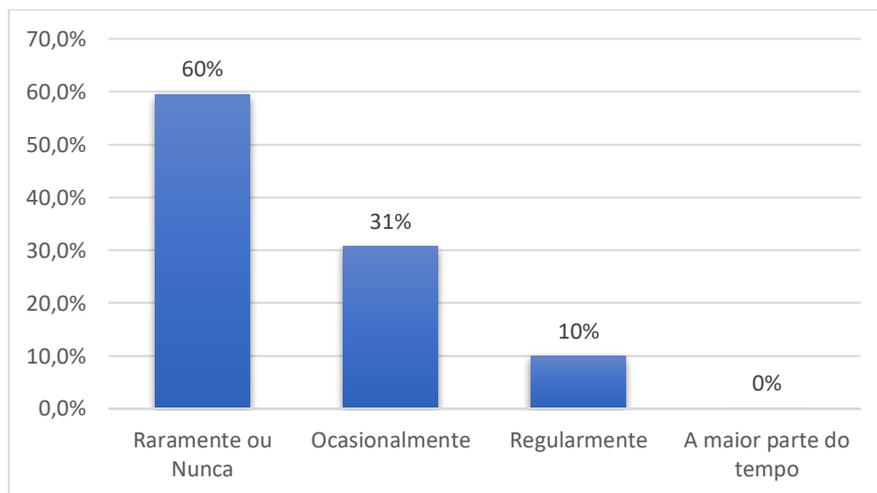
Já entre o que desestimula os alunos a aprenderem matemática, o que foi mais citado foi o ensino tradicional. Analisando as respostas dos alunos sobre a dificuldade de aprender e entre o que estimula e desestimula a aprendizagem matemática, chegamos ao consenso de que o que mais influencia na aprendizagem do aluno é justamente o método utilizado pelos professores, enquanto os professores citaram que a falta de motivação dos alunos e base estão entre as dificuldades para ensinar matemática. Isso é justamente o que aponta a neuroeducação, como cita os autores Boaler (2018, 2020), Guillén (2017), Mora (2017), Cosenza & Guerra (2011) que afirmam que métodos tradicionais do ensino de matemática, através de aulas expositivas, não conseguem desenvolver o verdadeiro potencial dos alunos.

Acerca da utilização por parte dos professores deles de algumas estratégias de ensino indicadas pela neuroeducação como benéficas para a aprendizagem. Foram elas:

1. Utilização de materiais manipulativos como jogos, material dourado, dobraduras de papel etc.
2. Utilização de aplicativos e softwares pedagógicos;
3. Contextualização de conteúdos com a vida cotidiana;
4. Estimulação o trabalho em grupos a fim de resolverem problemas;
5. Estimular a tentar resolver novamente um problema proposto ao não conseguir respondê-lo;
6. Verificar de padrões para chegar à resolução de problemas matemáticos; e
7. Mostrar conexões com outras disciplinas e outros temas da própria Matemática.

Os resultados estão nas figuras a seguir.

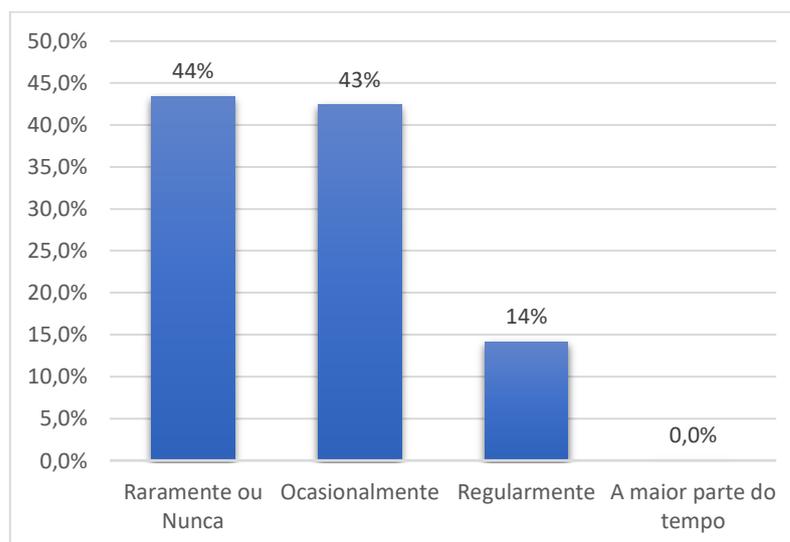
Figura 16: Os professores utilizam de materiais manipulativos como jogos, material dourado, dobraduras de papel etc.



Fonte: Elaboração Própria

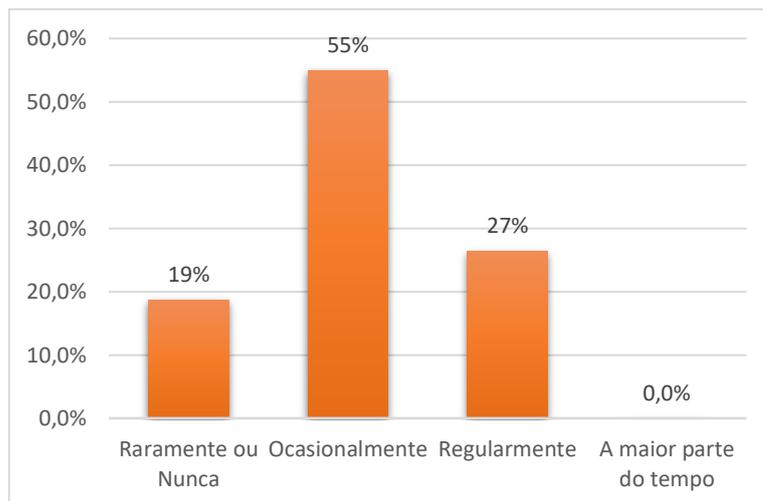
Por parte dos alunos, 60% informaram que os professores não utilizam de materiais manipulativos em suas aulas e um terço dos alunos informaram que eles utilizam de forma ocasional.

Figura 17: Utilizam aplicativos e softwares pedagógicos



Fonte: Elaboração Própria

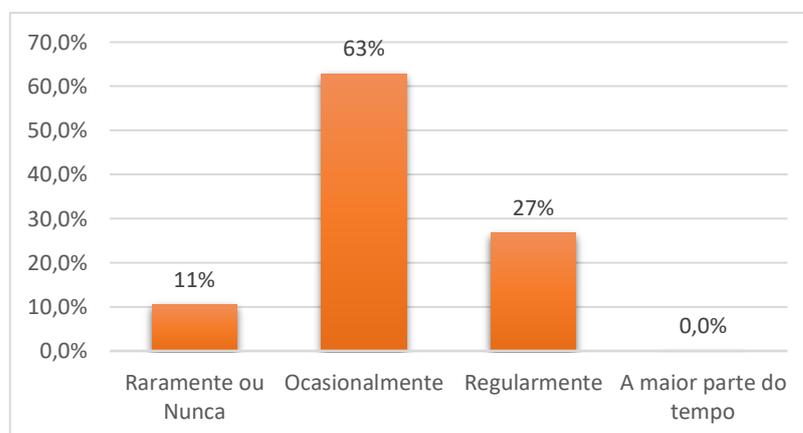
Sobre a utilização de softwares pedagógicos, vemos na Figura 17 que eles são utilizados de forma ocasional ou raramente pela maioria dos professores que ministraram aula aos alunos participantes da pesquisa.

Figura 18: Contextualiza os conteúdos com a vida cotidiana

Fonte: Elaboração Própria

Como vemos na figura acima, a contextualização com a vida cotidiana acontece de forma ocasional a regular. Apenas 19% informaram que seus professores utilizavam raramente esta estratégia.

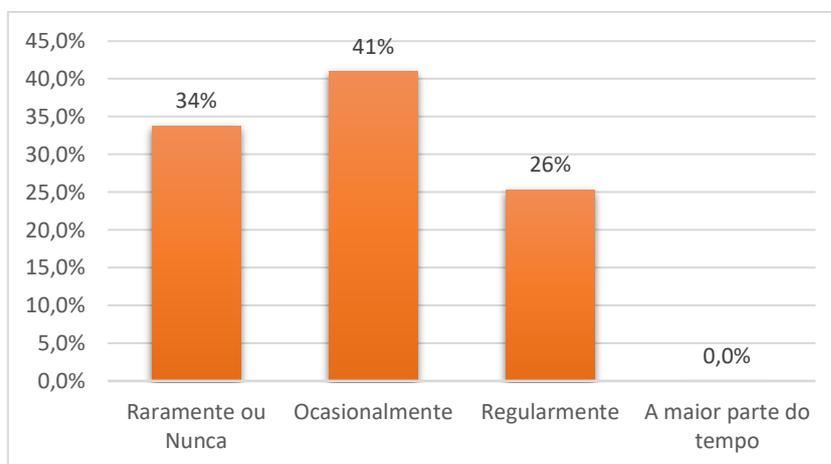
Da mesma forma, o trabalho em grupo é utilizado de forma ocasional ou regular pela maioria dos professores que já ministraram aula aos alunos. Como vemos na Figura 19, apenas 10,5% informam que seus professores não utilizavam dos trabalhos em grupos como ferramenta de ensino.

Figura 19: Estimula o trabalho em grupo a fim de resolver problemas

Fonte: Elaboração Própria

Em relação a estimular resolver novamente um problema caso o aluno não consiga na primeira tentativa, que é algo muito valioso para a sua autoestima, 41% apontaram que isso acontece de forma ocasional, como pode ser visto no gráfico da Figura 20.

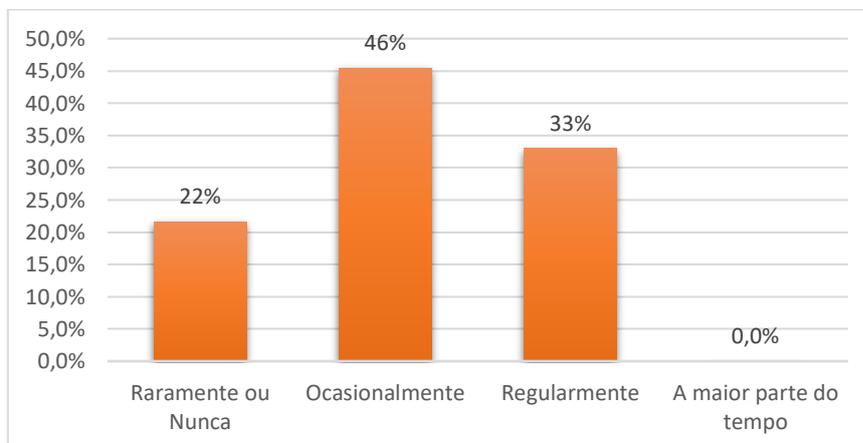
Figura 20: Estimula resolver novamente um problema proposto ao não conseguir respondê-lo.



Fonte: Elaboração Própria

Quando questionados sobre se seus professores verificavam padrões de respostas nos problemas propostos por eles 46% responderam que seus professores fazem isso apenas de forma ocasional, como pode-se ver no gráfico da Figura 21.

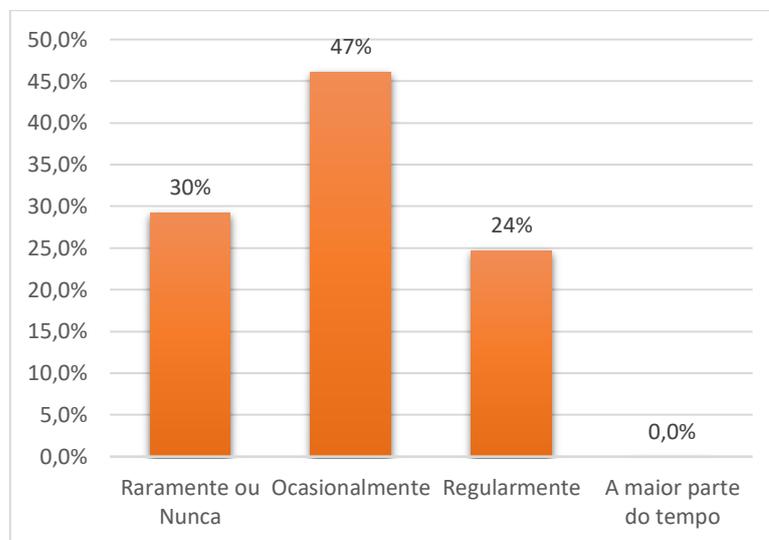
Figura 21: Verifica padrões para chegar à resolução de problemas matemáticos.



Fonte: Elaboração Própria

Sobre mostrar conexões com outras disciplinas ou temas da própria matemática, ou seja, a interdisciplinaridade, 47% informaram que isso é feito de forma ocasional, chamando atenção também para os 30% que disseram que isso ocorre raramente ou nunca ocorreu.

Figura 22: Mostra conexões com outras disciplinas e outros temas da própria matemática



Fonte: Elaboração Própria

Lembrando que todas essas estratégias e métodos foram os mesmos questionados aos professores e já foram discutidos anteriormente sobre suas importâncias.

Depois disso, queríamos verificar a influência causada pela motivação e pelo humor do professor na aprendizagem do aluno. Foi solicitado ao aluno que marcasse, em uma escala de 1 a 5, onde 1 era totalmente irrelevante e 5 era totalmente relevante, quanto a motivação do professor para ensinar tem influência na aprendizagem.

Tabela 30: Quanto a motivação do professor é relevante na aprendizagem do aluno

Escala	Quantidade
1	0%
2	0%
3	10%
4	16%
5	74%

Fonte: Elaboração Própria

Como vemos na Tabela 30, 74% dos alunos acham que a motivação dos professores influencia de certa forma ou totalmente na sua aprendizagem, semelhante a resposta dos professores que vimos anteriormente. Essas respostas corroboram que diz a neuroeducação sobre o processo de desenvolver uma mentalidade de crescimento nos alunos, mostrando que eles sempre são capazes de aprender, e especificamente na matemática, os alunos desenvolveram, a partir do esforço, uma Mentalidade Matemática. Quando professores mostram expectativas positivas a seus alunos ele está colaborando no seu processo de melhora acadêmica, pois eles conseguem captar e interpretar a mensagem de otimismo enviada devido à mecanismos cerebrais inconscientes, quanto maiores as expectativas sobre sua capacidade de aprender, melhor será o seu desempenho (Dweck,2017; Boaler, 2018, Guillén, 2017).

No tocante ao quanto o humor do professor influencia na aprendizagem (Tabela 31), vemos que 90% marcaram entre 4 e 5 na escala de Likert apontando que o humor (estado de espírito) do professor influencia na aprendizagem, diferente do que respondeu os professores que participaram da pesquisa. Porém, para se ter uma ideia, uma pesquisa na área mostrou que professores com síndrome de *Burnout* ou síndrome do esgotamento profissional, que causam exaustão extrema, estresse e esgotamento físico, cria um contágio emocional negativo na sala de aula, aumentando os níveis de cortisol dos alunos (Orbele & Schonert, 2016). Como citamos no marco teórico, Tokuhama-Espinosa (2008) fala que até o tom de voz imposto pelo professor, influencia na aprendizagem do aluno.

Tabela 31: Quanto o humor do professor é relevante na aprendizagem

Escala	Quantidade
1	0%
2	0%
3	10%
4	23%
5	67%

Fonte: Elaboração Própria

No que diz respeito possíveis mudanças a serem introduzidas no ensino de matemática, codificamos e categorizamos as respostas de acordo com os seguintes códigos: uso de tecnologias e jogos (UT), uso de modelagem matemática (MM), uso de outras metodologias/estratégias de ensino (ME), professores que motivem os todos os alunos

(principalmente os que possuem mais dificuldades) (PM) e a melhoria do sistema educacional e valorização profissional (IV).

Tabela 32: Quais mudanças devem ser inseridas no ensino da matemática

Mudanças propostas	Quantidade de alunos
UT	28%
MM	22%
ME	27%
PM	14%
IV	9%

Fonte: Elaboração Própria

Pode-se ver na Tabela 32, a maior parte dos alunos acreditam que o uso de tecnologias e outros métodos pode ser a chave para a mudança no ensino de matemática, mas uma vez solicitando que o professor utilize de estratégias diferenciadas no ensino e não apenas aulas expositivas teóricas.

No entanto, existem alunos que preferem o ensino tradicional, e alguns resistem a estratégias de ensino diferenciadas no ensino da matemática, preferem uma aula onde o professor transmita o conteúdo e faça exercícios. Selecionamos duas respostas em que os alunos enfatizam isso.

Tabela 33: Alunos resistentes a introdução de novos métodos no ensino da matemática

Aluno 1	Hoje, vivemos em um período de transição. Porém, uma transição, às vezes, um pouco forçada, pois muitos professores querem apenas focar em como deixar sua aula mais interativa e se esquece que o clássico também funciona. Ou seja, visando a estrutura pública atual, proponho uma mudança comportamental, onde os professores trabalhem com as aulas clássicas e, ocasionalmente, adapte-as para uma compreensão mais precisa do aluno.
Aluno 2	A metodologia de ensino, parar de enfeitar as aulas com coisas que não fazem aprender. Esse negócio de jogos, brincadeiras, atrasam o

	conhecimento. Os professores deveriam focar em ensinar o conteúdo como ele é, facilitando a aprendizagem e não complicando mais.
--	--

Fonte: Elaboração Própria

O que retiramos das falas acima é que ou o aluno possui mais facilidade de aprender com o ensino tradicional, ou seja, possuem um perfil intuitivo, como vimos no marco teórico ou os professores não estão sabendo utilizar novos métodos de forma a atingir o objeto de uma melhor compreensão dos conteúdos pelos alunos.

5. CONCLUSÕES

De posse dos dados obtidos e das discussões do capítulo anterior, podemos responder a cada objetivo específico, o nosso objetivo geral e a faremos isso respondendo a cada objetivo específico da nossa pesquisa, que nos levará a responder o problema da pesquisa: Se utilizarmos estratégias propostas pela neuroeducação podemos ter uma aprendizagem mais efetiva por parte dos alunos do curso de Matemática da Universidade Estadual de Alagoas?

Vimos que para uma aprendizagem efetiva por parte dos alunos, a neuroeducação nos mostra um caminho complexo para que isso aconteça. Ele vai desde o humor (estado de espírito) e a motivação do professor na sala, até as estratégias de ensino utilizadas pelos mesmos, para que então tenhamos a atenção do aluno, para que efetivamente o conteúdo transmitido seja armazenado na memória para que ele possa evocá-lo em momento oportuno.

Sendo assim, o nosso primeiro objetivo específico es: Descrever as estratégias de ensino utilizadas pelos professores do curso de matemática da UNEAL, que estimularam ou desencorajaram a aprendizagem dos seus alunos. Para isso, era necessário compreender primeiro se eles achavam que todos eram capazes de aprender matemática, pois muitos professores, por acharem que apenas algumas pessoas são capazes de aprender matemática e outras não (algo que vimos que é considerado um neuromito), acabam desestimulando seus alunos a prosseguir no curso de matemática, porém, os professores do curso acreditam que todos são capazes de aprender, logo um ponto positivo dos professores.

Mas precisávamos compreender o que é, na visão do professor esse conhecimento matemático em que a maior parte informou que todos são capazes de adquirir. Infelizmente, a maior parte dos professores ainda acreditam que é apenas conhecer fórmulas e saber utilizá-las para resolver um problema.

Quanto as dificuldades enfrentadas pelos professores para ensinar matemática, três professores alegaram a falta de base matemática, ou seja, não possuem um bom conhecimento de temas estudados na educação básica. O professor 3 ainda alega que essa falta de base acontece pela forma que se é ensinado matemática na educação básica, onde falta aprender os contextos e que os conteúdos são fragmentos e tecnicistas. Isto recai na resposta do Professor 1 sobre eles não conseguirem responder problemas matemáticos e ainda na resposta do professor 6, de desenvolver o raciocínio lógico do aluno. Os professores 1, 2 e 4, ainda chamam a atenção para problemas de autoestima, onde muitos não se sentem capazes de aprender e fazem com que os alunos criem barreiras para aprender algo novo. Na verdade, tudo inicia aqui, se o aluno não se sente capaz de aprender, isso cria uma barreira cerebral, onde, mesmo que o

professor utilize de estratégias educacionais que facilitem o aprendizado, os alunos não estarão dispostos a aprender.

Para os professores, a motivação influencia na aprendizagem, porém, eles não acreditam que o humor também influencie diretamente no processo ensino-aprendizagem. Quando os professores foram questionados sobre o que eles achavam que estimulava e desestimula a aprendizagem por parte dos alunos, 7 professores apontam justamente a utilização de métodos/estratégias de ensino diferenciadas como a chave para o aprendizado matemático. Algo que também constava nas respostas é sobre o estímulo do aluno, como diz o professor 4, é necessário aulas mais motivacionais, que possam incentivar a curiosidade, como cita o professor 6, tirando a turma da passividade como citou o professor 3. O professor 2, ainda fala sobre o estilo do docente, ou seja, da sua postura em sala de aula. E o mesmo professor, em consonância com o professor 5, diz que uma estratégia de ensino interessante é aplicar a matemática, que seria o que vimos aqui como a Modelagem Matemática. Extraímos então das respostas que, de acordo com professores, os alunos precisam de motivação e, para eles, isso acontece se forem utilizadas estratégias de ensino ativas e modelagem matemática.

O nosso segundo objetivo específico era: Listar as estratégias neuroeducacionais utilizadas por docentes no ensino da matemática na Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). Primeira coisa a nos chamar a atenção nas respostas dos professores é que, elas quando utilizadas, são de forma ocasional. Entre as respostas, as que são utilizadas a maioria do tempo ou regularmente foram: a utilização de softwares pedagógicos, a contextualização com a vida cotidiana, estimula o trabalho em grupo e a tentar resolver novamente o problema proposto. O uso de materiais manipuláveis é raramente utilizado pelos professores. Isso pode acontecer porque professores de nível superior não acharem espaço para utilização desses materiais no ensino de suas disciplinas. Além dessas estratégias, os professores citaram outras estratégias como a utilização de jogos, leitura e atendimento individual dos alunos.

Quando perguntados sobre se havia mudanças necessárias no ensino de matemática, o maior número de professores afirma que realmente é necessária e que pode ser feita trazendo novos métodos/estratégias de ensino para a sala de aula. Como citou os professores 2 e 3, é necessário trazer o resultado de pesquisas que indicam melhores formas de se ensinar matemática para dentro da sala de aula. O professor 1 indica que a utilização de métodos ativas pode ser a chave para a mudança do ensino da matemática, como realmente a neuroeducação tem mostrado ser o melhor caminho para a aprendizagem em qualquer área.

Nosso terceiro objetivo específico era: Identificar a percepção que os alunos possuem sobre a matemática. Acerca da capacidade de qualquer um aprender matemática, a grande

maioria dos discentes do curso afirmam que sim, que qualquer um seja capaz e quando perguntados sobre a sua própria capacidade em aprender matemática, mais de 80% se acham capaz ou muito capaz. Isso é algo bom, pois como foi discutido no referencial teórico, o primeiro passo para se obter uma aprendizagem efetiva é que o próprio aluno se sinta capaz e motivado para aprender.

Para compreender a percepção dos alunos em relação a matemática, também deveríamos saber a visão deles sobre o que é o conhecimento matemático. Para alguns alunos o conhecimento matemático ainda se resume a saber resolver um problema de forma lógica e eficiente. Ainda existe a crença que ser bom em matemática é saber resolver um problema na primeira tentativa e com rapidez. Para a maior parte dos alunos, a Matemática está presente na vida de todos, todo ser humano necessita de matemática no seu dia a dia e, por isso, o conhecimento matemático é você se deparar com situações no seu cotidiano em que é necessário modelar e solucionar um problema e saber resolvê-lo efetivamente.

Ainda houve alunos que responderam que a matemática é a busca por padrões. E é uma forma de como podemos definir a matemática. Ela é uma ciência que busca padrões para solucionar problemas. E para que isso ocorra, é necessário conhecer os conceitos matemáticos, como bem citou alguns alunos. Na matemática, conhecer os conceitos e saber verificar padrões é mais importante do que decorar fórmulas.

O nosso quarto objetivo específico era: Detectar as possíveis dificuldades de aprendizagem da matemática de acordo com as estratégias utilizadas pelos professores. Quando perguntados sobre as dificuldades que eles tinham em aprender matemática de um modo geral, sendo que a predominância das respostas dos alunos foi que a forma transmitir o conhecimento é o principal motivo de não aprenderem efetivamente a matemática. Os que citaram os estudos na educação básica, alegaram a falta de infraestrutura e professores nas escolas em que estudaram.

A segunda causa mais citada foi a falta de pôr não conseguir prestar atenção, outro por não conseguir memorizar os conteúdos e fórmulas ou ainda a falta de incentivo em aprender matemática, muitas das vezes pela barreira psicológica que é criada de que a matemática é muito complexa e difícil de aprender. A resposta de um aluno resume muito bem este pensamento: “Foco, para melhor absorver os conhecimentos passados e vistos”. Confiança, pois é sempre bom acreditar que você é capaz. E persistir, pois o desenvolvimento matemático depende muito de cada indivíduo, existem uns com maior facilidade para o aprendizado e outros que requer um pouco mais de tempo, mas que todos são capazes de atingir o mesmo nível. Entretanto, somente se seguir todos os passos anteriores”. Porém, como foi discutido no

marco teórico, a menos que seja transtorno na aprendizagem, as estratégias de ensino utilizadas pelo professor é que facilita a atenção e memorização por parte do aluno, bem como o incentivo a aprendizagem, o mostrar que o aluno é capaz, pode transformar alunos com uma mentalidade fixa em um aluno com uma mentalidade de crescimento ou ainda, focando na matemática, uma mentalidade matemática, sempre disposto a se desenvolver nesta área do conhecimento.

Acerca do que estimula e o que desestimula os alunos e analisando entre as respostas, podemos perceber que o método/estratégia ativas de ensino utilizada pelo professor está no topo entre o que estimula e o ensino tradicional está no topo das que mais desestimulam o aluno a aprender matemática. Algo que nos chama atenção também, além do aluno que se diz possuir habilidades matemáticas (HM) e isto ser motivante para ele, é a aplicação da matemática no cotidiano (MC) como uma ferramenta motivadora para a aprendizagem matemática. Entre o que desestimula os alunos, em segundo lugar ficou a antipatia e o humor do professor (HM), que como discutimos no marco teórico, a neurociência já tem comprovado a total influência do incentivo e do humor do professor na questão da aprendizagem. Os resultados os alunos acreditam que existe uma influência emocional no ensino. Comparando as respostas dos professores com os alunos, vemos que eles concordam em relação a motivação, porém isso não acontece em relação ao humor do professor. Enquanto a maioria dos alunos concordam em ser totalmente relevante, a maior parte dos professores acham que é relevante, mas não influencia diretamente na aprendizagem.

No que diz respeito a utilização de ferramentas ou métodos de ensino propostas pela neuroeducação, o que observamos dos resultados é que grande parte das estratégias citadas são utilizadas de forma ocasional pelos professores. Mais uma vez comparando as respostas entre professores e alunos, podemos levantar a hipótese de que o professor possa não está utilizando as estratégias de forma assertiva, uma vez que eles informaram que utiliza regularmente de boa parte das estratégias e ferramentas citadas.

Com relação as mudanças que podem ser inseridas no ensino da matemática na UNEAL, o que retiramos dos dados é que para os alunos, elas partem dos métodos utilizadas no ensino da matemática, principalmente a utilização de tecnologias e modelagem matemática. Ainda vemos que mais uma vez falaram que deve existir uma mudança na relação entre o professor e o aluno, sendo necessário professores que os estimulem a aprender e mostrem que eles são capazes. Então, mais uma vez temos a comprovação de que não é somente o uso de técnicas, ferramentas, estratégias, mas para o aluno a sua relação com o professor é de fundamental importância para seu aprendizado.

De posse de todas as análises dos objetivos específicos, podemos então responder ao objetivo geral da nossa tese que era analisar a influência das estratégias neuroeducacionais na aprendizagem matemática, na Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). O que extraímos é que todos os aspectos citados no marco teórico influenciam na aprendizagem matemática do aluno, desde o humor do professor, a motivação até a forma de abordar o conteúdo e a utilização de estratégias diferenciadas para o ensino. Tudo isso deve estar em conjunto para que os alunos consigam aprender efetivamente os conteúdos transmitidos em sala de aula.

6. RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados dessa pesquisa, vemos que para um melhor aproveitamento no processo ensino-aprendizagem de Matemática, é necessário criar um ambiente propício que parte da motivação e humor de todos envolvidos no processo, até métodos e técnicas de ensino.

Sendo assim, sugerimos aos professores que busquem conhecimento sobre como o cérebro aprende matemática, para a partir daí, saber utilizar métodos e técnicas que façam com que os alunos consigam atingir um nível efetivo de aprendizagem dos temas estudados. Os próprios alunos indicaram o uso de tecnologias e a modelagem matemática. Cabe ao professor também motivar seus alunos, nunca deixando-o desistir. O professor tem que ter o cuidado também de sempre estar de bom humor na sala de aula, para que o ambiente se torne atrativo para os alunos.

Para os alunos, que eles busquem desenvolver uma mentalidade de crescimento, sempre tendo em mente de que todos somos capazes de aprender o que nos é proposto, deixando toda baixa autoestima de lado.

Para a instituição, sugerimos que seja criado ou ampliado laboratórios de ensino matemático com disponibilidade de materiais manipulativos, como também laboratórios de informática, para utilização de softwares educacionais e modernizar suas salas de aulas para possibilitar aos professores aulas mais dinâmicas.

REFERENCIAS

- Adams, R. D., & Victor, M. (1993). *Principles of Neurology* (5 ed.). New York: McGraw-Hill.
- Alvarez, A., & Lemos, I. d. (2006). Os neurobiomecanismos do aprender: a aplicação de novos conceitos no dia-a-dia escolar e terapêutico. *Revista psicopedagogia [online]*, 23(71), 181-190.
- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52, 215-241.
- Azevedo, I. F., & Alves, F. V. (2019). Trigonometria e suas aplicações no Geogebra: aulas experimentais com alunos do ensino médio. *Tangram – Revista de Educação Matemática*, 2(2), 102-115.
- Barros, R., & Sousa, C. (2015). Estratégias de resolução de problemas de matemática em estudantes do ensino superior. *Ciências & Cognição*, 20(1), 123-132.
- Bassanezi, R. C. (2015). *Modelagem Matemática: teoria e prática*. São Paulo: Contexto.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). *Neurociências : desvendando o sistema nervoso* (4 ed.). Penso.
- Boaler, J. (2018). *Mentalidade Matemáticas: estimulando o potencial dos estudantes por meio da matemática criativa, das mensagens inspiradoras e do ensino inovador*. (D. Bueno, Trad.) Porto Alegre: Penso.
- Boaler, J. (2020). *Mentes sem barreiras: as chaves para destravar seu potencial ilimitado de aprendizagem*. (D. Bueno, Trad.) Porto Alegre: Penso.
- Boaler, J., Chen, L., Willians, C., & Cordero, M. (2016). Seeing as Understanding: The Importance of Visual Mathematics for our Brain and Learning. *Journal of Applied & Computational Mathematics*, 5(5), 1-6.
- Bravo Valdivieso, L. (2016). El aprendizaje de las matemáticas: Psicología cognitiva y neurociencias. *Arequipa*, 11-29.
- Brown, J. R. (1997). Proofs and pictures. *British Journal for the Philosophy of Science*, 48, 161-180.
- Campoy Aranda, T. J. (2018). *Metodología de la Investigación Científica*. Asunción: Marben.
- Carvalho, F. (2011). Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação. *Trabalho, Educação e Saúde*, 8(3), 537-550.

- Carvalho, F. A. (2010). Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. *Trabalho, Educação e Saúde*, 8(3), pp. 537-550.
doi:<https://doi.org/10.1590/S1981-77462010000300012>
- Cosenza, R. M., & Guerra, L. B. (2011). *Neurociência e educação: como o cérebro aprende*. Porto Alegre: Artmed.
- Costa, C. (2002). Processos mentais associados ao pensamento matemático avançado. Em J. P. Pontes, *Actividades de Investigação na Aprendizagem da Matemática e Formação de Professores* (pp. 257-273). Coimbra: SPCE.
- Costa, F. d., & Almeida, M. V. (2017). Função tangente: desenvolvendo esse tipo de função com a modelagem matemática. *Horizontes - Revista de Educação*, 5(10), 114-130.
- Daly, I., Bourgaize, J., & Vernitski, A. (2019). Mathematical mindsets increase student motivation: Evidence from the EEG. *Trends in Neuroscience & Education*, 15, pp. 18-28.
- Dantas, A. S. (2018). O Uso do GeoGebra no Ensino de Trigonometria: possibilidades, percepções e dificuldades apresentadas em uma atividade com alunos do Ensino Médio. *Revista Tecnologias na Educação*, 25, 1-12.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cog.*
- Dweck, C. (2017). *Mindset: a nova psicologia do sucesso*. Rio de Janeiro: Objetiva.
- Falco, M., & Kuz, A. (Junho de 2016). Comprendiendo el Aprendizaje a través de las Neurociencias, con el entrelazado de las TICs en Educación. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación*(17), pp. 43-51. Acesso em 2020, disponível em <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/54200>
- Forés, A., Gamo, J. R., Guillén, J. C., Hernandez, T., Ligioiz, M., Pardo, F., & Trinidad, C. (2015). *Neuromitos en educación: el aprendizaje desde la neurociência*. Barcelona: Plataforma Actual.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social* (6ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Godino, J., Gonzato, M., Cajaraville, J., & Fernandez, T. (2012). Una aproximación ontosemiótica a la visualización en educación matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 109-130.
- Gracia-Bafalluy, M., & Escolano-Pérez, E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Revista Neurol*, 58(2), 69-76.
- Guillén, J. C. (2017). *Neuroeducación en el aula: De la teoría a la práctica*. Barcelona: Createspace Independent Publishing Platform.

- Hammes de Carvalho, F. A. (2010). Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. *Trabalho, Educação e Saúde*, 8(3), 537-550.
- Harmon-Jones, E., Abramson, L., Nusslock, R., Sigelman, J., Urosevic, S., Turonie, L., . . . Fearn, M. (2008). Effect of Bipolar Disorder on Left Frontal Cortical Responses to Goals Differing in Valence and Task Difficulty. *Biological Psychiatry*, 63(7), pp. 693-698.
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), pp. 33-46.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2013). *Metodologia de Pesquisa* (5ª ed.). Porto Alegre: Penso.
- Izquierdo, I. (2018). *Memória* (3ª ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. d. (2017). *Metodologia Científica* (7ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Lent, R. (2010). *Cem bilhões de neurônios conceitos fundamentais de neurociências* (2ª ed.). São Paulo: Atheneu.
- Lent, R. (2010). *Cem bilhões de neurônios? Conceitos fundamentais de neurociências* (2ª ed.). Rio de Janeiro: Atheneu.
- Manes, F. (2015). *Usar o cérebro: aprenda a utilizar a máquina mais complexa do universo*. São Paulo: Planeta.
- Manes, F. (2015). *Usar o Cérebro: Aprenda a utilizar a máquina mais complexa do universo*. São Paulo: Planeta.
- Mendes, L. R., & Proença, M. C. (2020). O Ensino de Matemática via Resolução de Problemas na Formação Inicial de Professores. *Revista de Educação Matemática*, 17, 01-24.
- Meneghelli, J., & Possamai, J. P. (2019). Resolução de Problemas e o software GeoGebra: um caminho para a compreensão das funções seno e cosseno. *Educação Matemática Pesquisa*, 21(2), 491-512.
- Menon, V. (2014). Arithmetic in the Child and Adult Brain. *The Oxford Handbook of Mathematical Cognition*, 1-23.
- Mora, F. (2008). *Continuum: Como funciona o cérebro?* (M. R. Borges-Osório, Trad.) Artmed.
- Mora, F. (2017). *Neuroeducación: Solo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid: Alianza Editorial.
- Morgado, I. (2005). Psicobiología del Aprendizaje y la Memoria: Fundamentos y Avances Recientes. *Revista de Neurología*, 40(5), 289-297.

- Morin, E. (2015). *O Método III: o conhecimento do conhecimento* (5ª ed.). Porto Alegre: Sulina.
- Mourão Jr., C. A., Oliveira, A., & Faria, E. (2017). Neurociência cognitiva e desenvolvimento humano. *Temas em Educação e Saúde*, 7, pp. 9-30.
doi:<https://doi.org/10.26673/tes.v7i0.9552>
- Nogueira, C. A., & Braga, M. D. (2017). Ludicidade no ensino da matemática com a utilização do software Geogebra. *Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal*, 4(3), 124-130.
- Oliveira, G. G. (2014). Neurociências e os processos educativos: um saber necessário na formação de professores. *Revista Unisinos*, 18, 13-24.
- Onuchic, L. d., & Allevato, N. G. (2011). Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas. *Bolema*, 25(41), pp. 73-98.
- Orbele, E., & Schonert, K. (2016). Stress contagion in the classroom? The link between classroom teacher burnout and morning cortisol in elementary school students. *Social Science & Medicine*, 159, 30-37.
- Park, J., & Brannon, E. M. (2013). Training the Approximate Number System Improves Math Proficiency. *Psychol Sci*, 1-10.
- Peterson, M. (Novembro de 2020). *Repeatable Results at Scale Visual Math*. Fonte: <https://www.stmath.com/impact/results?hsCtaTracking=6713c051-44d5-424e-996b-c13571719171%7C2afd208a-15e0-4759-b4c1-a8008ca208ca>
- Polya, G. (2006). *A Arte de Resolver Problemas* (2 ed.). Rio de Janeiro: Interciência.
- Proença, M. C. (2018). *Resolução de problemas: encaminhamentos para o ensino e a aprendizagem de Matemática em sala de aula*. Maringá: Eduem.
- Rehfeldt, M. J., Neide, I. G., Böckel, W. J., Broilo, A. P., Pisching, I., Heinen, C. A., & König, R. I. (2018). Modelagem matemática no ensino médio: uma possibilidade de aprendizagem a partir de contas de água. *REnCiMa*, 9(1), 103-121.
- Rivera-Rivera, E. (2019). El neuroaprendizaje en la enseñanza de las matemáticas: la nueva propuesta educativa. *Revista Entorno*, 157-168.
- Rotta, N. T., Bridi Filho, C. A., & Bridi, F. R. (2018). *Plasticidade cerebral e aprendizagem: abordagem multidisciplinar [recurso eletrônico]*. Porto Alegre: Penso.
- Saavedra Torres, J. S., Díaz Córdoba, W. J., Zúñiga Celón, L. F., Navia Amézquita, C. A., & Zamora Batisdas, T. O. (2015). Correlación funcional del sistema límbico con la emoción, el aprendizaje y la memoria. *Morfología*, 7(2), 29-44.

- Salas Silva, R. (2003). ¿La educación necesita realmente de la neurociencia? *Estudios pedagógicos*, pp. 155-171. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052003000100011>
- Santos, E. d., & Andrade, S. (2020). Resolução, Exploração e Proposição de Problemas nos anos iniciais do ensino fundamental: contribuições para o ensino e aprendizagem da combinatória. *Revista Brasileira de Educação Matemática*, 17, 01-22.
- Schilardi, A., León, O., Segura, S., & Polenta, C. (2019). Estilos de aprendizaje y objetos virtuales para enseñanza. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 9(18), 96-116.
- Silva, S. C., Madruga, Z. E., & Silva, F. d. (2019). Modelagem matemática como apoio ao ensino e aprendizagem de função quadrática. *Revista de Educação Matemática*, 16(21), 101-118.
- Soltanlou, M., Artemenko, C., Ehli, A., Huber, S., Fallgatter, A., Dresler, T., & Nuerk, H. (2018). Reduction but no shift in brain activation after arithmetic learning in children: A simultaneous fNIRS-EEG study. *Scientific Reports*, 8, pp. 1-15.
- Teaching without words* (s.d.). [Filme Cinematográfico]. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2VLje8QRrwg>
- Thurston, W. P. (1990). Mathematical education. 37, 844-850.
- Tokuhama-Espinosa. T. N. (2008) The scientifically substantiated art of teaching: a study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science). Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Capella University, Mineápolis, Minesota.
- Vargas, R. (2013). Matemáticas neurociencias: una aproximación al desarrollo del pensamiento matemático desde una perspectiva biológica. *Revista Iberoamericana de Educación en Matemáticas*, 37-46.
- Ventura, D. F. (2010). Um Retrato da Área de Neurociência e Comportamento no Brasil. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 26, pp. 123-129. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-37722010000500011>

ANEXOS**Anexo 01 – Questionário docente.**

1 - Para você, qualquer pessoa é capaz de aprender matemática?

() Sim () Não

2 – O que é, para você, conhecimento matemático?

3 – Quais as principais dificuldades que você sente ao ensinar Matemática?

4 - Em uma escala de 1 a 5, onde 1 é totalmente irrelevante e 5 é totalmente relevante, quanto a motivação do professor na sala de aula pode influenciar na aprendizagem do aluno?

5 - Em uma escala de 1 a 5, onde 1 é totalmente irrelevante e 5 é totalmente relevante, quanto o humor (estado de espírito) do professor no momento das aulas influencia na aprendizagem dos seus alunos?

6 - Em poucas palavras, descreva procedimentos que podem estimular e desestimular o aluno durante as aulas de matemática.

7 – Nas suas aulas você:

a) Utiliza de materiais manipulativos como jogos, material dourado, dobraduras de papel etc.

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

b) Utiliza de aplicativos e softwares pedagógicos?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

c) Estabelece relação entre os conteúdos dados e a vida cotidiana do aluno?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

- d) Estimula o trabalho em grupos para resolução de situações problema durante as aulas?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

- e) Estimula o estudante a tentar resolver novamente um problema proposto ao não conseguir respondê-lo.

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

- f) Identifica padrões de respostas utilizadas pelos alunos para chegar à solução de problemas propostos?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

- g) Relaciona conteúdos matemáticos a outras áreas de aprendizagem, realizando a interdisciplinaridade?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

9 - Faz uso de alguma estratégia que não esteja descrita acima? Qual?

10 - Você acha que existem mudanças a serem introduzidas no ensino de matemática no âmbito da UNEAL? Se sim, quais seriam essas possíveis mudanças?

Anexo 02 – Questionário Discentes

1 - Para você, qualquer pessoa é capaz de aprender matemática?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

2 - Em uma escala de 1 a 5, onde 1 é não capaz e 5 é muito capaz, o quanto você se considera capaz de aprender Matemática?

3 - Caso você considere que existe, quais seriam as dificuldades para você aprender matemática?

4 – O que é, para você, conhecimento matemático?

5 - O que você mudaria para no processo ensino aprendizagem da matemática no âmbito da UNEAL?

6 – Estratégias de ensino utilizada pelos professores:

a) Utiliza de materiais manipulativos como jogos, material dourado, dobraduras de papel etc.

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

b) Utiliza de aplicativos e softwares pedagógicos?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

c) Estabelece relação entre os conteúdos dados e a vida cotidiana do aluno?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

- d) Estimula o trabalho em grupos para resolução de situações problema durante as aulas?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

- e) Estimula o estudante a tentar resolver novamente um problema proposto ao não conseguir respondê-lo.

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

- f) Identifica padrões de respostas utilizadas pelos alunos para chegar à solução de problemas propostos?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

- g) Relaciona conteúdos matemáticos a outras áreas de aprendizagem, realizando a interdisciplinaridade?

<input type="checkbox"/>	Raramente ou Nunca
<input type="checkbox"/>	Ocasionalmente
<input type="checkbox"/>	Regularmente
<input type="checkbox"/>	A maioria do tempo

7 - Em uma escala de 1 a 5, onde 1 é totalmente irrelevante e 5 é totalmente relevante, quanto a motivação do professor para ensinar tem influência na aprendizagem do aluno?

8 - Em uma escala de 1 a 5, onde 1 é totalmente irrelevante e 5 é totalmente relevante, quanto o humor (estado de espírito) do professor na sala de aula influencia na aprendizagem do aluno?

9 - Você acha que existem mudanças a serem introduzidas no ensino de matemática no âmbito da UNEAL? Se sim, quais seriam essas mudanças?