

CRIANDO UM AMBIENTE SEGURO DE APRENDIZAGEM: ACOLHIMENTO DO ERRO COMO RECURSO PARA PENSAR DE FORMA PROFUNDA E CONCEITUAL SOBRE A MATEMÁTICA

Creating a safe learning environment: embracing mistakes as a resource for thinking deeply and conceptually about mathematics.

Marina Longhi França¹

Resumo: Este artigo relata a experiência de implementação de um ambiente seguro de aprendizagem no curso DoMM (Docentes Mentalidades Matemáticas), realizado em julho de 2023 em Vespasiano/MG, que valorizou o acolhimento do erro como recurso para o aprendizado profundo e conceitual em matemática. A metodologia de pesquisa utilizada foi qualitativa, de caráter exploratório e descritivo, com uma abordagem participativa, envolvendo educadores da rede municipal. Inspirada na abordagem de Mentalidades Matemáticas de Jo Boaler e na teoria crítica de Paulo Freire, a pesquisa investigou como o erro pode ser utilizado para promover uma aprendizagem significativa. Através de observações, entrevistas e relatos escritos, os dados foram coletados e analisados de forma indutiva, identificando padrões e temas emergentes. Os resultados destacaram que a valorização do erro contribuiu para a construção de um ambiente inclusivo e equitativo, melhorando o engajamento e a confiança dos alunos. A formação de grupos heterogêneos e a aplicação de atividades "piso baixo, teto alto" facilitaram a colaboração e a troca de conhecimentos entre os estudantes, promovendo um entendimento mais profundo dos conceitos matemáticos. A participação ativa dos educadores no desenvolvimento e implementação das práticas pedagógicas foi crucial para a relevância e eficácia das abordagens utilizadas. Conclui-se que políticas públicas que apoiem práticas pedagógicas equitativas são essenciais para a criação de um sistema educacional mais justo e eficaz.

Palavras-chave: erro; neurociência; Mentalidades Matemáticas; políticas públicas.

Abstract: This article reports on the experience of implementing a safe learning environment in the DoMM (Docentes Mentalidades Matemáticas) course, held in July 2023 in Vespasiano/MG, which valued the acceptance of mistakes as a resource for deep and conceptual learning in mathematics. The research methodology used was qualitative, exploratory, and descriptive, with a participatory approach involving municipal school educators. Inspired by Jo Boaler's Mathematical Mindsets approach and Paulo Freire's critical theory, the research investigated how mistakes can be used to promote meaningful learning. Through observations, interviews, and written reports, data were collected and analyzed inductively, identifying emerging patterns and themes. The results

¹ Especialista em Educação pela PUC-SP 2016. Instituto Sidarta, Cotia, SP, Brasil. E-mail: m.longhi12@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5370-3672>

highlighted that valuing mistakes contributed to building an inclusive and equitable environment, improving student engagement and confidence. The formation of heterogeneous groups and the application of "low floor, high ceiling" activities facilitated collaboration and knowledge exchange among students, promoting a deeper understanding of mathematical concepts. The active participation of educators in developing and implementing pedagogical practices was crucial for the relevance and effectiveness of the approaches used. It is concluded that public policies supporting equitable pedagogical practices are essential for creating a more just and effective educational system.

Keywords : *error, neuroscience, mathematical mindset, public policies..*

1.Introdução

O DoMM - Docentes Mentalidades Matemáticas (julho/2023) foi a segunda edição de uma formação continuada realizada com a Secretaria Municipal de Educação (SME) de Vespasiano/MG. Esse curso, de minha autoria, faz parte de uma parceria maior do Programa Mentalidades Matemáticas com o município, no qual são formadas e formados mais de 160 educadoras e educadores, entre direção e coordenação das escolas, equipe pedagógica da SME e docentes de 5º a 9º ano que ensinam matemática. Além do DoMM, há outras três frentes de formação continuada na rede e uma frente de sensibilização das famílias.

A parceria entre o Instituto Sidarta, por meio do programa Mentalidades Matemáticas, com o Itaú Social e a SME de Vespasiano, que está em desenvolvimento desde 2022, busca promover uma mudança sistêmica na rede, não apenas focando nas professoras e nos professores, mas experimentando possibilidades de políticas públicas envolvendo as diversas camadas que compõem a gestão pública da educação no município.

A formação aconteceu em formato presencial, durante o período de férias escolares, com duração de cinco dias, de segunda a sexta-feira, sendo que, nos quatro primeiros dias, além de vivenciarem atividades matemáticas no período da manhã, as pessoas participantes, durante a tarde, realizaram a atividade com as e os estudantes voluntárias(os). Foram 59 educadoras e educadores participantes e cerca de 140 crianças estudantes do 5º ano do ensino fundamental, organizadas em três polos, sediados em três das escolas mais periféricas do município. As pessoas participantes eram, em sua maioria, pessoas que ensinam matemática nos anos iniciais do ensino fundamental, seguidas das pessoas supervisoras de ensino das escolas da rede e, finalmente, por pessoas que ensinam matemática nos anos finais do ensino fundamental. No total, na rede, o número de pessoas que ensinam matemática no 5º ano do EF é cinco vezes superior ao número de pessoas que ensinam matemática do 6º ao 9º ano.

O curso DoMM foi formulado no formato de residência pedagógica, considerando a indissolúvel relação entre teoria e prática, por meio de vivências que proporcionam às pessoas participantes do curso a construção da sua identidade profissional, e a

construção da sua identidade como seres matemáticos e pessoas que ensinam matemática.

Ainda sobre a indissolução entre teoria e prática no fazer docente, Freire (2004, p. 45) afirma que:

Por isso é que, na formação permanente dos professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática. É pensando criticamente a prática de ontem que se pode melhorar a próxima prática. O próprio discurso teórico, necessário à reflexão crítica, tem de ser de tal modo concreto que quase se confunda com a prática. O seu “distanciamento” epistemológico da prática enquanto objeto de sua análise, deve dela “aproximá-lo” ao máximo. Quanto melhor se faz esta operação, tanto mais inteligência ganha da prática em análise e maior comunicabilidade exerce em torno da superação da ingenuidade pela rigorosidade.

A realização das atividades com as e os estudantes reforça as afirmações acima de Freire. É na práxis pedagógica que as professoras e os professores têm maior oportunidade não só de aprimorar a sua prática profissional, como também de se fazerem sujeitos do seu processo formativo como pesquisadora e pesquisador crítico de sua própria prática.

Um elemento essencial na formação docente, em especial em uma área de conhecimento como a matemática, é a relação com um erro. Para tratar dessa questão e pelos limites deste trabalho, optou-se por fazer o recorte do trabalho dos erros durante o curso de formação continuada DoMM. Assim, o presente trabalho relata a experiência de como os erros, cometidos no decurso das atividades realizadas, foram trabalhados, no sentido de criar um ambiente seguro no qual fosse possível uma aprendizagem conceitual a partir da reflexão profunda sobre os conteúdos matemáticos.

Para alcançar tal objetivo, esse relato está organizado da seguinte maneira: a presente introdução, na qual caracterizamos o curso DoMM e o público atendido, bem como um dos referenciais teóricos que embasou a elaboração do curso; a próxima seção, na qual se realiza comentários sobre o tema deste trabalho: o erro, organizado nos seguintes subitens: ontocriatividade e erros, e neurociência e erros; em seguida, apresentamos o método; na quarta seção, há apresentação de como o erro foi trabalho no DoMM e, por fim, as conclusões.

2. Aspectos teóricos

2.1. Ontocriatividade e erros

A escola, enquanto fruto das relações humanas, é um reflexo da sociedade que a produz. Na nossa sociedade pautada no sociometabolismo do capital (Mészáros, 2005), tudo é mercantilizado, e a vida passa a ser pautada pelo valor. Assim, os erros no modo

de produção mercantil industrial (no qual o trabalho, que é a ontologia do ser social (Lucáks, 2013), é deformado, assim surgindo a transformação em trabalho assalariado e, dessa maneira, alienado) significam “desperdício” de capital empregado na produção de mercadorias. Generaliza-se, para todas as esferas sociais que o erro é algo a ser evitado, criando-se toda uma conotação negativa do erro, o que também se estende à escola.

É importante ressaltar que, por sua vez, a escola moderna, em sua essência, também é, de acordo com os teóricos da pedagogia crítica, como Freire, Saviani, Althusser, entre outros, um espaço dialético no qual há a disputa entre os desejos da classe dominante, de adestrar e formatar a classe trabalhadora, fazendo, assim, a manutenção do sistema vigente, e o seu potencial emancipador, de espaço de produção do saber.

Ou seja, ao mesmo tempo em que a escola moderna carrega dentro de si o processo de alienação do trabalho, no qual o processo (o que é produzido, como é produzido, por quem é produzido e para quem é produzido) é esvaziado, sendo considerado relevante apenas o produto final (memorização de procedimentos e fatos previamente elaborados no menor tempo possível), ela, ao sistematizar os conhecimentos produzidos ao longo da história da humanidade, carrega dentro de si, também, a possibilidade de produção crítica do conhecimento. E é só nesse espaço, de contenção crítica da vida e de construção coletiva do que podemos ser, que se dá de fato a aprendizagem - entendida como transposição de aprendizagens para novos contextos e como produção de novos conhecimentos -, e não apenas a memorização.

Feita essa ressalva e reafirmando que a visão de educação que pauta este relato é uma visão de educação crítica que busca transformar o mundo, serão apresentadas as evidências da neurociência sobre a importância do cérebro para a educação, em especial a educação matemática, que é o objeto deste trabalho, desnaturalizando a visão negativa socialmente difundida acerca dos erros.

Despido de seu caráter ideológico, procuramos entender o que é o erro, qual é a sua relação com o trabalho, enquanto ontologia do ser social, e qual é a sua importância como recurso para a aprendizagem.

Nós, seres humanos, somos seres ontocriativos (Lucáks, 2013). E o que isso significa? Significa que nós, seres humanos, precisamos de elementos externos ao nosso organismo para sobreviver, mas, ao contrário de outros animais, transformamos a natureza para que ela atenda às nossas necessidades. Nesse processo, nós criamos. Criamos ferramentas, criamos coisas, criamos todo o mundo à nossa volta. Portanto, temos de ser seres criativos já que, enquanto coletividade, transformamos a natureza e criamos o mundo à nossa volta.

Conforme algumas necessidades são supridas, novas vão surgindo. E o nosso poder criador (e destruidor) é ilimitado. Vejamos o exemplo dos meios de transportes. Em um primeiro momento, o nosso único meio de transporte eram os nossos próprios pés. Porém, com o tempo, foi surgindo a necessidade de percorrer maiores distâncias e carregar uma quantidade maior de coisas. Daí, começamos a recorrer aos animais, o que,

com o tempo, se mostrou insuficiente para algumas necessidades de deslocamento e transporte de cargas. Então não se tratava mais de carregar coisas dentro dos limites do corpo humano e do corpo dos animais; e é então que surge uma enorme descoberta, que é, até hoje, fundamental, com diversas funcionalidades para além do transporte: a roda. Criamos carroças, carros etc. Criamos transportes para atravessar a água e até mesmo criamos objetos extremamente pesados que voam, sendo que alguns até mesmo já ultrapassam a atmosfera terrestre.

Karl Marx afirma, em *O Capital* (2005), que, para suprir as nossas necessidades, que podem tanto ser físicas quanto emocionais, objetivas ou subjetivas, nós transformamos a natureza; e que, ao transformarmos a natureza, nós também nos transformamos. Considerando uma ou duas gerações atrás, não havia celulares e as relações de trabalho, a forma de viajar, a forma de se relacionar com as pessoas eram um conjunto de hábitos bastante distintos das gerações que usam dessa tecnologia.

No entanto, o trabalho, a nossa forma de interagir com a natureza, com o mundo, com os demais seres humanos e com nós mesmos (Mészáros, 2005), ou seja, a mais alta expressão da nossa ontocriatividade, não se trata de uma transformação aleatória da natureza, ele é uma ação sempre orientada por um fim pré-estabelecido antes mesmo do início da ação (Lucáks, 2013). É no processo de objetivação do que idealizamos como fim que crescemos e acumulamos conhecimentos, enquanto lidamos com a imprevisibilidade e com a potencialidade do nosso processo de criação e do produto do nosso trabalho.

Em outras palavras, nós transformamos a natureza, no sentido de atender a uma necessidade, e, para isso, projetamos o fim que queremos obter antes mesmo de começar o processo de produção. No entanto, essa projeção é uma idealização. Quando começamos a produzir o que idealizamos, nos vemos em um processo que, muitas vezes, não é linear. Ou seja, nem sempre chegamos, logo na primeira tentativa, ao fim que havíamos desejado. Ou até mesmo, em alguns momentos, acabamos vendo que o fim que havia sido inicialmente idealizado não faz mais sentido e que podemos produzir algo diferente, que atenderá melhor às nossas necessidades.

Nesse processo criativo, os erros (que também podemos demagogicamente chamar de tentativas frustradas) são os elementos centrais para a produção de conhecimento e avanços tecnológicos. Os erros são indissociáveis ao processo criativo e, dessa forma, parte indissociável da nossa ontologia criativa, essa que não pode ser apagada ou eliminada, por mais que os mecanismos dos sociometabolismo do capital tentem.

E qual é a relação da ontologia do ser social com a educação matemática? Abordagens como *Mentalidades Matemáticas*, de Jo Boaler, mostram que é urgente começar por ressignificar o que entendemos por matemática e por fazer matemático, bem como o seu ensino e a sua aprendizagem. Entendemos a matemática como a ciência dos padrões abstratos (Devlin, 2006), que, por sua vez, se revela como uma ciência aberta, criativa, visual e conectada.

Uma definição um pouco mais ampla seria: *matemática é a ciência da ordem, padrões, estruturas e suas relações lógicas*. [...] Os padrões e relações estudadas pelos matemáticos ocorrem por toda a parte na natureza: os padrões simétricos das flores, os padrões - muitas vezes complicados - dos nós, das órbitas descritas pelos planetas à medida que se deslocam nos céus, os padrões da pelagem dos leopardos, o padrão de votação de uma população [...] com frequência eles [os padrões] não são numéricos. [...] Como estuda esses padrões abstratos, a matemática muitas vezes nos permite - e daí talvez faz uso de - semelhanças entre dois fenômenos que, à primeira vista, parecem bem diferentes. (Devlin, 2006, p. 95-96)

Em uma perspectiva mais crítica, Ubiratan D'Ambrosio (2017, p. 22) afirma, sobre a natureza da matemática:

O que chamamos de matemática é uma resposta à busca pela sobrevivência e de transcendência, acumulada e transmitida ao longo de gerações, desde a pré-história. [...] Na busca da sobrevivência, se desenvolvem os meios de lidar com o ambiente imediato, que fornece o ar, a água, os alimentos, o outro e tudo o que é necessário para a sobrevivência do indivíduo e da espécie. São as técnicas e os estilos de comportamento individual e coletivo.

Assim, vemos que a matemática é uma expressão da criatividade humana em sua relação com o mundo à sua volta, ou seja, ela também é uma forma de expressão do trabalho enquanto categoria ontológica e, assim sendo, tem o erro como um elemento central.

Essas concepções sobre a matemática vão contra o senso comum sobre o que é matemática e o que é fazer matemática. Assim, com base no *Common Core States Standart* (CCSS) (uma espécie de BNCC dos Estados Unidos), Jo Boaler apresenta oito atitudes matemáticas (em inglês, *math practises*) no California Math Framework. O diagrama da figura 1 ilustra o que seria o fazer matemático de acordo com a abordagem MM.

É a partir da matemática como expressão da (onto)criatividade humana que podemos entender a importância dos erros na aprendizagem matemática.

As teorias críticas aqui apresentadas, apesar de sua assustadora atualidade, têm pelo menos mais de meio século. Durante esse período, foi-nos possível desenvolver todo um aparato tecnológico que permitisse estudar o funcionamento do cérebro vivo e entender os processos cognitivos. As evidências produzidas pela neurociência nos últimos 30 anos têm corroborado para mostrar a atualidade e a relevância das teorias críticas sobre a criatividade e da centralidade da categoria trabalho. Essas evidências e o seu impacto na educação serão apresentados nos itens a seguir.

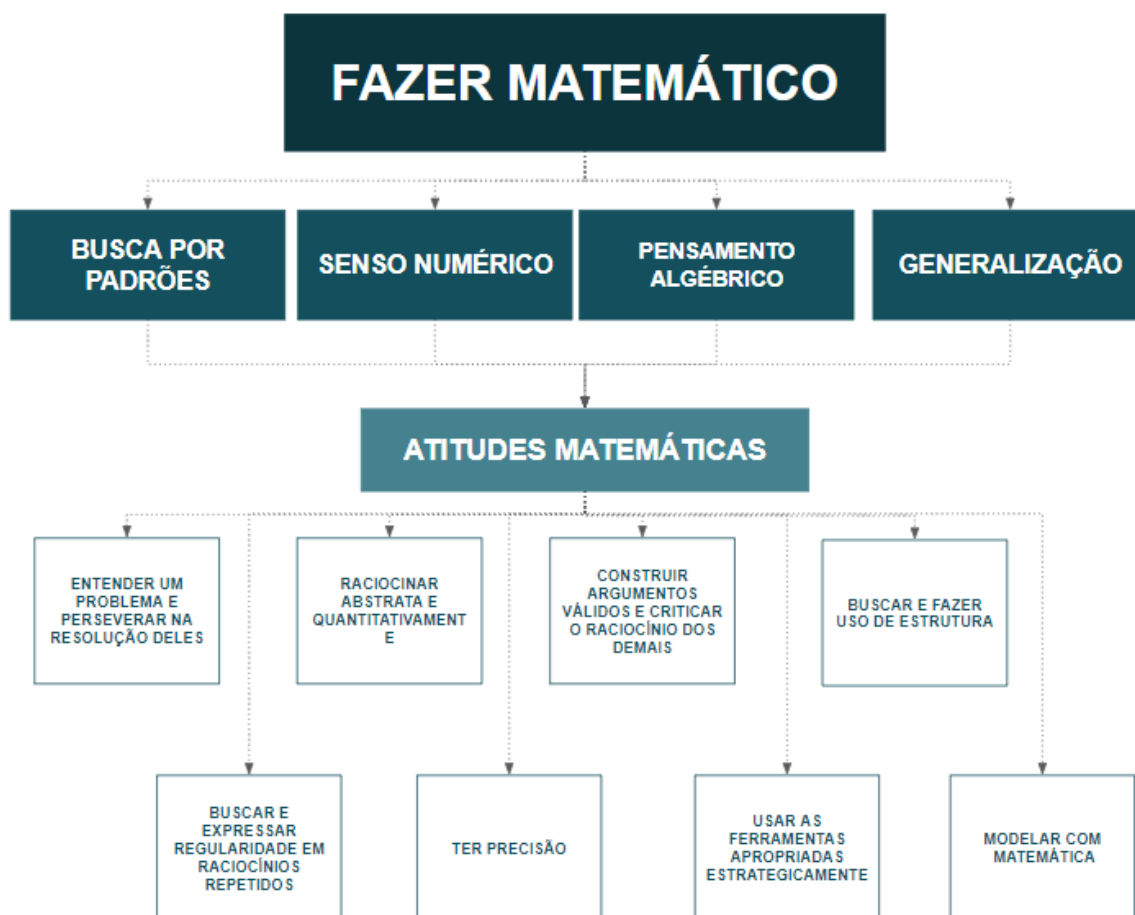


Figura 1 – O fazer matemático.

Fonte: A autora

2.2 Erros e a neurociência

Quando dizemos que o erro é um recurso importante para a aprendizagem, é bastante comum ouvir: “ah, agora tudo vale?”; e depois do “choque” inicial, tem-se a envergadura da vara, e vamos para o outro extremo e começamos a ouvir, com mais frequência do que gostaríamos: “não existe erro”. Ambos os extremos são muito perigosos. O primeiro, porque as grandes descobertas da ciência só encontram solo fértil quando os dogmas e as ideias tradicionais são desafiados. O segundo, porque em uma postura compassiva, tem-se desperdiçado o grande potencial do erro como recurso para a aprendizagem.

E ele não é um recurso apenas porque somos educadoras e educadores progressistas. Boaler (2018) apresenta a pesquisa de Jason Moser na qual descobrimos que toda vez que cometemos um erro, quer estejamos conscientes dele, quer não, é disparada uma sinapse em nosso cérebro. Mas quando descobrimos que erramos e buscamos novas estratégias para resolver um problema, esse é o momento em que temos

mais atividade cerebral. Assim, o erro é de suma importância para o desenvolvimento do nosso cérebro.

Vejamos a questão mais a fundo.

Na última década, vimos o surgimento de tecnologias que deram aos pesquisadores novos acessos aos mecanismos da mente e do cérebro. Hoje, os cientistas podem estudar crianças e adultos trabalhando em matemática e observar sua atividade cerebral. podem examinar o crescimento e a degeneração cerebral, bem como o impacto de diferentes condições emocionais na atividade do cérebro. Uma área que surgiu em anos recentes e impressionou os cientistas é a “plasticidade cerebral”. Costumava-se acreditar que os cérebros com os quais as pessoas nasciam não poderiam ser alterados, mas essa ideia agora foi inequivocamente refutada. Sucessivos estudos demonstraram a incrível capacidade do cérebro de crescer e mudar em um período muito curto (2018, p. 1)

Para alguns, as evidências da teoria crítica talvez não sejam suficientes para os convencer de que os erros são importantes para o processo de desenvolvimento, tanto dos seres humanos como indivíduos quanto como coletivamente; ou também não consigam romper as barreiras ideológicas do sociometabolismo do capital que nos faz acreditar que apenas determinadas pessoas, que nasceram com o “dom” do pensamento lógico-matemático, são capazes de aprender matemática e demais áreas correlatas. No entanto, as evidências citadas acima por Boaler mostram que nada poderia estar mais longe da verdade.

Zaretta Hammond (2015) organiza as pesquisas da neurociência para mostrar como, ao longo de milênios de evolução, o cérebro humano se transformou nesta complexa estrutura que temos hoje. Essa estrutura que, acima de tudo, é capaz de aprender, ou seja, de criar a partir da sua interação com os demais e com a natureza. Hammond mostra que o nosso hipocampo é como a nossa “Wikipédia pessoal” (2015, p. 39). É nele que se dão os processos de acomodação e assimilação descritos por Piaget. A região do neocórtex também tem grande importância, pois, de acordo com Hammond (2015, p. 40):

It is home to our *executive function*. Executive function is the command center of the brain. It oversees our thinking and manages our working memory. It controls planning, abstract thinking, organization, and self-regulation. It also houses our imagination. [...] In addition to executive function-, the neocortex has an almost endless capacity to learn and rewrite itself².

E é aqui que mora o nosso argumento central: todo mundo independentemente de raça, gênero e classe, com *condições adequadas*, é capaz de aprender qualquer coisa. Em suma, o neocórtex é a região que nos faz seres humanos, ou seja, é onde está a nossa ilimitada capacidade intelectual.

² É a casa da nossa *função executiva*. A função executiva é o centro de comando do cérebro. Ele monitora nossos pensamentos e organiza nossa memória de trabalho. Ele controla o planejamento, pensamento abstrato, organização e autorregulação. Ele é a casa da nossa imaginação. [...] Além da função executiva, o neocórtex tem uma capacidade quase interminável de apreender e se reorganizar. (Tradução nossa)

Resumidamente, durante o aprendizado, quando entramos em contato com uma nova informação, os neurônios se comunicam entre si para passar a informação adiante, por meio de descargas químicas ou elétricas (Boaler, 2018). Os neurônios se comunicam por meio do axônio e dos dendritos. Os dendritos, por sua vez, são estruturas que podem se expandir para receber e transmitir informações. Quando estamos aprendendo algo, no nosso cérebro crescem novos dendritos, que são responsáveis pelas mudanças cognitivas causadas pela(s) nova(s) informação(ões). Quando o cérebro está aprendendo, ele se reorganiza, criando um novo caminho neural. Assim como um caminho na areia, se não for reforçado, ele vai sumir. Mas quando seguimos aprendendo e diferentes regiões do cérebro disparam buscando as possibilidades de resolução de um problema, mais e mais os caminhos neurais serão conectados e fortalecidos. A capacidade e funcionamento cerebrais podem ser muito mais detalhadas, mas dados os limites deste trabalho, nós nos limitaremos a essas informações.

O que as pesquisas da neurociência sobre o desenvolvimento do cérebro têm mostrado é que não há pessoas que nasçam com um cérebro mais ou menos propício para a matemática, mas que a única coisa que todos com que os cérebros já nascem prontos é para aprender, aprender qualquer coisa. Os erros, por sua vez, não só são inevitáveis, como são extremamente importantes nesse processo.

[...] o psicólogo Jason Moser estudou os mecanismos neurais que operam nos cérebros das pessoas quando elas cometem erros (Moser et al., 2011). Jason e seu grupo descobriram uma coisa fascinante. Quando cometemos um erro, o cérebro tem duas possíveis respostas. A primeira é chamada de negatividade relacionada ao erro (NRE), é um aumento da atividade elétrica quando o cérebro experimenta o conflito entre a resposta certa e o erro. O interessante é que essa atividade ocorre quer a pessoa saiba que cometeu um erro ou não. A segunda resposta é chamada de Pe, é um sinal cerebral que reflete atenção consciente a erros. Isso acontece quando existe a consciência de que o erro foi cometido. (Boaler, 2018, p. 11)

Mas, além das duas respostas acima, a análise dos erros é de suma importância, porque permite às e aos estudantes acessarem categorias cognitivas mais altas, como avaliar, comparar, transpor etc. Essas categorias fazem com que a atividade sináptica aumente, assim criando, fortalecendo e conectando caminhos neurais, ou seja, desenvolvendo o cérebro, como ilustrado na Figura 2.

A pesquisa é de caráter exploratório e focou na implementação do acolhimento do erro como recurso pedagógico e na aplicação de atividades matemáticas "piso baixo, teto alto". Esse caráter exploratório é fundamental para identificar novas perspectivas e possibilidades de práticas educativas que promovam uma aprendizagem significativa e inclusiva. Além de explorar novas abordagens, a pesquisa é descritiva, pois documenta detalhadamente as experiências dos educadores durante o curso. A descrição inclui a organização das atividades, a dinâmica das interações em sala de aula, as estratégias utilizadas para acolher o erro e as reações dos alunos. Esta documentação minuciosa é essencial para compreender como as práticas pedagógicas foram implementadas e quais foram seus efeitos sobre o aprendizado dos alunos.

A abordagem participativa é um aspecto central desta pesquisa. Os educadores não foram apenas observadores passivos, mas participantes ativos no processo de desenvolvimento e implementação das práticas pedagógicas. Eles foram incentivados a refletir sobre suas próprias experiências e compartilhar percepções.

Os dados foram coletados através de várias técnicas qualitativas. As observações em sala de aula permitiram registrar as interações e o envolvimento dos alunos com as atividades propostas. Além disso, os relatos escritos pelos participantes ao final do curso ofereceram uma rica fonte de dados qualitativos para análise.

A análise dos dados seguiu uma abordagem indutiva, buscando identificar padrões e temas emergentes a partir das experiências relatadas pelos educadores. Foram utilizadas técnicas de codificação para categorizar as informações e construir uma compreensão abrangente dos impactos das práticas pedagógicas implementadas.

4. Resultado e discussão: o tratamento dos erros durante o DoMM

Nos itens anteriores, temos informações que permitem afirmar que todo mundo é capaz de aprender matemática em altos níveis; contudo, é muito comum ouvirmos das pessoas que elas “não se dão bem com a matemática”.

A literatura marxiana e marxista nos apresenta que a vida determina a consciência, ou seja, a forma com que nos organizamos socialmente para produzir a vida determina as nossas crenças sobre o mundo, o outro e nós mesmos. Vivemos no sociometabolismo do capital, uma forma de organização da produção da vida pautada na exploração e na exclusão, e daí surgiram superestruturas para garantir a manutenção desse sociometabolismo. Em outras palavras: a nossa forma de produzir socialmente a vida está pautada na exploração, na acumulação e, conseqüentemente, na exclusão, daí emergindo ideologias para legitimar essa forma de produzir a vida. Assim, há toda uma ideologia que impacta, em especial, pessoas negras e indígenas, pessoas trans ou não binárias e pessoas da classe trabalhadora, fazendo-as crer que algumas ciências, como a matemática, não são para elas.

Um estudo realizado por Dweck (2007) aborda os conceitos de mentalidade fixa e mentalidade de crescimento, e o impacto delas na aprendizagem de estudantes de 7º e 8º anos. Dweck define como mentalidade fixa a atitude de acreditar que a sua capacidade de desenvolver determinada habilidade seja fixa, ou seja, que se nasce pré-determinado do que pode e do que não pode fazer. Geralmente, quando se tem essa mentalidade, a atitude mais comum é desistir frente às dificuldades; e a principal consequência desse tipo de aprendizagem é que, sem desafios, não é possível aprender. Ou seja, a nossa aprendizagem fica estagnada e limitada. Já pessoas que apresentam mentalidade de crescimento, mesmo sem conhecer as evidências da neurociência, acreditam que são capazes de superar qualquer desafio e seguem persistindo frente às dificuldades. Assim, para essas pessoas, a aprendizagem não se estagna.

Nesse estudo, as autoras notam que estudantes que apresentaram atitudes de mentalidade fixa (denominados *entity*, na Figura 3) tiveram a sua aprendizagem estagnada durante o período da pesquisa, mas estudantes que apresentaram atitudes de mentalidade de crescimento (denominados *incremental*) tiveram um considerável avanço em suas notas.

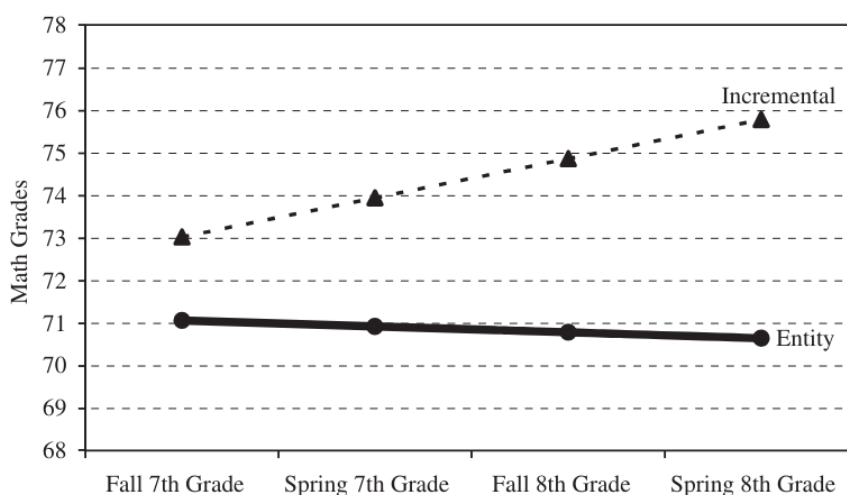


Figura 3 - Gráfico com o desempenho dos estudantes.
Fonte: Dweck, 2007.

Esse estudo foi a base para que Jo Boaler trouxesse a ideia de mentalidade para a sua abordagem de educação matemática. E nessa abordagem, Boaler propõe quatro práticas para o ensino e a aprendizagem de matemática:

- Cultura de Mentalidade de Crescimento
- Natureza da Matemática
- Desafio e Esforço
- Conexões e Colaborações

Cada prática, por sua vez, apresenta três dimensões, as quais devemos estar atentos na sala de aula para fortalecer a comunidade de aprendizagem e contribuir para que as e os estudantes possam explorar todo o seu potencial como aprendizes de matemática. Assim, podemos rever não apenas as nossas práticas em sala de aula, mas também a compreensão que temos do que é a matemática.

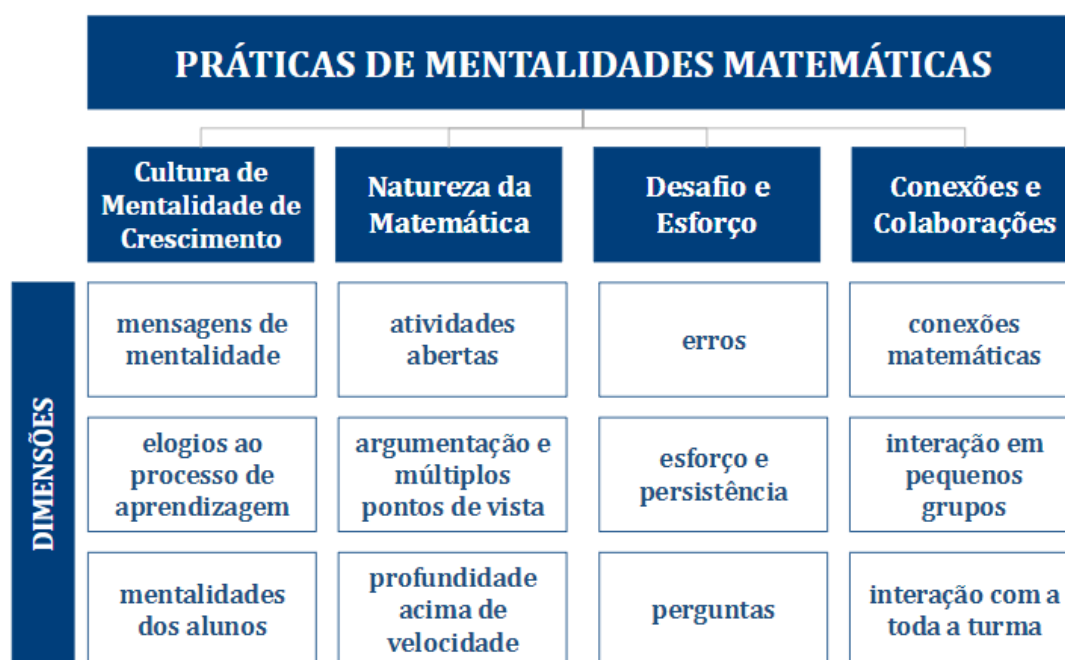


Figura 4 - Práticas de Mentalidades Matemáticas e suas dimensões.

Fonte: A autora

Nesta seção, apresentamos como os erros foram tratados ao longo do curso DoMM. O formato do curso era de residência pedagógica e estava organizado da seguinte maneira: na parte da manhã, as e os docentes vivenciavam as atividades matemáticas como aprendizes, depois fazíamos um exercício de metacognição sobre a prática pedagógica, com base na modelagem que havia sido realizada durante a vivência das atividades, e, por fim, planejamos de forma colaborativa a aplicação das atividades com as e os estudantes, na parte da tarde. Por dia, eram realizadas três modalidades de atividade com docentes e estudantes: conversa numérica, a conversa de pontos e a atividades de grandes ideias. Aqui, será realizado o relato da realização das conversas numéricas ao longo de quatro dias.

Na conversa numérica do primeiro dia de curso do DoMM, foi trabalhado o seguinte problema: calcular $93 - 68$. Depois de dar um tempo para as pessoas participantes elaborarem mentalmente estratégias para encontrar o resultado, peço que compartilhem os resultados aos quais chegaram. Contrariamente ao que encontramos com frequência nas salas de aula, todos os resultados são aceitos. E mais: não digo qual está correto, apenas peço para que as pessoas defendam as suas respostas expondo os seus pensamentos. Essa escolha se dá principalmente porque é essencial a criação de um ambiente seguro de aprendizagem, em que todo mundo se sinta parte da comunidade de aprendizagem. Todo mundo é bem-vindo, e todas as ideias são valiosas,

independentemente de serem precisas ou não, pois todas nos levam a pensar profundamente sobre a matemática e os seus padrões.

Todas as respostas são escritas na lousa; e foram elas: 25, 29, 35 e 21. Em seguida, peço para que, quem quiser, compartilhe o que e como pensou. Nesse processo, não coube a mim validar as respostas, mas, coletivamente, foi possível avaliar, comparar, analisar e criar estratégias. Ou seja, acessamos categorias cognitivas muito mais complexas que, apenas, lembrar. Não estamos apenas lembrando os fatos matemáticos, estamos experimentando e explorando a matemática em toda sua beleza e profundidade.

Conforme são compartilhadas as ideias e não há punição para os erros, pois estes são acolhidos e investigados, o clima vai ficando mais leve e mais pessoas se sentem confortáveis para compartilhar as suas ideias; e, desse modo, a comunidade como um todo tem a oportunidade de pensar profundamente sobre os padrões matemáticos.

A primeira pessoa a apresentar as suas estratégias havia chegado ao resultado 21. Ela fez $80-60$ e $13-8$, porque “tinha de pegar emprestado”. Ela disse que, em $13-8$, olhou para o 3 e o 8 apenas, e “deu 1”; ela diz que sabe por que ainda não estava confiante para elaborar sobre isso, então seguimos. Assim ficou $80-60=20$, $20+1$. Sinto aqui, que, talvez por ser o primeiro dia, essa pessoa ainda não apresenta muita abertura para ser questionada sobre as suas escolhas, e, por isso, chamo outra pessoa para defender a sua resposta. Ela encontrou 35 como resposta, e explica que já sabe o que havia errado. Ela diz que fez $90-60+3-8$, sendo que $90-60$ deu 30, e na hora de fazer $3-8$, ela “inverteu $8-3$ e deu 5”, aí ficou $30+35=35$. Ela diz, então, que teria “de ter pegado uma dezena emprestada do 90”, de maneira que ficaria $13-8+80-60$, então $5+20$.

Discutimos que podemos fazer $90-30+3-8$, ficando $90-60=30$ e $3-8=-5$, sendo, então, $30+(-5)=25$. Aqui, discutimos sobre uma fala muito comum nos anos iniciais do ensino fundamental, de que só se pode subtrair um número menor de outro, ou seja, só é possível fazer $8-3$, mas não $3-8$, porque “números negativos não são conteúdos de 1º a 5º”. Diz-se que “não existe”, mas existe ($3-8$, $5-7$, $237-890$ etc.), e isso prejudica muito nossas e nossos estudantes.

A conversa numérica no segundo dia de curso foi com o problema 29×35 . Essa conversa é um pouco mais desafiadora que a do dia anterior, e, perante a verbalização da sensação de dificuldade, de imediato são apresentadas as evidências da neurociência referentes a ideia de que os momentos de dificuldade são os momentos nos quais temos maiores oportunidades de desenvolver o nosso cérebro, tentando, assim, evitar que a dificuldade seja associada com a incapacidade de aprendizagem. Dessa forma, antes de pedir o compartilhamento dos resultados, começo fazendo uma análise de qual seria o intervalo admissível para o nosso resultado. Um professor pergunta se pode “chutar” o resultado, e respondo que, entre zero e o infinito, ele pode encontrar a resposta. Assim, traço a reflexão para a turma: por que o resultado está entre zero e infinito?

A partir das diversas contribuições, vamos construindo o entendimento que isso se dá porque se trata da multiplicação de dois números naturais. Sendo multiplicação de números naturais, o resultado deve ser maior que os dois fatores da multiplicação.

Discutimos, também, que, para a multiplicação de números positivos, sendo eles inteiros ou não, o resultado sempre será positivo.

Analisando os números, também descobrimos que o algarismo na ordem da unidade não poderia ser zero, uma vez que, ao multiplicar as unidades dos fatores da multiplicação (5 e 9), daria 45; logo, o resultado “termina com 5”. Em seguida, diminuimos mais o intervalo possível do resultado. Em um primeiro momento, uma pessoa diz que, como estamos multiplicando números na ordem das dezenas, o resultado tem de estar na ordem do milhar. Ao perceber que tal afirmação não foi aceita por algumas outras pessoas da turma, digo para testarmos. Assim, começamos testando 10×10 , e vimos que a afirmação não era sempre verdadeira, pois o resultado é 100. Assim, vamos testando com as demais dezenas, 20×20 , depois 30×30 e 40×40 . Então, propomos que o resultado estará entre 900 (resultado de 30×30) e 1600 (resultado de 40×40). Após definir esses critérios, peço para que compartilhem os resultados e ressalto que mesmo os resultados fora dos critérios estabelecidos acima também devem ser compartilhados, pois são importantes para pensarmos mais profundamente, buscando entender onde erramos.

Os resultados apresentados são 1015, 270, 920, 1050, 645. O resultado 645 foi citado por muitas pessoas. Uma professora diz que tinha chegado a esse resultado, 645, mas o descartou quando fez 30×30 , e deu 900. Ela explica que usou 30×30 , pois arredondou tanto 29 como 35 para 30. As pessoas que chegaram ao 645 explicaram que decomposaram 29 em $20+9$, e 35 em $30+5$. Ao realizar a multiplicação, elas só multiplicaram dezenas com dezenas e unidades com unidades, ou seja, 20×30 e 9×5 , ficando, então, $600+45$.

Usei como estratégia a representação visual da multiplicação por área, como mostra a Figura 5, para que pudessem analisar o que haviam produzido.

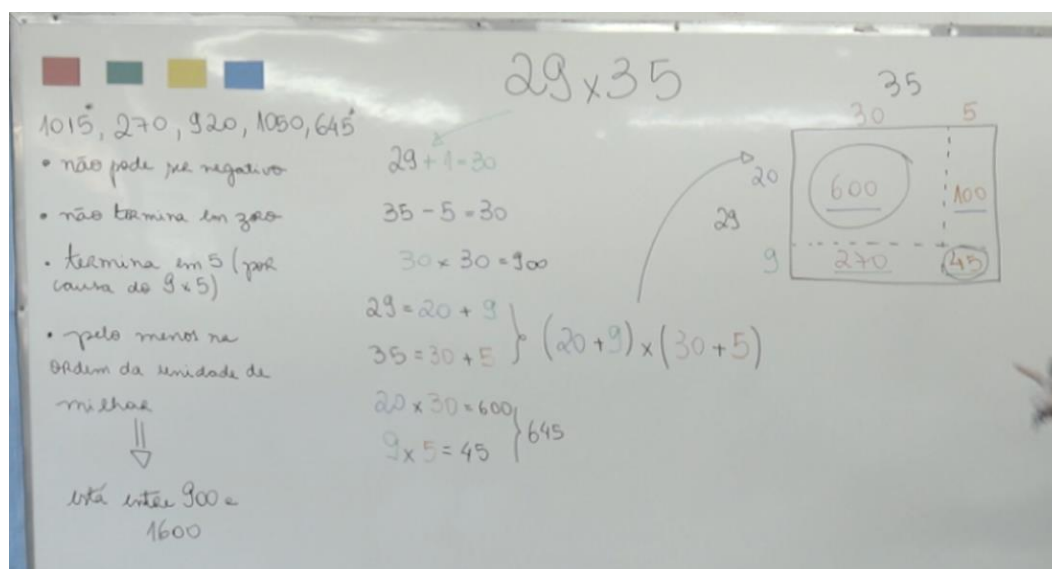


Figura 5 - Representação visual de 29×35 por área.

Fonte: A autora.

Aqui, concluíram que não haviam realizado a propriedade distributiva da multiplicação, de maneira que faltou multiplicar 20×5 e 9×30 . Outra professora diz que também utilizou a estratégia de usar a área de um retângulo. Ela considerou que o comprimento era 35 e que, na largura, ela arredondou 29 para 30, e, então, pensou em três partes de 10. Após realizar $35 \times 10 + 35 \times 10 + 35 \times 10$, ela “tirou” uma parte. Assim, ficou $35 \times 10 + 35 \times 10 + 35 \times (10 - 1)$, que seria $3 \times (35 \times 10) - 35 = 1050$.

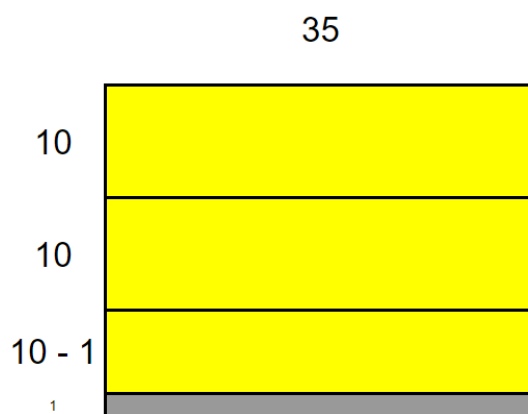


Figura 6 - Representação visual de $(30 - 1) \times 35$.

Fonte: A autora.

A conversa numérica do terceiro dia foi: $366 \div 6$. A divisão é comumente considerada a operação matemática mais difícil. Por isso, comecei essa conversa pedindo que pensassem em diferentes formas de composição do número 366. Durante esse momento preliminar, usando a estratégia de representação por área, da multiplicação, já apareceu uma possibilidade de resolução do problema, mas isso não é um problema, porque o nosso foco não é apenas encontrar o resultado, e sim pensar em diferentes estratégias e avaliá-las. Na figura abaixo, têm-se as decomposições propostas pelo grupo.

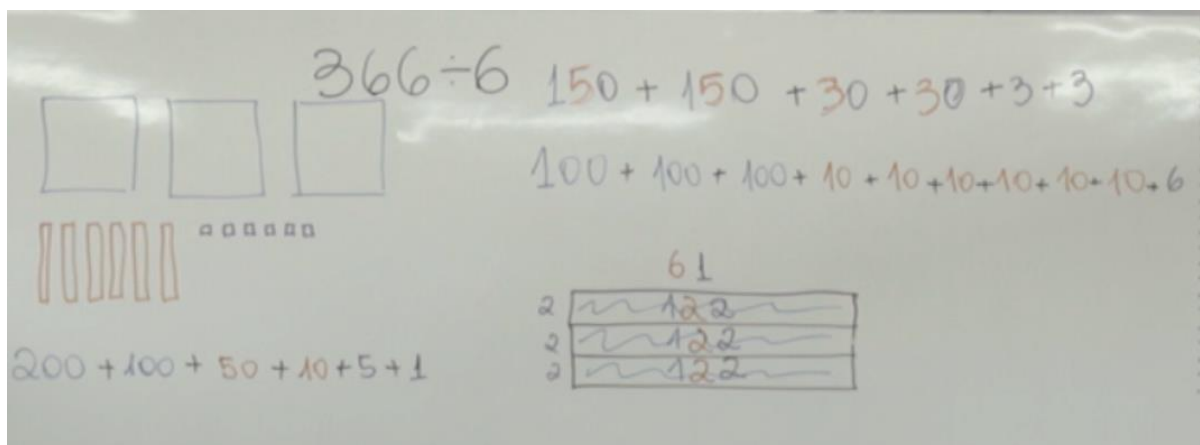


Figura 7 - Representação visual de $366:6$.

Fonte: A autora.

Nessa conversa, vemos como o grupo está bem mais confortável para apresentar as suas estratégias. Notamos, também, que arriscam mais. Quando propus a conversa $366 \div 6$, alguns já notaram a relação com a decomposição realizada por área. Mas pensaram em outras possibilidades, como a exposta na Figura 8.

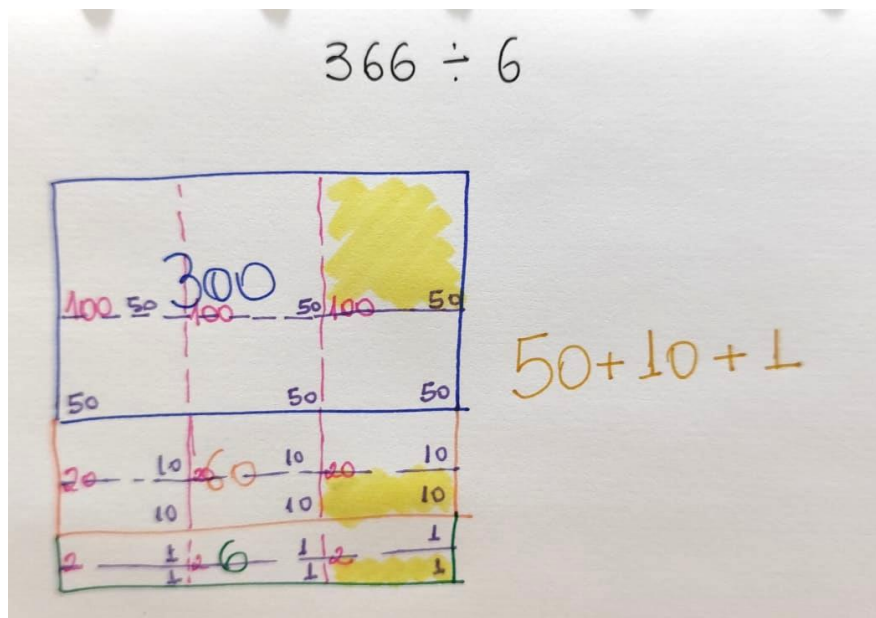


Figura 8 - Divisão de 366 por 6.

Fonte: A autora.

Nessa possibilidade, a pessoa disse que decompôs um retângulo de área total de 366 em três retângulos de áreas 300, 60 e 6, e, então, percebeu que dividir por 6 também pode ser dividir um número por 3 e, depois, dividir o resultado obtido por 2. Assim, o retângulo de área 300 foi dividido em três partes iguais, resultando em três retângulos de área 100. O de área 60, dividido em três retângulos de área 20 (cada); e o retângulo de área 6, em três retângulos de área 2. Então, ela dividiu todos os retângulos ao meio, resultando em áreas de 50, 10 e 1, que ela somou e deu 61; dessa maneira, $366 \div 6 = 61$.

A última conversa numérica foi sobre frações, conteúdo matemático considerado de grande complexidade no senso comum. A conversa era: qual está mais perto de 1 na reta numérica, quatro quintos ou cinco quartos?

Antes de iniciar essa conversa, trabalhamos os conhecimentos prévios sobre frações. Aqui, as pessoas participantes afirmaram que as frações representam uma divisão de um todo em partes iguais e que a sua escrita representa a relação das partes com o todo. Então, construímos representações visuais de quatro quintos e de cinco quartos, conforme a Figura 9.

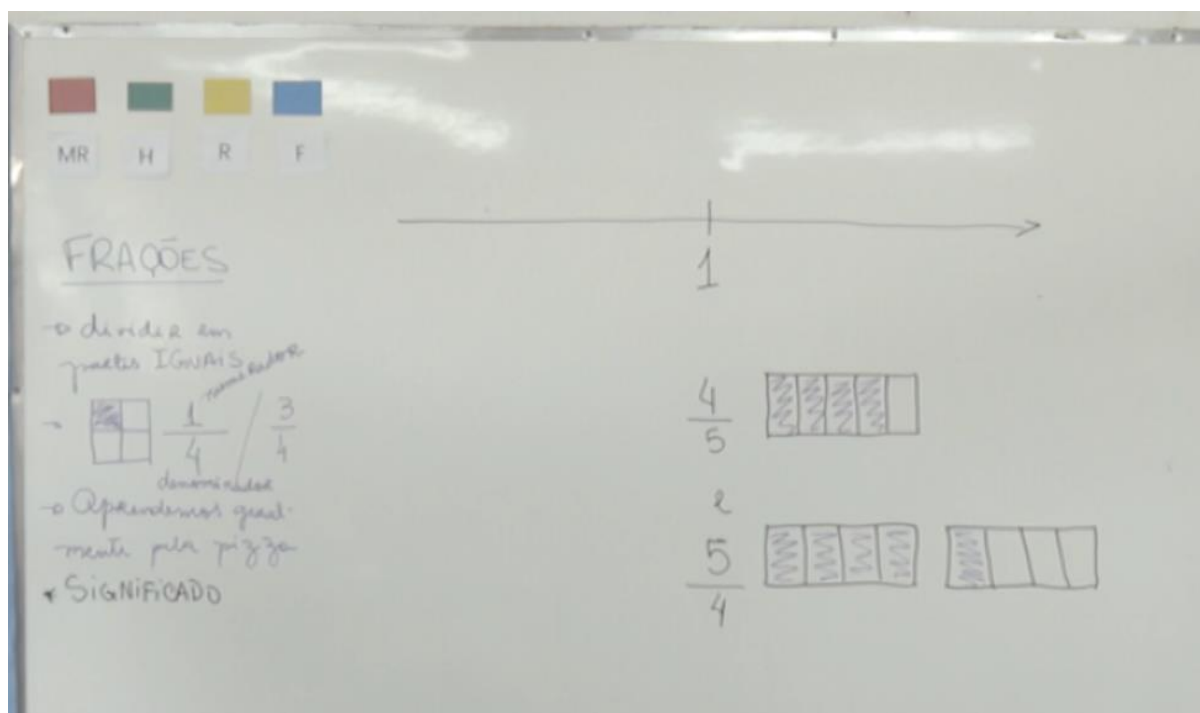


Figura 9 - Representação visual de quatro quintos e cinco quartos.

Fonte: A autora.

Após essa construção, posicionamos as duas frações na reta numérica, sendo $4/5$ à esquerda do 1, e $5/4$ à direita. E depois fomos analisar qual estava mais perto de 1. Para ter mais precisão, dividimos o intervalo de 0 a 1 em cinco partes iguais e marcamos $4/5$ na marcação da quarta parte. Depois, dividimos o intervalo de 1 a 2 em quatro partes iguais e posicionamos $5/4$ na primeira parte, uma vez que $5/4$ é o mesmo que um inteiro mais $1/4$. Segundo uma pessoa disse, para descobrir onde seriam as marcas de $1/4$: “dividi a mesma escala na metade e, depois, na metade de novo; fiz a metade da metade”.

Ainda assim havia algumas pessoas com dúvida sobre qual estava mais perto do 1. Então uma pessoa disse: “eu prefiro dividir um bolo com 4 pessoas e receber um pedaço a dividir com cinco pessoas e receber um pedacinho”. Propondo ter ainda mais precisão, algumas pessoas sugeriram transformar as frações em números decimais, sendo que $4/5$ foi transformado em 0,8 e $5/4$ em 1,25. Assim, concluíram que 0,8 está só 0,2 distante de 1 e que 1,25 está 0,25 distante do 1; logo, 0,8 (ou $4/5$) está mais próximo de 1.

Assim, notamos que, ao longo desses quatro dias trabalhando os erros de forma investigativa para pensar mais profundamente sobre a matemática, as pessoas participantes foram se sentindo mais confiantes em sua capacidade de aprender e se arriscando a explorar conteúdos matemáticos mais complexos.

5. Conclusões

Ao longo deste artigo foi realizada uma retomada do trabalho, enquanto ontologia do ser social, para a teoria crítica. Vimos que é o trabalho enquanto expressão da criatividade que nos diferencia dos demais animais e nos torna humanos. É por meio do trabalho que criamos o mundo à nossa volta e nos relacionamos com os demais seres humanos, com a natureza e com nós mesmos. Vimos que, durante o processo de objetivação de um trabalho voltado para um fim pré-determinado, é praticamente inevitável que ocorram erros e ajustes de rota, de forma que são por conta dos erros que podemos aprofundar os nossos conhecimentos e criar outros. Assim, com base na teoria crítica, vimos que o erro é inexorável no processo de desenvolvimento humano e da expressão da nossa ontologia criativa.

Em seguida vimos que todo mundo tem a capacidade e o cérebro organizado para aprender. Contudo, os dados de aprendizagem matemática no Brasil são alarmantes, de acordo com o anuário da educação de 2021. Pelos dados apresentados, vemos que, a cada 100 estudantes, um pouco menos de 47 conclui os anos iniciais da etapa do ensino fundamental com os conhecimentos adequados de matemática para essa fase e, ao final dos últimos anos dessa etapa, já perdemos mais quase 25 estudantes a cada 100, e vemos que só 24,4% têm a aprendizagem adequada para a etapa. Ao final do ensino médio, apenas 10 em cada 100 estudantes apresentam a aprendizagem adequada. Ou seja, se a cada ano se formarem 1 milhão de estudantes no ensino médio, 900.000 saem sem ter o seu direito constitucional à aprendizagem atendido.

As evidências apresentadas ao longo deste artigo refutam a tese de que esse cenário seja fruto da incapacidade cognitiva das e dos estudantes para aprender matemática. Sendo assim, precisamos buscar em outras esferas as causas para tal cenário inaceitável.

Infelizmente, os limites deste artigo não permitem que nos debruçemos sobre as questões de estrutura da organização do ensino público no Brasil para pensar as causas do fracasso do ensino de matemática. Porém é importante ressaltar que:

A educação institucionalizada, especialmente nos últimos 150 anos, serviu - no seu todo - ao propósito de não só fornecer os conhecimentos e o pessoal necessário à máquina produtiva em expansão do sistema do capital, como também gerar e transmitir em quadro de valores que legitima os interesses dominantes [...] (Mészáros, 2014, p. 35)

Ou seja, é importante ressaltar que toda a estrutura da escola moderna não é destinada à emancipação humana e à produção de conhecimentos para o bem comum, mas sim o fornecimento de força de trabalho e a manutenção objetiva e subjetiva do sociometabolismo do capital.

Mas nem tudo está perdido. Ao olharmos para a escola moderna de forma dialética (França, 2016), vemos que, ao organizar os resultados dos conhecimentos produzidos historicamente pelo ocidente, ela cria a possibilidade de um espaço no qual haja a sistematização e a produção de conhecimentos. A escola moderna carrega dentro de si o

seu oposto. Não podemos ser ingênuas e ingênuos de acreditar que é possível uma transformação radical na escola moderna dentro do sociometabolismo do capital, mas uma visão madura não pode se converter em uma visão pessimista ou derrotista. Podemos, em nossas salas de aula, ir “gestando” experiências de educação emancipadora.

Aqui compartilhei experiências de práticas que retomam as pessoas em processo de aprendizagem como sujeito do e no mundo. Com base nessas práticas, buscou-se criar um ambiente seguro para que as pessoas pudessem explorar a sua criatividade e se vissem como seres capazes de criar. Não se trata de uma receita - e muito menos de uma prática a ser copiada -, trata-se de um convite. Um convite para sonhar com um novo mundo possível e construir experiências concretas da nossa retomada como sujeitos do mundo, da construção de uma educação questionadora e da busca pela garantia do direito constitucional de todas e todos à aprendizagem.

6. Referências

ANDERSON, Lorin W.; KRATHWOHL, David R. **A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing**: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Pearson Longman, 2001.

ANDRÉ, M. E. D. A. **Metodologia da Pesquisa em Educação**. 10 ed. São Paulo: E.P.U., 2005.

BLACKWELL, L. S.; TRZESNIEWSKI, K. H.; DWECK, C. S. Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A longitudinal study and an intervention. **Child development**, 78(1), 246-263, 2007.

BOALER, Jo. **Mentalidades matemáticas**: estimulando o potencial dos estudantes por meio da matemática criativa, das mensagens inspiradoras e do ensino inovador. Porto Alegre: Penso, 2018.

BOALER, Jo. **Mentes sem barreiras**: as chaves para destravar seu potencial ilimitado de aprendizagem. Porto Alegre: Penso, 2020.

CRUZ, P.; MONTEIRO, L. (Orgs.) **Anuário Brasileiro da Educação Básica**. São Paulo: Moderna, 2021. Disponível em: https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2021/07/Anuario_21final.pdf. Acesso em: 09 dez. 2023.

DAVIS, Angela. **Mulheres, classe e raça**. São Paulo: Boitempo, 2016.

DEVLIN, Keith. **O instinto matemático**. Tradução de Michelle Dysman. 5. ed. Rio de Janeiro: Record, 2014.

DOIDGE, Norman. **O cérebro que se transforma**. Tradução de Ryta Vinagre. 1. ed. Rio de Janeiro: Record, 2016.

FRANÇA, Marina. **Da fábrica para a escola: trabalho, educação e luta de classes.** São Paulo: 2016. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/bitstream/handle/27454/1/MARINA%20LONGHI%20DE%20FRAN%C3%87A.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2023.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** 74. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2019.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido.** 16. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

HAMMOND, Zaretta. **Culturally responsive teaching and the brain: promoting authentic engagement and rigor among culturally and linguistically diverse students.** Thousand Oaks: Corwin, 2015.

MÉSZAROS, I. **A educação para além do capital.** São Paulo: Boitempo, 2014.

MARX, K. **O capital.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008.