



CONCEITOS PORTAIS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA MATEMÁTICA: ARTICULAÇÕES TEÓRICAS E IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS

THRESHOLD CONCEPTS AND MEANINGFUL LEARNING: THEORETICAL ARTICULATIONS AND PEDAGOGICAL IMPLICATIONS

Maria Cecília Pereira Santarosa

Doutorado em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Docente Titular no Departamento de Matemática do Centro de Ciências Naturais e Exatas da UFSM. Atua como professora e orientadora no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPgECi) e no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física (PPGEMEF), ambos na UFSM.

maria-cecilia.santarosa@ufsm.br

Paulo Rogério Miranda Correia

Pós-doutorado na área de Quimiometria Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Docente da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP (EACH/USP Leste) e coordena o curso de Licenciatura em Ciências da Natureza

prmc@usp.br

Resumo

Este artigo analisa as relações entre os Conceitos Portais e a Teoria da Aprendizagem Significativa no ensino da Matemática, considerando a natureza abstrata desta ciência como um desafio central à aprendizagem. A discussão parte de um ensaio teórico de Santarosa sobre aprendizagem significativa da Matemática, dialogando com Meyer e Land na definição de conceitos portais e com Ausubel e Novak na explicação dos mecanismos de subsunção. Integram-se ainda as contribuições de Bunge, que caracteriza a Matemática como ciência formal e abstrata, e de Duval, que descreve a importância das representações semióticas na apreensão de um objeto matemático. Somam-se a esse quadro teórico as reflexões de Moreira, Correia e Kinchin sobre a construção de significados, a fragilidade conceitual e o papel da mediação pedagógica. Um exemplo contextual de limite de funções ilustra como um conceito portal, inicialmente problemático, pode se tornar significativo por meio da prática docente. A conclusão enfatiza a relevância de combinar esses referenciais para promover uma aprendizagem profunda e transformadora em Matemática.

Palavras-chave: Conceitos Portais. Aprendizagem Significativa da Matemática. Limites de Funções. Mediação Pedagógica.

Abstract

This article analyzes the relationship between Threshold Concepts and the Theory of Meaningful Learning in Mathematics education, considering the abstract nature of the discipline as a central challenge for learning. It builds on Santarosa's theoretical essay on meaningful learning in Mathematics, drawing on Meyer and Land's notion of threshold concepts and Ausubel's and Novak's explanation of subsumption mechanisms. The discussion also integrates Bunge's view of Mathematics as a formal and abstract science, and Duval's which describes the importance of semiotics representations in the apprehension of a mathematical object. Additionally, it incorporates Moreira's, Correia's, and Kinchin's reflections on meaning making, conceptual fragility, and the role of pedagogical mediation. A contextual example of the limit of functions illustrates how a threshold concept, initially abstract and troublesome, may become meaningful when pedagogically mediated. The conclusion emphasizes the relevance of combining these frameworks to foster deep and transformative learning in Mathematics.

Keywords: Threshold Concepts. Meaningful Learning of Mathematics. Functions Limits. Pedagogical Mediation.

1 INTRODUÇÃO

Esta discussão parte das contribuições apresentadas por Santarosa (2016), que analisou a aprendizagem significativa no ensino da Matemática, destacando os desafios relacionados à natureza abstrata da disciplina e à necessidade de promover conexões significativas entre conceitos formais e contextos concretos. A autora destaca três pontos principais que devem ser levados em conta no processo do ensino da Matemática: *o entendimento da natureza epistemológica da Matemática; o conhecimento do conteúdo matemático a ser ensinado e a importância do contexto de formação do acadêmico no processo da aprendizagem*. A autora defende que são as situações-problema da área de formação do acadêmico que podem dar sentido aos conceitos matemáticos desenvolvidos na Matemática (Santarosa, 2013). Estas reflexões vão ao encontro dos cinco elementos de um caso educacional propostos por Novak (1998, p.19): *“Todo evento educativo envolve cinco elementos: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação”*.

A partir dessa base, busca-se ampliar esta reflexão ao integrar o referencial dos Conceitos Portais (Meyer; Land, 2003) à Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 1968). Assim, *o objetivo deste artigo é investigar como estes referenciais se articulam para compreender a aprendizagem significativa em Matemática, destacando a importância da mediação pedagógica para superar a abstração inerente à disciplina*.

O trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, assumindo o formato de um Ensaio Teórico. Considera-se o ensaio teórico como um exercício reflexivo de elaboração intelectual, voltado à problematização conceitual e à construção argumentativa de relações entre diferentes referenciais teóricos (Severino, 2016).

2 A NATUREZA EPISTEMOLÓGICA DA MATEMÁTICA

A Matemática ocupa um lugar singular entre as ciências, em razão de sua natureza abstrata. Como observa Bunge (1980, p. 65), *“a matemática não estuda objetos concretos, mas sim estruturas formais que podem ser aplicadas posteriormente à realidade”*. As estruturas formais às quais Bunge se refere são modelos matemáticos, obtidos a partir do processo da modelagem matemática, capazes de prever e retro dizer fenômenos científicos.

Para Pietrocola (2002, pg. 106), *“não se trata apenas de saber Matemática para poder operar as teorias Físicas que representam a realidade, mas de saber apreender teoricamente o real através de uma estruturação matemática”*. Essa linha de pensamento de Pietrocola corrobora com o movimento intelectual da matemática originário na Grécia antiga, atribuído por filósofos como Tales de Mileto (625-547 a.C.) e Pitágoras de Samos (560-480 a.C.). Naquele contexto, a matemática era dividida em “utilitária”, necessária para os trabalhos de comerciantes e artesãos, e “abstrata”, direcionada aos dirigentes e intelectuais da “elite”. Matemática e Filosofia representavam uma mesma linha de pensamento (D’Ambrosio, 2014). Essa característica abstrata (filosófica) da matemática, ao mesmo tempo que lhe confere poder explicativo, cria obstáculos adicionais à aprendizagem, já que muitos estudantes encontram dificuldades em atribuir significados a conceitos tão distantes da experiência imediata.

Ocorre que na área da Matemática lidamos com *Objetos Matemáticos* que não podem ser confundidos com suas representações. Só podemos nos aproximar dos Objetos Matemáticos por meio de suas representações. *“A compreensão em matemática passa necessariamente pela mobilização de diferentes registros de representação semiótica, e a aprendizagem só se*

consolida quando o aluno é capaz de converter informações entre esses registros” (DUVAL, 2003, p. 14). Isto é, para Duval, o simples domínio de um único tipo de representação (por exemplo, algébrica) não é suficiente. É a articulação entre registros (gráfico, numérico, verbal, algébrico, geométrico etc.) que permite a verdadeira compreensão.

Nesse cenário, dois referenciais teóricos se mostram particularmente úteis: os Threshold Concepts (conceitos portais), propostos por Meyer e Land (2003), e a Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por Ausubel (1968). Enquanto os primeiros ressaltam pontos de virada na compreensão disciplinar, a segunda explica os mecanismos cognitivos que permitem que tais viradas se consolidem em aprendizagens profundas.

Considera-se, neste trabalho, a *aprendizagem profunda* como uma manifestação qualitativa da *aprendizagem significativa*, caracterizada por elevados níveis de integração conceitual, compreensão relacional e transformação cognitiva (Marton e Säljö, 1976).

3 CONCEITOS PORTAIS

O conceito de *Conceito Portal* foi introduzido por Meyer e Land (2003) a partir de pesquisas sobre dificuldades de aprendizagem em cursos universitários. A ideia central é que algumas noções dentro de cada disciplina funcionam como verdadeiros “portais conceituais”: uma vez compreendidos, transformam de maneira irreversível a forma como o estudante percebe determinado campo de conhecimento. Kinchin (2014) argumenta que “*a compreensão profunda emerge da tensão entre as estruturas conceituais do estudante — frequentemente frágeis ou fragmentadas — e os novos significados que desafiam suas concepções prévias*” (2014, p. 40).

Meyer e Land (2003; 2005) descrevem cinco características fundamentais dos conceitos-portais: *Transformadores*: mudam significativamente a forma de pensar do estudante; *Irreversíveis*: uma vez aprendidos, dificilmente são “desaprendidos”; *Integrativos*: permitem ao aluno perceber interconexões entre diferentes áreas ou tópicos da disciplina; *Problemáticos*: são, em geral, difíceis de compreender, podendo gerar resistência, insegurança ou frustração; *Limitadores*: funcionam como fronteiras que diferenciam aqueles que adentraram um novo domínio conceitual daqueles que ainda permanecem à margem.

Além dessas características, a literatura enfatiza o papel da *liminaridade*: o estado de transição no qual o aprendiz já não se apoia apenas em concepções prévias, mas ainda não domina plenamente o novo conceito. Esse período, denominado “*estase conceitual*”, é marcado por ambiguidades, tentativas de significação e, muitas vezes, sentimentos de confusão. Superar essa etapa é condição necessária para que a aprendizagem ocorra em profundidade.

Conceitos-portais são amplamente discutidos em diferentes áreas, como é o exemplo de conceito de *Limite* na Matemática. Sua compreensão na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, uma vez internalizada, reconfigura a forma como o estudante compreende e opera dentro desta área, além de permitir a transferência para outras áreas do conhecimento. As implicações disso para a elaboração do currículo de ensino são muito claras. Land (2013, p. 10) enfatiza que “*o reconhecimento de conceitos-portais em um currículo tem profundas implicações para o design de cursos e para a prática docente*”.

Quando Moreira (2011) propõe as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas como sequências didáticas promotoras da aprendizagem significativa, ele sugere, na primeira etapa da sequência, que se definam os aspectos declarativos e procedimentais para o

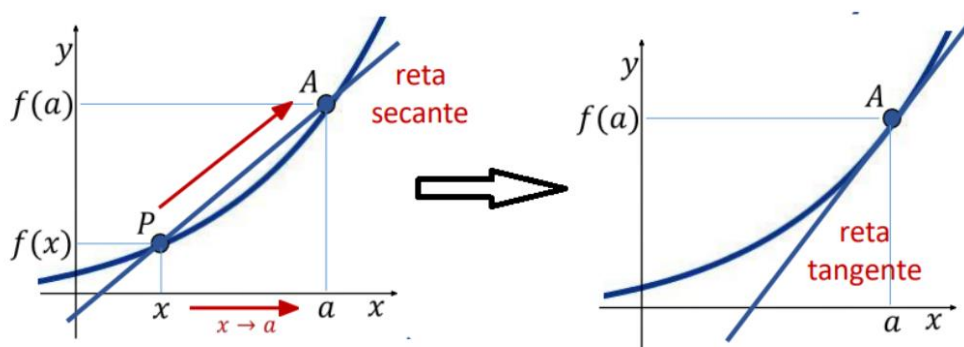
processo do ensino. Considera-se que o entendimento de quem sejam os conceitos portais da matéria de ensino seja importante, juntamente com as relações conceituais hierárquicas da disciplina.

3.1 EXEMPLO DE CONCEITO PORTAL NA MATEMÁTICA: O CONCEITO DE LIMITE

O conceito de *Limite* é a grande novidade com que se deparam os estudantes de graduação em matemática e áreas afins quando ingressam na Universidade. A disciplina de Cálculo que abarca essa transição nada mais é do que a reformulação da matemática através do uso de um processo limite. De fato, o estudo do cálculo envolve três estágios distintos da matemática: o *pré-cálculo* (comprimento de um segmento de reta, a área de um retângulo, e assim por diante), o processo de *limite*, e as novas formulações do Cálculo (*derivadas, integrais, etc.*).

Em geral, a clássica noção do significado geométrico do processo de limite de uma função é apresentada na figura 1, quando o professor intenciona que estudantes compreendam a definição de derivada (gradiente) da função $y = f(x)$ num ponto específico da curva $x = a$. Os conteúdos básicos do pré-cálculo necessários para esse entendimento são os conceitos de função e suas representações geométricas no plano cartesiano. Este conhecimento sucede os conceitos de números reais e o traçado de uma reta secante à curva que representa o gráfico da função $y = f(x)$, representando a taxa média de variação da função no intervalo $[x, a]$. A passagem para o cálculo, que engloba o processo do limite, requer a compreensão de que a partir da reta secante apresentada, pode-se determinar a reta que tangencia à curva num único ponto, fazendo o ponto P deslocar-se em direção ao ponto A da curva. De modo informal podemos fazer com que $f(x)$ fique tão próximo de $f(a)$ quanto quisermos, fazendo x suficientemente próximo de a . O coeficiente angular da reta tangente ao gráfico da função $y = f(x)$ representa o valor numérico da função derivada no ponto específico $x = a$, $f'(a)$, também denominado de taxa instantânea de variação da função no ponto específico.

Figura 1: Noção geométrica da definição de derivada de uma função num ponto específico.



Fonte: https://matematicahoje.blog/inclinacao-da-reta-tangente/#google_vignette (acessado em 15/06/2026)

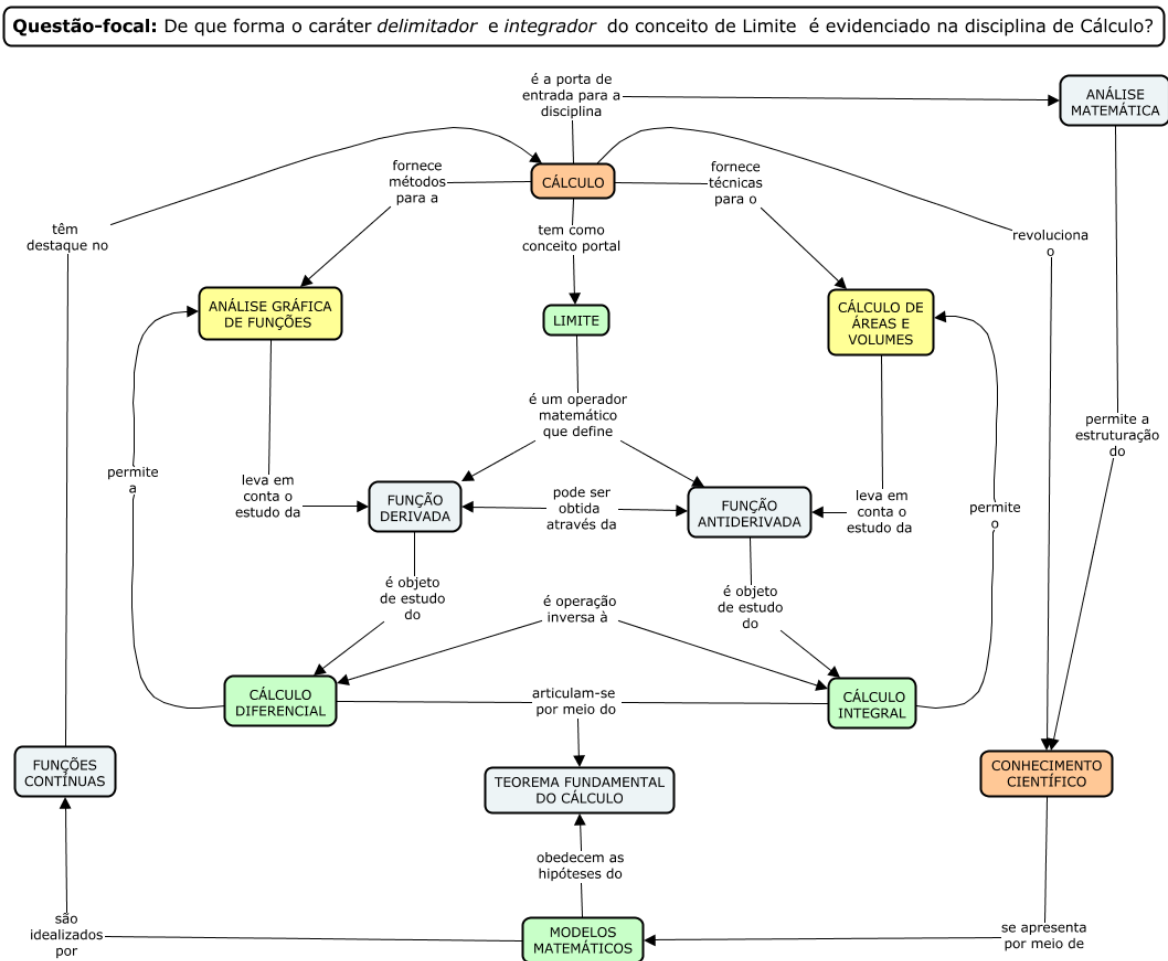
Os termos “aproximação” ou “vizinhança”, pensados informalmente acerca do conceito de limite, subentendem, de modo formal a existência de números positivos ε e δ , tais que, a distância entre $f(x)$ e $f(a)$ é menor do que ε sempre que a distância entre x e a for menor do que δ . De acordo com Breen e O’Shea (2024): “A definição $\varepsilon - \delta$ do limite de uma função é frequentemente problemática para os estudantes, e muitos matemáticos naturalmente a

associam ao ouvir falar de conceitos-limite, lembrando-se das dificuldades enfrentadas pelos alunos” (BREEN; O’SHEA; 2024, p.62-63).

Uma das dificuldades encontradas no processo de aprendizagem de limites encontra-se nas imagens e concepções prévias dos estudantes acerca das expressões “limite” e “tende a”, as quais em geral não são cientificamente aceitas.

Podemos considerar limite um conceito portal na matemática por sua característica *delimitadora* e *integrativa*. É um conceito *delimitador* por situar-se na fronteira do Cálculo e da Análise, atuando como portal de entrada para a Análise Matemática. É um conceito *integrativo* por conectar o Cálculo Diferencial e o Cálculo Integral (ver figura 2).

Figura 2: Mapa Conceitual que representa as relações conceituais do Cálculo



Fonte: Os autores.

Ocorre que a aprendizagem no Cálculo, em geral, é puramente mecanizada pelo uso de fórmulas algorítmicas, sem a atribuição de significados pelos estudantes. Muitas vezes, as técnicas do cálculo de limites são facilmente aplicadas sem a compreensão do significado do conceito de limite. “Alguns estudantes tentam aprender cálculo como se fosse simplesmente uma coleção nova de fórmula. Isso é lamentável. Quando os alunos reduzem o cálculo à memorização de fórmulas de diferenciação e integração, eles estão perdendo muito: o cálculo desenvolve o raciocínio, a autoconfiança e pode gerar muita satisfação” (LARSON et. al., 1998, p. ix).

Veremos, mais a frente, que a transposição cognitiva de um conceito portal pelo estudante irá requerer, necessariamente, a busca por uma aprendizagem significativa. Esse fato não dependerá apenas do seu “querer aprender”, mas da mediação pedagógica do professor.

4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), formulada por David Ausubel (1968), representa uma das mais influentes abordagens cognitivas para a compreensão do processo cognitivo/construtivo da aprendizagem. Segundo o autor: “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe” (1968, p. 18). Moreira complementa: *"A essência da aprendizagem significativa é que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe."* (MOREIRA, 2006, p. 13).

Diferentemente da aprendizagem mecânica, caracterizada pela memorização descontextualizada e pela pouca permanência dos conteúdos na estrutura cognitiva, a aprendizagem significativa ocorre quando os novos conceitos se integram de forma lógica e coerente ao repertório do estudante. Esse processo recebe o nome de *Subsunção*: o vínculo entre o novo material e os conceitos relevantes já disponíveis na estrutura cognitiva.

A aprendizagem significativa pode ser de três tipos: representacional, conceitual e proposicional. Esses tipos de aprendizagem podem ser identificados nos mapas conceituais¹ elaborados pelo aprendiz. Novak e Gowin (1984) explicam que a aprendizagem significativa representacional é o nível básico, evidenciado no mapa quando o aluno atribui significados a símbolos isolados ou termos específicos; a aprendizagem significativa conceitual é o nível intermediário, demonstrado quando o estudante consegue agrupar características comuns em categorias, organizando os conceitos principais dentro das caixas de texto do mapa; já a aprendizagem significativa proposicional é o nível mais avançado e a essência do mapa conceitual. Ela se materializa nas linhas de conexão e verbos de ligação, comprovando que o aluno compreendeu a relação lógica e o significado composto entre dois ou mais conceitos.

Apesar da aprendizagem significativa seja preferida em relação à aprendizagem mecânica, muitas vezes a aprendizagem mecânica é necessária, em situações em que os conhecimentos prévios necessários para a nova aprendizagem não estão presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ocorre que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica fazem parte de um intervalo contínuo no processo de aprendizagem, onde o aprendiz transita, modificando constantemente sua estrutura cognitiva. Quando o aprendiz recorre persistentemente à aprendizagem mecânica (decoreba), ele cria proposições soltas, fracas ou inadequadas, que não são cientificamente aceitas na matéria de ensino. Novak (2002) conceitua e define estas estruturas conceituais malformadas como LIPH's (*Estruturas Hierárquicas Proposicionais Limitadas ou Inapropriadas*). A aprendizagem significativa é condição necessária para possíveis correções/modificações das LIPH's, o que subentende sucesso na mudança conceitual na estrutura cognitiva do aprendiz.

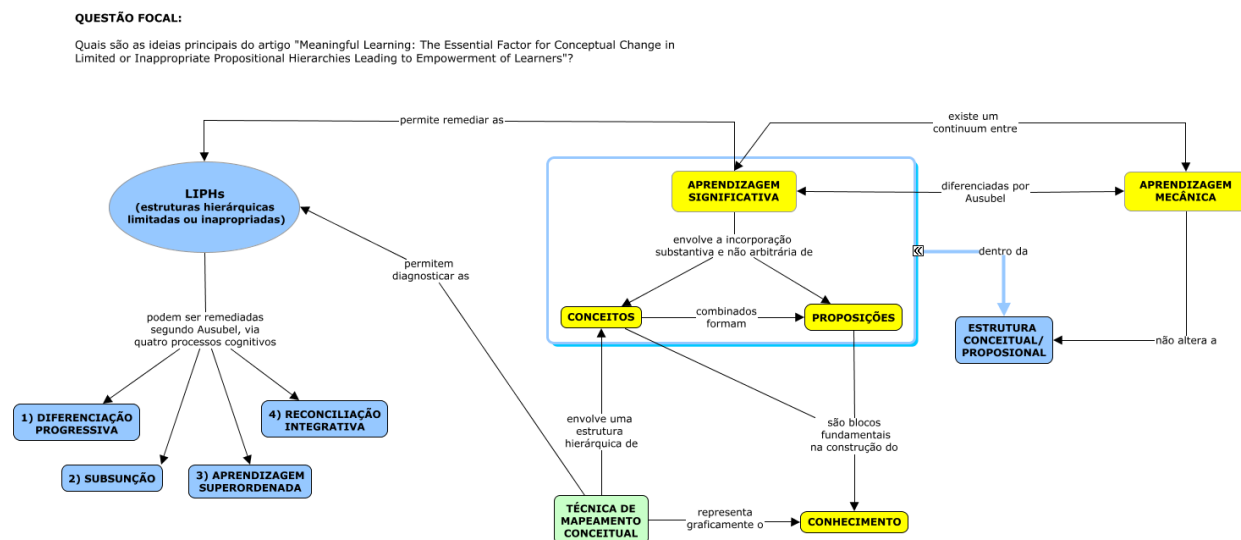
A aprendizagem significativa pode ocorrer de duas formas principais: *subordinada e superordenada* onde os novos conceitos ficam subordinados ou superordenados em relação aos

¹ Um mapa conceitual é um organizador gráfico que representa visualmente a estrutura de conhecimentos de um indivíduo e as relações lógicas entre diferentes conceitos (NOVAK, GOWIN, 1984).

conceitos subsunçores, respectivamente. Ao longo do processo novos conceitos vão sendo diferenciados e reintegrados, modificando a estrutura cognitiva preexistente.

As ideias principais do trabalho de Novak (2002) estão articuladas no mapa conceitual colaborativo apresentado na figura 3.

Figura 3: O papel da aprendizagem significativa na reestruturação das LIPH's

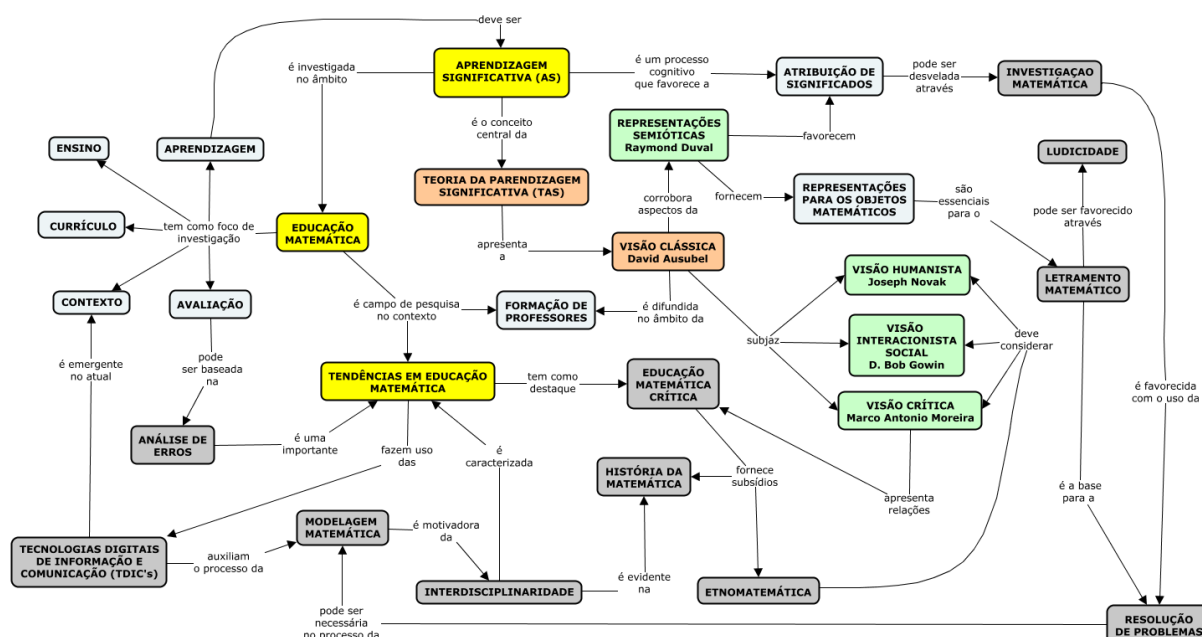


Autoria: Camilla Marangao, Keli C. Maurina, Maria C. Pereira Santarosa (04/2021).

Para facilitar o processo da aprendizagem significativa, Ausubel propõe o uso de *Organizadores Prévios*: recursos conceituais, metáforas, analogias ou estruturas mais gerais apresentadas antes da introdução do novo conteúdo. Eles funcionam como pontos de ancoragem que reduzem a distância entre o conhecimento já existente e o que se deseja aprender. Santarosa (2022) destaca a importância de organizadores prévios articulados com tendências metodológicas da área da educação matemática para o ensino de conceitos matemáticos. Dentre estas tendências destacam-se a resolução de problemas, a modelagem matemática e a história da matemática (figura 4).

Figura 4: Tendências em educação matemática e aprendizagem significativa

Questão-focal: De que maneira a Aprendizagem Significativa pode ser investigada no âmbito da Educação Matemática?
 Autora: Prof^a Maria Cecília Pereira Santarosa



Fonte: os autores.

São três as condições para que a aprendizagem significativa ocorra: 1) *Material potencialmente significativo* – o conteúdo deve ser lógico, coerente e relacionável; 2) *Estrutura cognitiva prévia relevante* – o aprendiz precisa ter conceitos prévios específicos que sirvam de âncora (conceitos subsunçores); 3) *Disposição do aprendiz* – é necessário haver intenção de relacionar o novo conhecimento ao já existente.

No campo educacional, a Aprendizagem Significativa tornou-se uma base para metodologias que priorizam a compreensão conceitual, como os mapas conceituais Novakianos e os diagramas V de Gowin (NOVAK; GOWIN, 1984). Em comum, essas práticas buscam ir além da memorização, favorecendo uma apropriação crítica e duradoura dos conteúdos.

5 A TRAVESSIA DE CONCEITOS-PORTAIS

A compreensão dos processos de aprendizagem que conduzem à transformação conceitual pode ser enriquecida pela incorporação da noção de *ressonância pedagógica*. Desenvolvido por Ian M. Kinchin e Paulo Rogério Miranda Correia, esse conceito busca explicar como determinadas experiências educacionais produzem alinhamento entre as estruturas de conhecimento dos estudantes e os significados mobilizados pelo ensino, favorecendo a construção compartilhada de compreensões mais profundas e integradas.

Segundo Correia e Kinchin (2022), a ressonância pedagógica permite acessar a complexidade frequentemente oculta nos processos educacionais, favorecendo a emergência de novas formas de compreender um determinado domínio do conhecimento. Nessa perspectiva, aprender não significa apenas adquirir informações, mas estabelecer conexões capazes de reorganizar estruturas cognitivas previamente existentes. Tal compreensão aproxima-se diretamente da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968), segundo a qual (como

vimos) a aprendizagem ocorre quando novos conhecimentos são relacionados, de maneira não arbitrária e substantiva, aos conhecimentos prévios específicos do aprendiz.

Essa aproximação torna-se ainda mais evidente quando se considera que a aprendizagem significativa depende da existência de subsunçores adequados e da disposição do estudante para atribuir significado ao conteúdo estudado. Em termos de ressonância pedagógica, isso significa que o ensino precisa criar condições para que os conceitos apresentados encontrem correspondência nas estruturas cognitivas do estudante. Quando essa correspondência ocorre, amplia-se a possibilidade de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, processos considerados centrais na teoria ausubeliana.

A literatura sobre aprendizagem profunda apresenta convergências semelhantes. Marton e Säljö (1976) demonstraram que estudantes que adotam abordagens profundas de aprendizagem buscam compreender significados, estabelecer relações conceituais e integrar conhecimentos em estruturas mais amplas de compreensão. De modo semelhante, Entwistle (2009) argumenta que a aprendizagem profunda envolve a integração de ideias e a construção de relações entre conceitos. Tais características aproximam-se da ressonância pedagógica, uma vez que esta pressupõe a formação de conexões cognitivas capazes de produzir compreensão relacional e reorganização conceitual.

No contexto da teoria dos conceitos-portais, a ressonância pedagógica adquire especial relevância. Meyer e Land (2003; 2005) descrevem os conceitos-portais como ideias transformadoras que modificam a forma pela qual o estudante compreende determinado campo do conhecimento. A travessia de um conceito-portal implica uma mudança qualitativa na compreensão, caracterizada por integração, irreversibilidade e transformação epistemológica. Todavia, a teoria dos conceitos-portais dedica menor atenção aos mecanismos cognitivos que possibilitam essa travessia.

É nesse ponto que a ressonância pedagógica pode oferecer uma contribuição explicativa relevante. A travessia de um conceito-portal não ocorre apenas pela exposição ao conteúdo, mas pela produção de experiências de aprendizagem capazes de gerar ressonância entre os novos conceitos e as estruturas cognitivas previamente constituídas pelo estudante. Quando essa ressonância se estabelece, a aprendizagem significativa torna-se mais provável e pode atingir níveis mais elevados de profundidade, culminando na transformação conceitual descrita por Meyer e Land.

Sob essa perspectiva, a aprendizagem significativa pode ser compreendida como o mecanismo cognitivo de construção de significados; a aprendizagem profunda, como a manifestação qualitativa dessa construção; e a travessia dos conceitos-portais, como a consequência transformadora de um processo de aprendizagem que alcançou elevado grau de integração conceitual. A ressonância pedagógica emerge, então, como elemento mediador entre esses constructos, explicando como determinadas experiências educacionais favorecem a passagem de compreensões fragmentadas para compreensões integradas e transformadoras.

Dessa forma, propõe-se que a relação entre aprendizagem significativa, aprendizagem profunda, ressonância pedagógica e conceitos-portais pode ser representada como um continuum de complexidade crescente: os novos conhecimentos inicialmente estabelecem relações significativas com a estrutura cognitiva do estudante; essas relações evoluem para formas mais profundas de compreensão; a ressonância pedagógica potencializa esse processo ao favorecer conexões cognitivas relevantes; e, finalmente, a travessia de conceitos-portais consolida uma transformação qualitativa na maneira de compreender determinado domínio do conhecimento.

6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E CONCEITOS PORTAIS: APROXIMAÇÕES

Observa-se que ambos os referenciais: *Conceitos Portais e Aprendizagem Significativa* tratam de mudanças cognitivas *profundas e significativas*, que vão além da memorização superficial e promovem transformações na percepção e na atuação do estudante dentro de uma disciplina. Apresenta-se a seguir algumas articulações analisadas entre os dois referenciais.

6.1 CONCEITO PORTAL COMO PONTO DE SUBSUNÇÃO

Um conceito portal pode ser entendido como um nó conceitual cuja assimilação exige a reorganização da estrutura cognitiva pré-existente, exatamente como descreve a teoria de Ausubel. Meyer e Land (2003) afirmam que “*os conceitos portais envolvem frequentemente um estado de liminaridade, no qual o aprendiz se encontra em um limbo conceitual entre sua visão prévia e a nova compreensão*” (MEYER; LAND, 2003, p.6).

A travessia desse conceito portal corresponde à integração significativa de novos conhecimentos, o que reforça a ideia de que a aprendizagem significativa fornece a base psicológica para que a transformação proposta pelos Conceitos Portais ocorra.

6.2 LIMINARIEDADE E CONFLITO COGNITIVO

O estado de liminaridade, central nos conceitos portais, guarda relação direta com os conceitos de aprendizagem significativa relacionados à dificuldade inicial de subsunção de novos conteúdos. Durante a liminaridade, o estudante enfrenta um conflito cognitivo e passa por um período de estase conceitual: tenta conciliar o conhecimento prévio com ideias problemáticas ou transformadoras.

Esse processo, contrário à *Subsunção* é definido por Novak (2002) como *Disjunção*:

“*Quando a nova informação não encontra conceitos claros e relevantes na estrutura cognitiva para ancorar-se, ocorre o processo de disjunção, que resulta em aprendizagem mecânica, pois o conhecimento é armazenado de forma arbitrária e isolada.*” (NOVAK, 2002, p. 22).

Kinchin (2014, p. 41) reforça que “*os momentos de incerteza e ambiguidade que os estudantes vivenciam durante a aprendizagem devem ser vistos não como falhas, mas como parte integrante do processo de construção de significados*”.

A resolução desse conflito depende de estratégias que favoreçam a aprendizagem significativa, como a apresentação de organizadores prévios, a mediação docente e a exploração de analogias ou modelos.

6.3 TRANSFORMAÇÃO CONCEITUAL E DURABILIDADE DA APRENDIZAGEM

Outro ponto de aproximação é a ênfase na transformação conceitual. A compreensão de um conceito-portal transforma irreversivelmente o entendimento do estudante. Na aprendizagem significativa, a integração substancial de novos conteúdos à estrutura cognitiva garante durabilidade e aplicabilidade do conhecimento. Assim, podemos perceber que o domínio de conceitos portais depende da aprendizagem significativa, enquanto a aprendizagem significativa é potencializada quando o conteúdo aborda conceitos centrais transformadores.

6.4 IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS DESSA APROXIMAÇÃO

A mediação docente é central para ajudar o estudante a atravessar os conceitos problemáticos. Land (2013, p. 15) ressalta que *“o professor precisa preparar o terreno para que a travessia conceitual ocorra, oferecendo apoio e reconhecimento das dificuldades envolvidas”*.

Essa mediação docente justifica considerar a articulação entre os dois referenciais propondo práticas pedagógicas estratégicas, tais como: 1) Identificação prévia dos conceitos portais de cada disciplina e das estruturas cognitivas necessárias para sua compreensão; 2) Planejamento de organizadores prévios para facilitar a travessia do estado de liminaridade; 3) Uso de mapas conceituais no processo do ensino e da aprendizagem; 3) Observação do estudante em momentos de dificuldade conceitual, oferecendo suporte para transformar confusão inicial em compreensão duradoura.

Com relação ao uso de mapas conceituais, Correia (2010) reforça essa ideia ao afirmar que: *“o mapeamento conceitual é uma técnica bem estabelecida que permite a representação gráfica de conhecimento e informação (...) servindo para identificar os conhecimentos prévios dos alunos, acompanhar o processo de mudança conceitual ao longo da instrução e verificar a organização dos conceitos numa disciplina”* (p. 2402-2).

Outra estratégia metodológica que promove a aprendizagem significativa são as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) propostas por Moreira (2011). *“As UEPS devem ser planejadas de modo que os novos conhecimentos possam ancorar-se em conceitos relevantes, claros e estáveis da estrutura cognitiva do aluno, promovendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora”* (MOREIRA, 2011, p. 43).

Em síntese, a relação entre Conceitos Portais e Aprendizagem Significativa indica que *a aprendizagem conceitual profunda depende da interação entre o potencial transformador dos conceitos-portais e a capacidade do estudante de integrar significados de forma substancial à sua estrutura cognitiva pré-existente.*

7 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA MATEMÁTICA: DISCUSSÕES PEDAGÓGICAS

As implicações pedagógicas oriundas da discussão neste trabalho indicam que a compreensão de conceitos-portais para a aprendizagem da matemática necessita da mediação do professor. Logo, é papel do docente planejar estratégias que facilitem a travessia destes conceitos-portais e promovam aprendizagens duradouras. Alguns passos são necessários:

7.1 IDENTIFICAÇÃO DE CONCEITOS-PORTAIS E ANÁLISE DA ESTRUTURA COGNITIVA

O primeiro passo consiste em identificar os conceitos-portais da disciplina a ser ministrada, entendendo quais ideias são essenciais para transformar a compreensão do estudante. Paralelamente, é necessário mapear as estruturas cognitivas prévias dos alunos, de modo a identificar lacunas ou conhecimentos que podem servir de base para a aprendizagem significativa. Essa análise orienta a escolha de conteúdos, atividades e organizadores prévios, antecipando possíveis dificuldades na travessia da liminaridade.

7.2 ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS PARA SUPERAR A LIMINARIDADE NO CONTEXTO DA MATEMÁTICA

A liminaridade, ou estado de transição conceitual, exige estratégias que promovam integração significativa de novos conhecimentos: 1) *Organizadores prévios*: introdução de conceitos gerais, analogias ou esquemas antes do conteúdo transformador; tendências para o ensino da matemática; 2) *Mapas conceituais e diagramas V*: representação visual das relações entre conceitos, facilitando a percepção integrativa; 3) *Atividades* que permitam a transição entre diferentes níveis de representação matemática; 4) *Atividades contextualizadas*: atividades que permitam a transferência de significados matemáticos para diferentes áreas afins; 5) *Atividades reflexivas*: momentos de autoavaliação e discussão que permitam aos alunos confrontarem ideias prévias com novos significados.

7.3 MEDIAÇÃO DOCENTE E ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO

O papel do docente é central na travessia de conceitos portal. É necessário monitorar o progresso do estudante, identificar momentos de *Disjunção* e oferecer mediação adequada. A atuação do professor não se limita à transmissão de conteúdos, mas envolve facilitar a reconciliação entre conhecimento prévio e novos conceitos. Essa facilitação pode ocorrer por meio de um design de ensino que promova a ressonância pedagógica, favorecendo a aprendizagem significativa, e evitando que a dificuldade conceitual se transforme em desmotivação.

8 CONCLUSÃO

A análise realizada evidencia que os Conceitos-Portais e a Aprendizagem Significativa na Matemática apresentam uma complementaridade teórica importante para compreender processos de aprendizagem em profundidade. Enquanto os conceitos-portais destacam os conteúdos centrais que podem transformar a visão do estudante sobre uma disciplina, a aprendizagem significativa oferece os mecanismos cognitivos necessários para que essa transformação ocorra de maneira duradoura. Isto quer dizer que para que o aluno atinja o aprendizado profundo é necessário que queira aprender de forma significativa, necessária para a transposição (travessia) dos conceitos portais. Novak e Gowin (2002, p. 15) acrescentam que *“a aprendizagem significativa requer que o aprendiz escolha conscientemente relacionar ideias novas com conceitos relevantes que já conhece”*. A integração desses referenciais permite identificar os pontos críticos de aprendizagem na Matemática — os conceitos-portais — e planejar designs instrucionais prevendo momentos de ressonância pedagógica como estratégia facilitadora da assimilação dos novos conceitos, considerando as estruturas cognitivas prévias dos alunos. Os passos para uma abordagem pedagógica no ensino da Matemática podem ser sintetizados da seguinte forma: 1) A identificação dos conceitos portais é condição necessária para planejamento eficaz; 2) A aprendizagem significativa fornece o mecanismo psicológico que sustenta a travessia dos conceitos portais; 3) Estratégias pedagógicas integradas — problemas, mapas conceituais, organizadores prévios e mediação docente — potencializam a transformação conceitual; 4) O resultado esperado é uma aprendizagem profunda, duradoura e aplicável, capaz de transformar a percepção do estudante sobre o domínio em questão.

Importante fundamentar todas estas etapas considerando a natureza abstrata da matemática e seu papel estruturante do conhecimento científico nas mais diversas áreas. Outro aspecto fundamental é a importância da variada gama de representações necessárias para a aprendizagem de um objeto matemático. Especialmente, é importante considerar que são as situações-problema das áreas afins que podem dar sentido aos conceitos matemáticos. No campo da educação matemática o uso de organizadores prévios fundamentado em tendências metodológicas no processo do ensino favorece a aprendizagem significativa, condição necessária para a transposição dos conceitos portais. Futuras pesquisas podem explorar a operacionalização dessa articulação em contextos específicos de ensino da matemática, avaliando a eficácia de metodologias que integrem ambos os referenciais em disciplinas diversas.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1968.
- BREEN, Sinead; O'SHEA, Ann. **Threshold Concepts as an Anchor in Undergraduate Mathematics Teaching**. *Irish Math. Soc. Bulletin*. Number 94, Winter, 61– 67, 2024.
- BUNGE, M. **Epistemologia**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1980.
- CORREIA, P. R. M. **Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 4, p. 2402-1–2402-7, dez. 2010.
- CORREIA, P. R. M.; KINCHIN, I. M. **Pedagogic resonance and threshold concepts to access the hidden complexity of education for sustainability**. In: **Higher Education for Sustainable Development Goals**. Cham: Springer, 2022.
- D'AMBROSIO, U. **Educação Matemática: da Teoria à Prática**. Campinas, SP: Papirus, 2014.
- ENTWISTLE, Noel. **Teaching for Understanding at University: Deep Approaches and Distinctive Ways of Thinking**. London: Palgrave Macmillan, 2009.
- KINCHIN, I. M. **Concept Mapping in Higher Education: A Critical Review of the Literature**. *Higher Education*, v. 79, p. 759–781, 2014.
- LAND, R. **Threshold Concepts and Troublesome Knowledge: Implications for Course Design and Teaching**. In: MEYER, J. H. F.; LAND, R. (Eds.). *Overcoming Barriers to Student Understanding: Threshold Concepts and Troublesome Knowledge*. London: Routledge, 2013. p. 1–20.
- LARSON, R. E.; HOSTETLER, R. P.; EDWARDS, B. H. **Cálculo com Geometria Analítica: Volume 2**. 5ª Edição. Rio de Janeiro, Editora: LTC, 1998.
- MARTON, F.; SÄLJÖ, R. **On qualitative differences in learning: I – Outcome and process**. *British Journal of Educational Psychology*, v. 46, n. 1, p. 4-11, 1976.
- MEYER, J. H. F.; LAND, R. **Threshold Concepts and Troublesome Knowledge (1): Linkages to Ways of Thinking and Practising within the Disciplines**. *ETL Project Occasional Report 4*. Edinburgh: University of Edinburgh, 2003.
- MEYER, J. H. F.; LAND, R. **Threshold Concepts and Troublesome Knowledge (2): Epistemological Considerations and a Conceptual Framework for Teaching and Learning**. *Higher Education*, v. 49, n. 3, p. 373–388, 2005.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica**. Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, Madrid, n. monográfico VIII, p. 83–98, 2007. Disponível em: [Portal JOMTS](#). Acesso em: 14 jun. 2026.
- MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. *Aprendizagem Significativa em Revista*. Porto Alegre, v. 1, n. 2, p.43 – 63, 2011.
- MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.
- NOVAK, J. D. **Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprendendo a aprender**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

NOVAK, J. D.; **Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners**. *Science Education*, v. 86, n. 4, p. 548 – 571, 2002.

PIETROCOLA, M. **A Matemática como Estruturante do Conhecimento Físico**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.19, nº1, p. 89-109, 2002.

SANTAROSA, M. C. P. **Os lugares da Matemática na Física e suas Dificuldades Contextuais**. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.18, nº 1, p. 215 – 235, 2013.

SANTAROSA, M. C. P. **Ensaio sobre a Aprendizagem Significativa no Ensino da Matemática**. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v.6, nº3, p. 57 – 69, 2016.

SANTAROSA, M. C. P.; TIBULO, V. D. C. **Tendências para Organizadores Prévios com vistas à Aprendizagem Significativa em Demonstrações Matemáticas**. *Revista Espaço Pedagógico*, v.29, nº2, 2022.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 24.ed. São Paulo, SP: Editora Cortez, 2016.