



TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS: EVIDENCIANDO INTERFACES NO ENSINO DE CÁLCULO DIFERENCIAL

*THEORY OF MEANINGFUL LEARNING AND THEORY OF DIDACTIC SITUATIONS:
EVIDENCE OF INTERFACES IN THE TEACHING OF DIFFERENTIAL CALCULUS*

Guttenberg Sergistótanés Santos Ferreira

Doutorado em Ensino de Ciências Exatas junto à Universidade do Vale do Taquari – Univates.

Professor de Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE (Campus de Juazeiro do Norte).

guttenberg@ifce.edu.br

Maria Madalena Dullius

Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Burgos-Espanha.

Professora Titular da Universidade do Vale do Taquari - Univates, atuando no Programa em Ensino de Ciências Exatas (PPGECE) e no Programa em Ensino (PPGEnsino).

madalena@univates.br

Resumo

Este artigo foi desenvolvido a partir de uma tese de doutorado em Ensino de Ciências Exatas no qual se discutiu ensino e aprendizagem de Cálculo Diferencial segundo uma proposta didática envolvendo a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e a Teoria das Situações Didáticas (TSD). O estudo teve por objetivo evidenciar interfaces entre TAS/TSD, destacando aspectos convergentes observados em uma intervenção didática sobre Derivadas, especificamente, problemas de taxas de variação. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do curso de Licenciatura em Matemática em uma instituição pública de ensino no Cariri Cearense, Brasil. O procedimento metodológico adotado foi de natureza exploratório-qualitativa, segundo o desenvolvimento de uma engenharia didática. Existem indícios de que as teorias TAS/TSD dialogam em benefício da aprendizagem com significado em matemática, potencializando a organização de ideias e de conceitos prévios para realizar estudos em problemas de taxas de variação, propiciando dinamismo entre as relações que interligam professor, estudante e saber.

Palavras-chave: Ensino de Cálculo. Aprendizagem Significativa. Situações Didáticas. Derivadas.

Abstract

This article was developed from a doctoral thesis in Science Education that discussed the teaching and learning of Differential Calculus according to a didactic proposal involving the Theory of Meaningful Learning (TML) and the Theory of Didactic Situations (TDS). The study aimed to highlight interfaces between TML/TDS, emphasizing convergent aspects observed in a didactic intervention on Derivatives, specifically, problems of rates of change. The research was developed with students of the Mathematics Licentiate course at a public educational institution in Cariri Cearense, Brazil. The methodological procedure adopted was exploratory-qualitative in nature, according to the development of a didactic engineering. There is evidence that the TML/TDS theories interact to benefit meaningful learning in mathematics, enhancing the organization of ideas and prior concepts to carry out studies on problems of rates of change, providing dynamism in the relationships that link teacher, student, and knowledge.

Keywords: Teaching Calculus, Meaningful Learning, Derivatives, Didactic Situations.

1 INTRODUÇÃO

Este estudo faz parte de uma tese de doutorado e objetivou evidenciar e validar interfaces entre a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e a Teoria das Situações Didáticas (TSD), destacando aspectos convergentes para favorecer a aprendizagem matemática em situações-problema envolvendo Derivadas. Para tanto, preliminarmente foi realizada uma revisão de literatura, na qual se observou que no ensino de Cálculo Diferencial e Integral (CDI) existe a prevalência da parte técnica sobre o significado daquele conteúdo (Pagani; Allevato, 2014); consequente passou-se a discutir uma abordagem didática condizente com o desenvolvimento científico dos estudantes (Scremin; Dullius, 2019), culminando na análise de trabalhos que evidenciaram ações no ensino de CDI e no processo de aprendizagem com suporte na TAS e na TSD (Ferreira; Dullius; Moreira, 2023; Ferreira; Dullius; Moreira, 2024).

Neste artigo consta a análise de situações didáticas que foram desenvolvidas para o ensino de Derivadas, especificamente em problemas de taxas de variação. A intervenção didática foi realizada com estudantes do curso de Licenciatura em Matemática de uma instituição pública de ensino no Cariri Cearense. Com isso, a problemática norteadora é: Que interfaces podem ser evidenciadas e validadas entre TAS e TSD para destacar aspectos convergentes em uma proposta didática envolvendo problemas de taxas de variação? Utilizou-se de uma engenharia didática, segundo os pressupostos de Artigue (1995), para fomentar os aspectos teóricos deste estudo (análises preliminares), elaboração dos problemas a serem abordados (concepção e análises *a priori*), seguido da implementação da intervenção didática (experimentação) e, por fim, da validação e análise *a posteriori* dos resultados obtidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção constam, brevemente, a apresentação e discussão das bases teóricas que propiciaram o desenvolvimento deste estudo: TAS e TSD. Considerando seu enlace convergente, foram realizadas pesquisas bibliográficas cuja síntese segue abaixo.

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS)

Essa teoria possui perspectiva construtivista e foi desenvolvida por David P. Ausubel em meados da década de 1960. A TAS parte da premissa de que para ocorrer aprendizagem significativa as novas informações devem interagir com os conhecimentos que o estudante já possui, de maneira substantiva e não-arbitrária, mas não com qualquer conhecimento, e sim com algum conhecimento específico e relevante, de modo a adquirir significado na estrutura cognitiva do estudante (Moreira, 2006). Nas palavras de Ausubel: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo” (Moreira, 2006, p. 13).

Formalmente, tem-se que “aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe” (Moreira, 2012, p. 30, tradução nossa). A interação substantiva significa que não vai existir alteração na estrutura cognitiva do estudante caso símbolos equivalentes sejam utilizados, ou seja, o novo conhecimento será internalizado à estrutura cognitiva do estudante,

independente da simbologia que ele venha a utilizar. Complementando, esse novo conhecimento deve se relacionar com conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva, e essa relação não é aleatória, ou seja, é não-arbitrária (Dullius, 2009).

Os saberes que o estudante já possui, remetem ao conceito subsunçor, ou seja, algum aspecto ou elemento do conhecimento prévio que seja específico e relevante para assimilar a nova informação e potencializar a aprendizagem. De posse desse conceito compreende-se que a interação entre a nova informação que chega ao estudante e aquilo que ele já sabe será armazenada em sua estrutura cognitiva formando uma hierarquia conceitual, na qual as informações “mais relevantes e inclusivas interagem com o novo material, servindo de âncora. Este processo de ‘ancoragem’ da nova informação resulta em um crescimento e modificação do subsunçor” (Dullius, 2009, p. 44, tradução nossa).

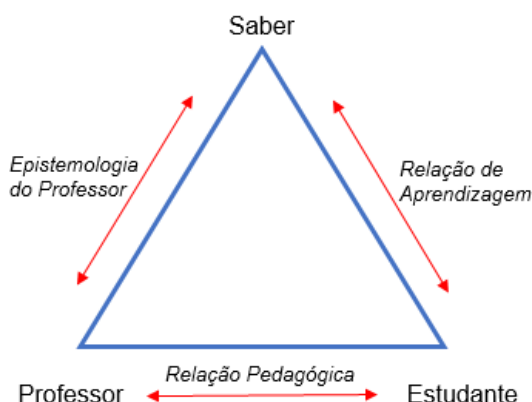
Além da existência de subsunçores adequados, existem duas condições para que possa ocorrer aprendizagem significativa, são elas: elaboração de material didático potencialmente significativo, e predisposição do estudante para aprender (Moreira, 2006, 2011). A elaboração do material didático deve ser realizada de modo que o estudante consiga atribuir significado psicológico quando for confrontado com o significado lógico daquele material (Santarosa, 2016). Já predisposição para aprender, vai observar tanto a vontade em querer aprender, quanto em ter os elementos necessários para conseguir adquirir aquele saber.

A TAS então se guia pelo processo de interação entre os conhecimentos prévios e o novo material didático, ao passo em que este é incorporado à estrutura cognitiva do estudante que se propõe a aprender (Ferreira, 2024). Nesse contexto, acredita-se que a discussão de problemas que se aproximem da realidade dos estudantes, no cenário de formação profissional da Licenciatura em Matemática, pode auxiliar na promoção da aprendizagem e que isso ocorra de modo significativo. Dessa forma, na TAS, se propõe uma explicação do fenômeno de aprendizagem e de sua facilitação, favorecendo o processo de aprendizagem com significado por meio de uma estrutura organizada de conhecimentos em uma situação formal de ensino.

2.2 TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS (TSD)

Esta teoria foi desenvolvida por Guy Brousseau no âmbito da vertente francesa da Didática da Matemática, em meados da década de 1960. A TSD objetivou criar um modelo de interação entre o professor, o estudante e o meio didático no qual a aprendizagem pudesse ser desenvolvida (Almouloud, 2007). Conceituando, Pais (2015, p. 65) define que uma “situação didática é formada pelas múltiplas relações pedagógicas estabelecidas entre o professor, os alunos e o saber, com a finalidade de desenvolver atividades voltadas para o ensino e para a aprendizagem de um conteúdo específico”.

Na TSD existe a compreensão de que o foco principal não é o estudante em si, pelo menos não enquanto sujeito cognitivo, e sim a situação didática desenvolvida, na qual podem ser identificadas as interações entre professor, estudante e o saber matemático (Almouloud, 2007; Pommer, 2008). Nessas interações, constam: a relação pedagógica representada na ligação entre professor e estudante; a epistemologia do professor representada por meio de sua relação com o saber; e a relação de aprendizagem que ocorre quando o estudante se depara com o saber. Essas relações compõem o Triângulo Didático (Figura 1).

Figura 1 – Triângulo Didático

Fonte: Do autor, adaptado de Pommer (2008).

Quanto às relações que ocorrem no Triângulo Didático, tem-se que elas não ocorrem de forma isolada e sim de forma imbricada (Ferreira, 2024). Pommer (2008) afirma que ao professor, em sua relação com o saber, cabe localizar ou desenvolver situações de aprendizagem nas quais o estudante perceba o sentido naquilo que lhe é proposto; isso pode ocorrer por meio de problemas contextualizados que ensejem as vivências do estudante, já denotando a relação pedagógica. Quanto ao estudante, na relação de aprendizagem, na qual há interação com o saber, é esperado que se consiga testar, conjecturar, formular hipóteses, construir modelos, compreender conceitos e socializar resultados.

No âmbito da TSD, conceitua-se situação didática a partir da interação entre professor, saber e estudante, desde que isso seja realizado visando a aprendizagem de determinado tema (Pais, 2015); de outra forma, pode-se definir que “uma situação didática se caracteriza pelo jogo de interações do aluno com os problemas colocados pelo professor” (Almouloud, 2007, p. 34).

A TSD foi subdividida em quatro fases: Ação, Formulação, Validação e Institucionalização. Na fase de Ação o estudante procura procedimentos que o auxiliem a resolver o problema apresentado pelo professor; e durante essa fase pode melhorar o procedimento escolhido ou mesmo abandoná-lo. Na fase de Formulação o estudante realiza troca de informações com outros estudantes e também com o meio de aprendizagem, já se utilizando de alguma linguagem matemática que denote a natureza teórica do raciocínio que está desenvolvendo. Na fase de Validação, o estudante busca formas para que seus argumentos e soluções sejam aceitos, já fazendo uso de uma linguagem matemática mais formal, inclusive com uso de demonstrações, se necessário. Por fim, na fase de Institucionalização, a intenção didática do professor é revelada; neste momento ocorre a formalização do saber e também pode-se utilizar de generalizações; a partir das resoluções e argumentações do estudante, quando há aprendizagem real, ela é reconhecida pelo professor (Brousseau, 1996, 2008; Almouloud, 2007; Pais, 2015).

3 METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido segundo a natureza exploratória, na perspectiva de Gil (2008), que indica que seu objetivo principal é desenvolver, esclarecer ou modificar ideias para estudos futuros; e também com abordagem qualitativa na qual o processo e seu significado se mostram como focos dessa abordagem (Prodanov e Freitas, 2013). Para tanto, desenvolveu-se uma Engenharia Didática (ED) que “consiste em afirmar a possibilidade de agir de forma racional, com base em conhecimentos matemáticos e didáticos, destacando a importância da realização didática na sala de aula como prática de investigação” (Carneiro, 2005, p. 90). Artigue (1995) delimitou a ocorrência da ED segundo quatro fases: 1. Análises Preliminares; 2. Concepção e Análises *a Priori*; 3. Experimentação; e 4. Análises *a Posteriori* e Validação.

Partindo desses pressupostos metodológicos, este estudo buscou investigar interfaces entre TAS e TSD para destacar/validar aspectos convergentes entre as teorias, tais como os conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes, a intencionalidade docente presente no material didático, ou ainda a predisposição para aprender, na qual o estudante assume parte da responsabilidade durante o processo educativo.

Com efeito, para coleta e análise de dados, optou-se por investigar a resolução de situações-problema contextualizadas envolvendo taxas de variação em Derivadas. A intervenção didática foi desenvolvida em aproximadamente 2 meses, com carga horária total de 16 h/a, com um quantitativo de 20 estudantes do curso de Licenciatura em Matemática, de turmas distintas, nos anos de 2023 e 2024. Esses estudantes já haviam cursado a disciplina de Cálculo I e foram organizados em grupos (A, B, C, D, E, F) de 3 ou 4 componentes. O estudo foi desenvolvido em instituição pública de ensino no Cariri Cearense.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fomentar os achados da pesquisa, ou seja, evidenciar as interfaces que ligam TAS e TSD, destacando e validando seus aspectos convergentes; constam a seguir os principais resultados observados durante o desenvolvimento da ED, conforme preconizado por Artigue (1995). Em tempo, as discussões aqui apresentadas se referem ao conjunto de situações didáticas que foram desenvolvidas com os estudantes; no entanto, para este estudo, serão discutidas apenas duas situações-problema realizada durante a intervenção didática.

4.1 ANÁLISES PRELIMINARES

Os resultados desta subseção foram obtidos por meio de revisões de literatura envolvendo teses, dissertações e artigos científicos, publicados em Ferreira, Dullius e Moreira, (2023) e Ferreira, Dullius e Moreira (2024). Na análise do conteúdo a ser abordado (dimensão epistemológica), percebeu-se que existem abordagens que favorecem a construção do conceito de Derivada por meio de resolução de problemas, no entanto, essas abordagens são pouco exploradas e nem sempre utilizam dos conhecimentos prévios, específicos e relevantes, que os estudantes podem ter.

Observando a discussão sobre formas de ensino usualmente adotadas (dimensão didática), nos estudos supracitados, compreendeu-se que o uso de situações-problema pode

configurar uma situação didática em potencial, e que pode ser utilizado pelo professor para promover uma aprendizagem que agregue significado na vida do estudante. Na análise quanto às possíveis dificuldades apresentadas pelos estudantes (dimensão cognitiva), percebeu-se que os principais fatores de insucesso para aprendizagem estão ligados ao baixo rendimento escolar em matemática na Educação Básica, bem como a dificuldades de aprendizagem e ainda à excessiva apresentação formal e rigorosa de Derivadas que normalmente ocorre por meio de aulas expositivas, culminando em uma aprendizagem memorística.

4.2 CONCEPÇÃO E ANÁLISES *A PRIORI*

Elaborou-se uma sequência didática com situações-problema contextualizadas, na qual a intenção era explorar as fases dialéticas da TSD e fornecer subsídios para o desenvolvimento de aprendizagem significativa em Derivadas. Há de se considerar que as atividades foram elaboradas para conseguir interligar os conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva do estudante aos novos conhecimentos a serem desenvolvidos. De acordo com Pais (2015), é importante que o estudante perceba a importância da existência da contradição àquilo que já se sabe; para tanto, afirma que sem essa constatação a aprendizagem pode estagnar. Esse tipo de ação didática pode levar o estudante ao desenvolvimento de sua criticidade, bem como à superação de dificuldades durante a construção do seu saber.

As atividades propostas foram estruturadas para coletar dados a fim de saber como os estudantes compreendem a temática de taxas de variação e como desenvolvem seu raciocínio quanto ao conceito de Derivada, utilizando-se de seus conhecimentos prévios, na busca de indícios de uma aprendizagem significativa.

4.3 EXPERIMENTAÇÃO

Nesta fase da ED consta o desenvolvimento das situações-problema contextualizadas sobre Derivadas para estudo de taxas de variação, ensejando as situações didáticas propriamente ditas. Reitere-se que as situações-problema que foram discutidas com os estudantes, tinham o intuito de propiciar reflexões sobre as possíveis respostas apresentadas, destacando a compreensão sobre o processo de Derivação utilizado, denotando assim o aspecto qualitativo do estudo. Abaixo tem-se duas das atividades propostas.

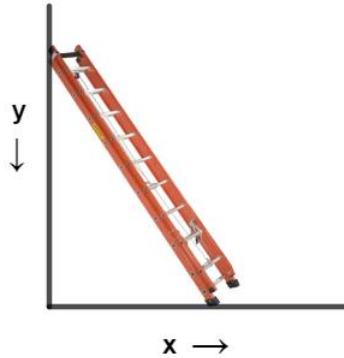
4.3.1 Atividade 1

Suponha que uma escada de 8 m de comprimento esteja encostada em uma parede. De repente a extremidade inferior da escada começa a se afastar do pé da parede, fazendo com que a escada escorregue para baixo, e o faz com uma velocidade de 2 m/s . A Figura 2 ilustra essa situação (Guidorizzi, 2008, adaptado). Nestes termos responda:

- (a) Qual a função que denota o movimento da escada?
- (b) Qual a função derivada associada ao item (a)?
- (c) Qual a velocidade com que a extremidade superior estará deslizando para baixo, no instante

em que a extremidade inferior estiver a 3 m da parede?

Figura 2 – Movimento da Escada



Fonte: Do autor (2024).

Sobre o item (a), representação da função que denota o movimento da escada, parte dos estudantes ($n = 8$) conseguiu determiná-la corretamente como $x^2 + y^2 = 8^2$; enquanto outros estudantes (A1, C1, C2, C3, D1) confundiram a representação do problema com o esboço de uma função afim $f(x) = -2x + 8$, justificando da seguinte forma:

Estudante A1 – O coeficiente angular é -2, pois a velocidade está fazendo com que a escada caia. E o coeficiente linear é 8, pois o comprimento da escada é 8.

Estudante C1 – O coeficiente angular é -2, dado pela questão, e $x=0$ $y=8$, que será quando a escada esteve totalmente de pé.

Estudante C2 – A velocidade em que está descendo é 2 m/s, o coeficiente angular pode ser entendido como a velocidade, +8 pois é o tamanho da escada, quando x for 0, a altura será 8.

Estudante C3 – A função que descreve o quanto a escada cai em relação ao tempo é $f(x) = -2x + 8$, porque $b=8$ é a altura da escada e $a=-2$ m/s porque é a velocidade com que a escada cai, então essa função vai dar a altura da escada em relação ao tempo.

Estudante D1 – O coeficiente angular é -2 pois a velocidade está fazendo a escada cair e o coeficiente linear é 8, o comprimento da escada.

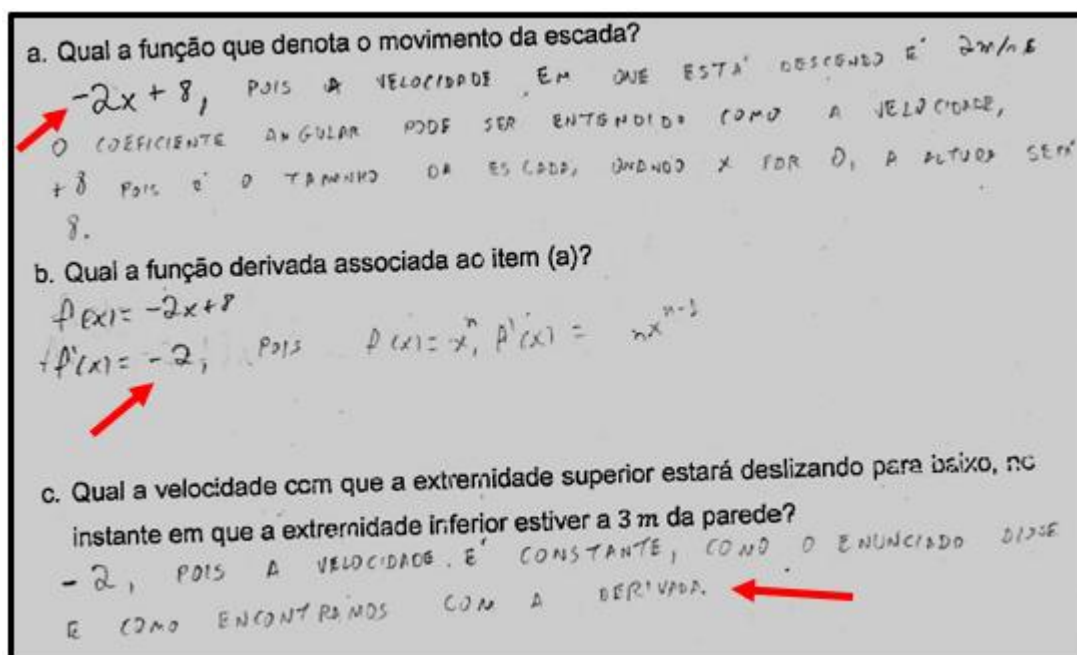
No item (b), quanto à função derivada, observou-se que alguns estudantes ($n = 7$) não fizeram corretamente o processo de derivação da função do item anterior, pois desconsideraram a variável tempo e realizaram o processo de derivação apenas com relação à variável x , chegando na resposta $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y}$ ou ainda $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{\sqrt{16-x^2}}$. Os demais estudantes, observando a função afim $f(x) = -2x + 8$ do item (a), afirmaram que a função derivada era $f'(x) = -2$.

Discutindo o item (c), velocidade de deslizamento da extremidade superior da escada, apenas os estudantes E1 e E3 conseguiram determinar corretamente o valor de $f'(3) = -\frac{6}{\sqrt{55}}$ m/s. Outros estudantes ($n = 5$) obtiveram um acerto parcial, pois dadas as respostas dos itens (a) e (b) concluíram que $f'(3) = -\frac{3}{\sqrt{55}}$ m/s, e isso ocorreu devido ao não uso da variável tempo do item anterior. Os estudantes do Grupo C afirmaram que a resposta era $f'(3) = -2$ m/s, justificando que “a velocidade será sempre constante”; enquanto que a estudante D1 afirmou

que “a velocidade é fixa, portanto, continua sendo 2 m/s”.

Quanto ao desenvolvimento da TSD, observou-se que, na fase de Ação, a maioria dos estudantes se equivocou quanto ao tipo do gráfico da função, com isso as fases de Formulação e Validação foram apenas uma continuidade daquele raciocínio (Figura 3). Alguns estudantes que compreenderam o tipo de função corretamente, erraram no momento de derivá-la e também não refletiram sobre o resultado apresentado na fase de Validação.

Figura 3 – Resposta do Estudante C2



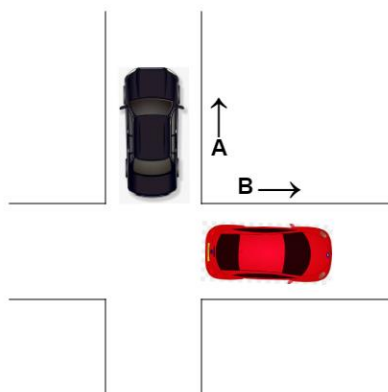
Fonte: Do autor (2024).

O desenvolvimento desse problema segundo os pressupostos da TAS/TSD evidenciou a predisposição para aprender, sobretudo quanto ao desejo de fazê-lo, pois os estudantes se mostraram estimulados frente ao problema, apesar dos erros cometidos. Percebeu-se então que os estudantes assumiram a responsabilidade por sua aprendizagem, com vistas ao desenvolvimento do conhecimento, “adaptando-se a um meio que é fator de contradições, dificuldades e desequilíbrios” (Brousseau, 2008, p. 34).

4.3.2 Atividade 2

Dois carros, A e B, viajam em estradas perpendiculares, de modo que o carro A vai no sentido norte com velocidade de 60 km/h, enquanto que o carro B vai no sentido leste com velocidade de 45 km/h (Hoffman *et al.*, 2016, adaptado). Considerando que ambos os carros deixaram o cruzamento dessas estradas no mesmo instante, e observando a Figura 4, determine:

- Qual a função derivada associada a esse problema?
- A que taxa a distância entre esses dois carros está variando duas horas após terem deixado o ponto de cruzamento?
- A taxa de variação da distância do item (b) é constante independente do tempo de viagem? Justifique sua resposta.

Figura 4 – Deslocamento dos Carros

Fonte: Do autor (2024).

Inicialmente, quanto ao item (a), para representar a função derivada associada ao problema, apenas os estudantes A1, B1, B3 e C1 conseguiram a resposta correta: $x \left(\frac{dx}{dt} \right) + y \left(\frac{dy}{dt} \right) = c \left(\frac{dc}{dt} \right)$, em que c denota a distância entre os carros. Os estudantes C2 e D2 conseguiram determinar corretamente a função que denota o movimento dos carros ($x^2 + y^2 = c^2$), mas não calcularam sua derivada. Os estudantes dos Grupos E e F não conseguiram esboçar qualquer resposta que auxiliasse a determinar a função derivada.

Quanto ao item (b), discussão sobre a taxa de variação da distância entre os carros, os estudantes A1, C2, D1 apresentaram como resposta a diferença da distância percorrida pelos carros no intervalo de tempo dado. Apenas as estudantes B1 e B3 chegaram na resposta correta: 75 km/h . Consequente, no item (c), quando indagados se a taxa de variação da distância era constante independente do tempo de viagem, novamente apenas as estudantes B1 e B3 acertaram, justificando que “sim, pois sua derivada é uma constante, assim temos que a distância entre elas é sempre $5/3$ do espaço que o carro 2 [carro B] anda” (Estudante B1).

Também existiram relatos que atestam a pouca compreensão sobre o problema, segundo a estudante D1: “não, pois a velocidade de A é maior, portanto, a distância dele sempre vai estar crescendo”. Apesar de os estudantes dos Grupos E e F não responderem aos itens anteriores, expressaram-se quanto à taxa de variação, afirmando que “Sim, pois as velocidades dos carros são constantes (em relação a t), implicando numa função de primeiro grau que descreva suas distâncias em relação ao tempo” (Estudante E3).

Observando o desenvolvimento das fases da TSD percebeu-se que: na fase de Ação, foi possível visualizar a equação que representa esse problema e sua derivada, considerando inclusive a variável tempo e percebendo a necessidade de uso de regra de cadeia; na fase de Formulação, os elementos matemáticos foram desenvolvidos de forma correta, tanto na determinação da função quanto de sua derivada; no entanto, na fase de Validação, existiram erros de interpretação de resultados, também foi percebida falta de criticidade quanto aos resultados apresentados.

A interação entre os estudantes durante a resolução dessa atividade indica a existência de uma situação didática, pois os estudantes se mobilizaram em uma situação de aprendizagem, no qual existiram interações que estabeleceram relações entre os conhecimentos que estavam em discussão, transformando-os em saberes (Brousseau, 2008).

A última fase da TSD, Institucionalização, foi realizada para as Atividades 1 e 2 em

momento único. Neste momento houve sistematização do conhecimento relativo aos problemas apresentados e discutidos. Foram feitas reflexões quanto ao uso excessivo de matemática formal numa proposta intuitiva, ou seja, quanto ao fato de os estudantes utilizarem de muitos conceitos e teoremas no âmbito das Derivadas, inclusive com Derivadas Parciais, para responder itens que não necessitavam de tanto rigor e abstração matemática. Além da discussão das respostas corretas, foi possível perceber um avanço no diálogo conceitual sobre Derivada.

4.4 ANÁLISES *A POSTERIORI* E VALIDAÇÃO

O desenvolvimento da sequência didática tinha uma perspectiva qualitativa, reverberando numa discussão das ações de ensino que não se limitavam a certo ou errado quando da resolução dos problemas, e sim ao processo de aprendizagem. Com isso, tem-se acordo com Brousseau (1996, p. 54) quando afirma que a didática da matemática “não consiste em oferecer um modelo para o ensino, mas sim em produzir um âmbito de questões que permita colocar à prova qualquer situação de ensino, corrigir e melhorar as que forem produzidas, formular perguntas a respeito dos acontecimentos”.

Nestas análises foi possível observar que a maioria dos estudantes compreendeu os problemas propostos e conseguiu relacioná-los com o estudo de Derivadas. Durante o desenvolvimento das atividades, a construção gráfica revelou uma compreensão das situações-problema, no qual foi possível determinar a função e sua derivada. Com isso, constatou-se que os estudantes perceberam a derivada como uma função, que possui significado próprio, e não somente como uma equação da matemática aplicada.

O uso das teorias TAS/TSD, propiciou uma ressignificação da aprendizagem mecânica (memorística e que não requer compreensão) que possivelmente tinha ocorrido, pois os estudantes conseguiram realizar o processo de diferenciação progressiva do conceito de Derivada, ao passo em que puderam reconciliar integrativamente seus saberes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das dificuldades apresentadas por alguns estudantes para mobilizar seus saberes no desenvolvimento situações didáticas envolvendo problemas de taxas de variação, pode-se afirmar que as atividades foram exitosas. Observou-se a existência de um enlace possível entre TAS e TSD, pois essas teorias apresentam coerência no desenvolvimento do processo educativo, no qual se evidenciou a existência de pontos de convergência que favorecem tanto o ensino quanto a aprendizagem. TAS e TSD se complementam numa fundamentação teórica dos processos de ensino e de aprendizagem, pois as concepções de Ausubel (2003) sobre aprendizagem com significado dialogam com os pressupostos de Brousseau (2008) sobre propostas de ensino que se utilizem de situações didáticas.

A TAS é fundamentada no uso dos conhecimentos prévios, específicos e relevantes, que o estudante já possui, sendo determinante para o seu processo de aprendizagem, pois a interação entre ideias que estejam ancoradas em sua estrutura cognitiva e as novas ideias que são apresentadas, pode favorecer a assimilação de novos saberes (Ausubel, 2003). Essa concepção também compõe os fundamentos da TSD, pois é esperado que o professor proponha situações de aprendizagem condizentes com os saberes que os estudantes já possuem.

O uso do material didático ilustra outro ponto de convergência. Na TAS tem-se a compreensão de que esse material é apenas potencialmente significativo, pois é o estudante quem lhe dará significado; entretanto, é esperado que o professor o desenvolva partindo dos conhecimentos prévios que os estudantes já possuem, relacionando-se com ideias relevantes em sua estrutura cognitiva (Moreira, 2006). Na TSD o material didático é representado pelo conjunto de problemas que são desenvolvidos ou propostos pelo professor, e que devem manter relação com o cotidiano do estudante, seja por meio de situações reais ou realísticas.

A predisposição para aprender também está explícita em ambas as teorias. Segundo Dullius (2009), para que o estudante aprenda significativamente é necessário que apresente verdadeiro interesse naquilo que é exposto pelo professor e que possua condições favoráveis ao aprendizado. Quanto à TSD, Almouloud (2007) evidencia que o estudante deve assumir a responsabilidade por sua aprendizagem, assumindo as consequências dessa transferência, de modo que esse aceite por parte do estudante, que denota uma predisposição e motivação para aprender, pode ser potencializada segundo a mediação de aprendizagem que é realizada pelo professor.

Sintetizando, tem-se que considerar os conhecimentos prévios, a elaboração do material didático e a predisposição para aprender (pilares da TAS), que podem ser compreendidos como as imbricações existentes entre o saber, o professor e o estudante (pressupostos da TSD). Em virtude disso, fica evidenciado que as interfaces entre TAS e TSD, que contribuem para o desenvolvimento de ações no ensino e que podem culminar em uma aprendizagem significativa, foram validados por meio deste estudo.

AGRADECIMENTOS

Apoio da FUNCAP – Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, segundo o Programa de Bolsa de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica – BPI, por meio do Edital 11/2024.

REFERÊNCIAS

- ALMOULOU, S. A. Fundamentos da Didática da Matemática. Curitiba: Ed. UFPR, 2007.
- ARTIGUE, M. Ingeniería Didáctica. In: ARTIGUE, M.; DOUADY, R.; MORENO, L.; GÓMEZ, P. (Editor). **Ingeniería Didáctica en Educación Matemática** - un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. 1ª Edição. Bogotá-Colômbia: Grupo Editorial Iberoamérica, 1995.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BROUSSEAU, G. **Introdução aos estudos das Situações Didáticas** – conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: Ática, 2008.
- BROUSSEAU, G. Os diferentes papéis do professor. In: PARRA, C.; SAIZ, I. (orgs). **Didática da Matemática** – reflexões psicopedagógicas. Porto Alegre: Artmed, 1996.
- CARNEIRO, V. C. G. Engenharia Didática: um referencial para ação investigativa e para formação de professores de Matemática. **Zetetiké**, Campinas, v. 13, n. 23, p. 85-118, jan./jun. 2005. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/zetetike/article/view/8646981>. Acesso em: 31 ago. 2022.
- DULLIUS, M. M. **Enseñanza y Aprendizaje en Ecuaciones Diferenciales con abordaje gráfico, numérico y analítico**. 2009. 514 p. Tese (Doctorado – Departamento de Didácticas Específicas) – Universidad de Burgos, Espanha. fev. 2009.
- FERREIRA, G. S. S. **Aprendizagem Significativa de Limites e Derivadas por meio da Teoria das Situações Didáticas no Cariri Cearense**. 2024. 243 p. Tese (Doutorado) – Curso de Ensino de Ciências Exatas – Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado-RS. 21 nov. 2024. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/4692>
- FERREIRA, G. S. S.; DULLIUS, M. M.; MOREIRA, M. A. Ensino de Limites e Derivadas: um estudo bibliográfico à luz da aprendizagem significativa e de situações didáticas. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática**, [S. l.], v. 10, n. 30, p. 01–23, 2023. DOI: 10.30938/bocehm.v10i30.10584. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/10584>. Acesso em: 30 out. 2023.
- FERREIRA, G. S. S.; DULLIUS, M. M.; MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa e Situações Didáticas no ensino de Limites e Derivadas: um estudo bibliográfico **Revista Thema**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 01–18, 2024. DOI: 10.15536/thema.V23.2024.1-18.3153. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/3153>. Acesso em: 29 fev. 2024.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas da Pesquisa Social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GUIDORIZZI, H. L. Um curso de Cálculo. v. 1, 5.ed. reimpr. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- HOFFMAN, L. D., BRADLEY, G. L., SOBECKI, D., PRICE, M. **Cálculo**: um curso moderno e suas aplicações. 11 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- MOREIRA, M. A. **A teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora UnB, 2006.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares.

São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**, La Laguna, Espanha, n. 25, p. 29-56, mar., 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/96956>. Acesso em: 10 fev. 2022.

PAGANI, E. M. L.; ALLEVATO, N. S. G. Ensino e aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral: um mapeamento das teses e dissertações produzidas no Brasil. **VIDYA**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 61-74, jul./dez., 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/42>. Acesso em: 10 fev. 2022.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática**: uma análise da influência francesa. 3 ed. 1 reimp. Belo Horizonte: Autêntica, 2015.

POMMER, W. M. Brousseau e a ideia de Situação Didática. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/296483624_Brousseau_e_a_ideia_de_Situacao_Didatica. Acesso em 10 ago. 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SCREMIN, G.; DULLIUS, M. M. O ensino de Derivadas: uma revisão de literatura. **Revista Areté**, Manaus, v. 12, n. 25, p. 104-119, jan./jun. 2019. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/1546>. Acesso em: 18 out. 2022.