

# Aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias com Estudantes-e-ChatGPT na Amazônia

Learning of Ordinary Differential Equations with Students-and-ChatGPT in the Amazon

Aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias con Estudiantes-y-ChatGPT en la Amazonía

Sabrina de Souza Rodrigues<sup>01</sup> Daise Lago Pereira Souto<sup>02</sup>

## Resumo

O objetivo deste artigo é compreender como se desenvolveram os processos de aprendizagem expansiva em uma disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias, utilizando o ChatGPT. Os dados analisados são um recorte de uma pesquisa de doutorado, em que a base teórica assumida é o Sistema Seres-Humanos-Com-Mídias. A investigação foi qualitativa e os dados produzidos com 14 licenciandos de Matemática da Universidade do Estado do Amazonas. Para o tratamento dos dados recorreremos à ferramenta analítica dos miniciclones de aprendizagem expansiva em conjunto com as manifestações discursivas de contradições internas. Os resultados indicaram que no desenvolvimento do processo de aprendizagem ocorreu à expansão do papel do ChatGPT, de artefato para objeto da atividade, e com isso os estudantes conseguiram compreender as relações entre campo de direções e a interpretação qualitativa do comportamento das soluções de uma equação diferencial. Concluímos que, a participação do ChatGPT nas aulas possibilitou uma ampliação dos espaços de aprendizagem.

**Palavras-chave:** Aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias. Sistema S-H-C-M. Inteligências Artificiais Generativas.

## Abstract

The aim of this article is to understand how expansive learning processes developed in a course on Ordinary Differential Equations, using ChatGPT. The data analyzed are part of a doctoral research project, whose theoretical foundation is the Human-With-Media System. The investigation was qualitative, and the data were produced with 14 undergraduate Mathematics students from the State University of Amazonas. For data analysis, the analytical tool of expansive learning minicyclones was used, along with the discursive manifestations of internal contradictions. The results indicated that, during the development of the learning process, ChatGPT's role expanded—from being a mere artifact to becoming the object of the activity. As a result, students were able to understand the relationships between direction fields and the qualitative interpretation of the behavior of solutions to a differential equation. It is concluded that ChatGPT's participation in the classroom enabled an expansion of learning spaces.

**Keywords:** Learning of Ordinary Differential Equations. Human-With-Media System. Generative Artificial Intelligences.

## Resumen

El objetivo de este artículo es comprender cómo se desarrollaron los procesos de aprendizaje expansivo en una asignatura de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, utilizando ChatGPT. Los datos analizados forman parte de un proyecto de investigación doctoral, cuya base teórica es el Sistema Humanos-Con-Medios. La investigación fue de carácter cualitativo y los datos fueron producidos con 14 estudiantes de licenciatura en Matemáticas de la Universidad del Estado de Amazonas. Para el análisis de los datos, se utilizó la herramienta analítica de los miniciclones de aprendizaje expansivo, junto con las manifestaciones discursivas de contradicciones internas. Los resultados indicaron que, durante el desarrollo del proceso de aprendizaje, el papel de ChatGPT se expandió — de ser un mero artefacto a convertirse en el objeto de la actividad. Como resultado, los estudiantes lograron comprender las relaciones entre los campos direccionales y la interpretación cualitativa del comportamiento de las soluciones de una ecuación diferencial. Se concluye que la participación de ChatGPT en el aula permitió una ampliación de los espacios de aprendizaje.

**Palabras Clave:** Aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias. Sistema Humanos-Con-Medios. Inteligencias Artificiales Generativas.

1 Doutoranda em Educação em Ciências e Matemática (REAMEC/UEA). Professora na Universidade do Estado do Amazonas (UEA) - Centro de Estudos Superiores de Tefé. E-mail: srodrigues@uea.edu.br

2 Doutora em Educação Matemática. Professora na Universidade do Estado do Mato Grosso. E-mail: daise@unemat.br

## 1. INTRODUÇÃO

As Equações Diferenciais Ordinárias (EDO), estão dispostas nas estruturas curriculares de áreas como Engenharias, Ciências e Matemática. Suas múltiplas possibilidades de aplicação, especialmente no que diz respeito ao estudo e à compreensão de fenômenos físicos e naturais, justificam sua presença nesses cursos. No entanto, há uma ênfase, em seu ensino, para as abordagens numéricas e algébricas (Dullius *et al.*, 2013; Oliveira e Iglioni, 2013). Com isso, algumas das dificuldades de aprendizagem em EDO abrangem problemas conceituais, de interpretação (derivada, gráficos, variáveis), “pensar simultaneamente de modos diferentes” e o não estabelecimento de conexões entre a EDO e a situação problema (Dullius *et al.*, 2013, p. 225). Isto, ao que parece, sugere o modo estrutural e histórico segundo o qual temos aprendido e ensinado matemática ao longo dos anos (Silva e Souto, 2020).

Em suas reflexões, Javaroni (2007) sublinha que os estudantes, ao se debruçarem exclusivamente nas técnicas e nos métodos de resolução, deixam de lado a compreensão e a atribuição de significados, pertinentes ao comportamento das soluções de uma EDO. Sob este prisma, o processo de aprendizagem ocorre de maneira compartimentalizada e hierarquizada (Souto, 2013). Para romper com um padrão “encapsulado”, Javaroni (2007) indica a adoção de uma abordagem qualitativa de ensino, utilizando tecnologias digitais (TD) nas aulas.

Esse tipo de abordagem consiste em inferir informações sobre o comportamento das soluções de uma EDO, sem a necessidade de resolvê-la, a partir das interpretações geométricas fornecidas pela representação de seu campo de direções (Javaroni, 2007). No âmbito da Educação Matemática, vários autores já discutem as contribuições do uso das tecnologias nos processos de ensino e aprendizagem para transpor esse modelo (e.g. Souto, 2013; Soares e Souto, 2014; Silva e Souto, 2020; Borba, Souto e Canedo Júnior, 2022).

Souto (2016) assinala que o uso combinado de mídias informáticas pode desencadear distintos caminhos na busca de soluções para um problema matemático, implicando na produção de diferentes tipos de conhecimentos. A autora afirma que, à medida que interagimos com as tecnologias, somos mobilizados a outras formas de pensar e nos organizar. Essa ideia ganha novas nuances com a chegada do ChatGPT. Isso porque essa Inteligência Artificial Generativa aumenta o “zoom” sobre os papéis que uma dada mídia pode desempenhar no processo de produção de conhecimento (Borba e Balbino Júnior, 2023, p. 153).

Nessa medida, podemos afirmar que os seres humanos influenciam o ChatGPT e, ele influencia os seres humanos, o que pressupõe a existência de uma relação recíproca entre esses atores. Dito de outro modo, os feedbacks dados por essa Inteligência Artificial Generativa (atriz não humana) podem condicionar, sem, no entanto, determinar as ações do indivíduo (ator humano); por outro lado, as ações humanas moldam e condicionam o ChatGPT, de acordo com os valores, as necessidades e os interesses da sociedade e de seus desenvolvedores.

À luz desta perspectiva, o conhecimento matemático é produzido por coletivos pensantes constituídos por atores humanos e não humanos (Borba e Villarreal, 2005). Essas são

ideias centrais do construto Seres-Humanos-Com-Mídias (S-H-C-M) sistematizado por Borba e Villarreal (2005) e que possui também influência da Teoria da Atividade (TA).

A harmonia e o diálogo entre esses dois referenciais resultaram na perspectiva teórico-metodológica denominada “Sistema S-H-C-M” proposto por Souto (2013). Destarte, nossa proposta de ensino se pautou no protagonismo das tecnologias e na não encapsulação da aprendizagem de Engeström (2002), com o intuito de proporcionar aos estudantes a possibilidade de elaborar e implementar na prática caminhos alternativos para situações problemas.

O paradigma adotado foi qualitativo e os dados foram produzidos com licenciandos de Matemática, da Universidade do Estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Tefé, matriculados na disciplina de EDO, no ano/semestre de 2023/2. Para a etapa de análise, recorreremos à ferramenta analítica dos miniciclones de aprendizagem expansiva, baseada em Souto (2013), e complementar a ele, as manifestações discursivas de contradições internas de Engeström e Sannino (2010).

Ademais, nesta investigação objetivamos compreender como se desenvolveram os processos de aprendizagem expansiva em uma disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias, utilizando o ChatGPT, bem como responder à pergunta diretriz: “Como ocorreu a aprendizagem na disciplina de EDO em coletivos de humanos-com-tecnologias?”.

Para tanto esse texto foi sistematizado em quatro partes: A primeira explicita os fundamentos teóricos que alicerçam essa pesquisa; enquanto a segunda, abrange questões de ordem metodológicas. Na terceira foram descritos e analisados os dados produzidos, e na quarta parte apresentamos as considerações finais.

## 2. SISTEMA SERES-HUMANOS-COM-MÍDIAS

O sistema S-H-C-M, proposto por Souto (2013) e Souto e Borba (2016), fundamenta-se nas ideias do construto S-H-C-M (Borba e Villarreal, 2005) juntamente com os conceitos da TA. Na Educação Matemática, Borba e Villarreal (2005) defendem uma unidade básica de conhecimento concebida ao longo do pensar coletivo ser-humano com tecnologias que, por conseguinte, foi compreendido nas múltiplas tecnologias existentes como S-H-C-M. A noção de S-H-C-M envolve o modo coletivo como é produzido o conhecimento matemático por humanos e tecnologias, evidenciando o protagonismo das mídias nessa produção. Ainda neste viés, Borba (1999) argumenta que o homem molda o computador, mas também é moldado por ele, ideia essa que está imbricada no conceito de moldagem recíproca, núcleo do construto.

Em síntese, tanto na TA como nas ideias que circundam o construto seres-humanos-com-mídias, os movimentos convergem para uma forma de reorganização que engloba os meios culturais, sociais, materiais e psicológicos, sendo que, neste último, inclui-se a reorganização do pensamento (Souto, 2013, p. 78).

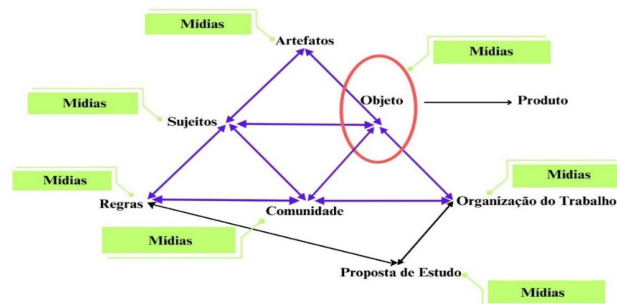
Dialogando com a autora, Souto e Borba (2016) frisam que, as rápidas respostas que a mídia fornece nas interações imprimem mudanças no pensamento humano e de forma

análoga ocorre com o homem, ele modifica as mídias à medida que as utiliza. Para melhor ilustrar o fato de que o homem molda as tecnologias, basta considerarmos o uso do bluetooth, que inicialmente se concentrava nas transferências sem fio de documentos de um dispositivo para outro. Conforme as necessidades humanas, suas funcionalidades se ampliaram e hoje abrangem fones de ouvido, mouses, impressoras, relógios, automóveis etc. Em outras palavras, o homem moldou as possibilidades de uso do bluetooth.

Os feedbacks dados pelas mídias mostram como elas mobilizam os seres humanos, logo “[...] é plausível considerar que elas têm agency no sistema [...]” (Souto, 2015, p. 953). A partir desse fato, a moldagem recíproca dá indícios de que as mídias podem desempenhar outros papéis em um sistema de atividade, o que foi investigado por Souto e Araújo (2013). Para as autoras, as transformações mútuas que ocorrem nos polos sujeitos-objeto também acontecem nos polos sujeitos-artefatos. Desse modo, as mídias, vistas pela TA apenas como artefatos que medeiam a relação sujeitos e objeto, passam, na perspectiva proposta por Souto (2013), a se movimentar no sistema de atividade, assumindo outros papéis, o que implica em mudanças na produção do conhecimento.

Ao encontro disso, Souto (2013), propõe a inserção de um novo elemento na representação do sistema de atividade: a proposta de estudo. Para a autora, a proposta de estudo se fragmentava nas tentativas de encaixá-la entre os elementos do sistema, impactando diretamente na compreensão do papel por ela desempenhado nesse sistema. A Figura 1, traz a ilustração do Sistema S-H-C-M.

**Figura 1:** Representação do Sistema S-H-C-M



**Fonte:** Elaborada pelas autoras (2024), com base em Souto (2013).

Na Figura 1, embora estática, o que desejamos destacar é o fato de que as mídias transitam entre os elementos do sistema de atividade, podendo assumir qualquer um desses papéis (sujeitos, artefatos, objeto, regras, comunidade, organização do trabalho e proposta de estudo), como destacado na cor verde. Isto já diferencia a representação proposta por Souto (2013) da idealizada pela terceira geração da TA, de Yrjö Engeström (1987), destacada na cor azul. Nas palavras de Souto (2015, p.951): “[...] não há limites que definem claramente o papel que cada ator (humano ou não) pode desempenhar, há uma impregnação mútua que nos leva a interpretar a ideia de mediação como algo mais “fuzzy” [...]”. Em Souto (2013), por exemplo, o software Geogebra ocupou papel de artefato e objeto, enquanto a tecnologia internet assumiu papéis de artefato e comunidade no sistema de atividade.

O Sistema S-H-C-M traz, assim, contribuições para se compreender como uma ou mais mídias podem influenciar no processo de aprendizagem Matemática. Com base nas ideias dessa perspectiva teórica, podemos afirmar que o ChatGPT contribuirá para essas e novas compreensões que envolvam o processo de produção de conhecimento da Matemática. No item que segue descrevemos o caminhar metodológico realizado no âmbito dessa pesquisa.

### 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

O paradigma adotado foi qualitativo (Bogdan; Biklen, 1994) e a produção dos dados<sup>3</sup> ocorreu no Centro de Estudos Superiores de Tefé (CEST), da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), com 14 acadêmicos do 5º período do Curso de Licenciatura em Matemática, matriculados na disciplina de EDO, no ano/semestre 2023/2, realizado entre novembro de 2023 a fevereiro de 2024. Este período se justifica devido ao calendário acadêmico da instituição, alterado por circunstâncias da pandemia da Covid-19. Ao todo, foram oito encontros, com a duração de quatro horas cada um, dispostos em três episódios.

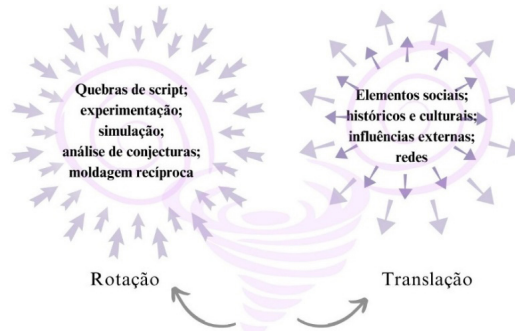
É oportuno mencionar que os estudantes não tinham contato prévio com os campos de direções antes da aplicação da proposta, embora já tivessem contato com os métodos de resolução analíticos das EDO, devido às aulas teóricas e expositivas da disciplina. Quanto ao uso do ChatGPT, dois estudantes mencionaram já conhecer e utilizar essa tecnologia; outros relataram apenas ter ouvido falar, sem nunca tê-la utilizado; e a maioria declarou não possuir qualquer tipo de familiaridade com essa IA. Em contextos de uso em sala de aula, para todos foi a primeira experiência.

Como técnicas e instrumentos para a produção dos dados, foram utilizados: observação participante registrada em notas de campo; conversas e documentos dos grupos de WhatsApp; e registros das atividades dos estudantes capturados pela gravação de tela e áudio com o *software OBS Studio*. Todos os procedimentos éticos para pesquisa com seres humanos foram devidamente adotados. Assim, para garantir o caráter confidencial da identidade dos participantes, empregamos as siglas A1, A2 e A3, em referência aos estudantes mencionados nos dados apresentados neste artigo. Fundamentamos nossa análise nos miniciclones de aprendizagem expansiva idealizada por Souto (2013; 2015; 2016) e Souto e Borba (2016) e nas manifestações discursivas de contradições internas de Engeström e Sannino (2010).

O início de um miniciclone se revela na ocorrência de tensões, dúvidas, questionamentos e inquietações dos estudantes ao romper com um padrão estabelecido de produção Matemática. Por outro lado, quando “os sujeitos conseguem elaborar, discutir e justificar uma solução produzida para um dado problema [...] que não haviam sido pensadas até então pelos sujeitos da atividade” (Borba; Souto; Canedo Júnior, 2022, p. 100), temos indicadores de que o final do miniciclone está próximo. Na Figura 2, exibimos um esquema dos movimentos centrais dos miniciclones de aprendizagem expansiva.

<sup>3</sup> A aprovação no Comitê de Ética e Pesquisa está registrada no Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) pelo número 70454323.9.0000.5016.

**Figura 2:** Movimentos Centrais dos Miniciclones de Aprendizagem Expansiva



**Fonte:** Elaborado pelas autoras (2024), baseado em Borba, Souto e Canedo Junior (2022).

Os movimentos descritos na Figura 2 podem ocorrer em um curto período como, por exemplo, uma aula (Borba; Souto; Canedo Júnior, 2022). Eles se configuram a partir das interações seres-humanos-com-tecnologias. Os *feedbacks* dados pelas tecnologias implicam na reorganização do pensamento humano, e podem provocar, tensões alimentando o desenvolvimento do processo de aprendizagem. Tais tensões podem ser interpretadas como possibilidades expansivas. Uma ilustração disso é quando os estudantes exploram diferentes tecnologias para representar e/ou construir e/ou reconstruir um conceito matemático.

Na Figura 2, o movimento de rotação surge com setas que apontam para dentro, em virtude dos “acontecimentos internos que ocorrem no âmbito do sistema analisado, ou seja, dentro de uma aula” (Borba, Souto e Canedo Júnior, 2022, p. 97). Já na translação as setas apontam para fora, para representar influências externas (questões sociais, culturais, econômicas entre outras), que contribuiriam para desestabilizar concepções arraigadas dos estudantes (Borba; Souto; Canedo Júnior, 2022). Ambos os movimentos são desencadeados por contradições internas e para identificá-las recorreremos à ferramenta analítica proposta por Engeström e Sannino (2010), as manifestações discursivas de contradições internas. Na Figura 3 são destacadas características e pistas linguísticas de cada manifestação.

**Figura 3:** Tipos de manifestações discursivas de contradições internas

	Características	Pistas Linguísticas
<b>Duplo vínculo ou beco sem saída</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situações que não oferecem alternativas para prosseguir, ou ainda, situações em que as alternativas dadas são inaceitáveis ou indesejáveis.</li> <li>Resolução: transformação prática (indo além das palavras)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>“Nós”; “nos”; “devemos”; “temos que”; Perguntas retóricas que expressam impotência ou desamparo (do tipo “o que podemos fazer?”</li> <li>“Permita fazermos isso”; “o faremos”; “vamos fazer isso”; “deixe-nos fazer”; “nós vamos conseguir”</li> </ul>
<b>Conflito Crítico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enfrentando motivos contraditórios na interação social, onde o indivíduo se sente violado, maltratado ou culpado.</li> <li>Resolução: encontrar um novo sentido pessoal e negociar um novo significado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Narrativa pessoal, moral, emocional, uso de metáforas</li> <li>“Agora percebo que”; “eu agora realizo isso”</li> </ul>
<b>Conflito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Argumentar, discutir, criticar</li> <li>Resolução: encontrar um compromisso, submeter-se à autoridade ou à maioria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>“Não”; “discordo”; “isso não é verdade”; “isso eu não posso aceitar”</li> <li>“Sim”; “isto eu posso aceitar”</li> </ul>
<b>Dilema</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expressão ou troca de avaliações incompatíveis</li> <li>Resolução: negação, reformulação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>“Por um lado [...] por outro lado”; “sim, mas”; “mas”</li> <li>“Eu não quis dizer isso”; “eu realmente quis dizer isso”</li> </ul>

**Fonte:** Elaborado pelas autoras (2025), baseado em Engeström e Sannino (2011, p. 375).

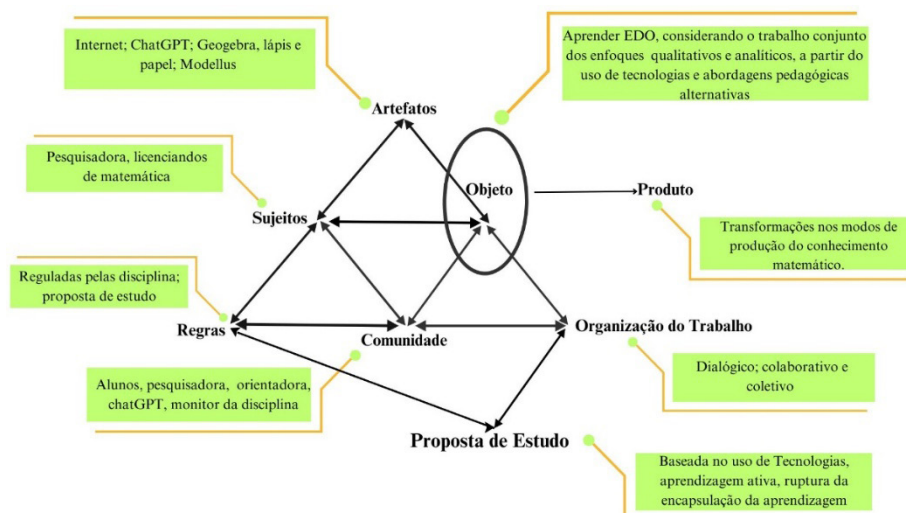
Na Figura 3, as pistas linguísticas são como em alguns teoremas da Matemática, necessárias, mas não são suficientes para de fato caracterizarem a existência de uma contradição interna. É necessário, olhar para as características mencionadas na Figura 3 e analisar o contexto em que se deu o discurso. Silva e Souto (2020) pontuam que esse processo de análise inicia com a identificação das pistas linguísticas; logo após, se estabelece a relação entre as pistas e as manifestações discursivas, para então, categorizar as contradições internas. Quando as tensões são resolvidas, temos indícios de que a aprendizagem expansiva está chegando ao fim.

Diante do exposto, as ferramentas analíticas dos miniciclones de aprendizagem expansiva e as manifestações discursivas de contradições internas contribuem para se compreender como ocorre a aprendizagem na disciplina de EDO em sistemas coletivos de seres-humanos-com-ChatGPT-e-tecnologias. Na seção seguinte apresentamos e analisamos os dados produzidos.

#### 4. CAMPOS DE DIREÇÕES COM O CHATGPT

Para esta análise, selecionamos as produções de uma das equipes participantes (A1; A2 e A3), visto que se trata de um recorte da pesquisa de doutorado. Com isso, discutimos os movimentos que ocorreram no Sistema S-H-C-M, no episódio 1, intitulado “Construindo e interpretando campos de direções com o ChatGPT”, dividido em duas partes. Cada encontro com a turma tinha duração de quatro horas, no entanto, eram disponibilizados 30 minutos para que os estudantes inserissem suas credenciais no computador, realizassem a conectividade à internet e fizessem o *login* no ChatGPT. Cabe sublinhar que as falas foram transcritas conforme enunciadas, logo, não foi realizado qualquer tipo de correção gramatical e de concordância. Para representar o sistema de atividades idealizado para a disciplina de EDO, construímos o esquema apresentado na Figura 4:

**Figura 4:** Sistema de Atividade Idealizado



**Fonte:** Elaborado pelas autoras (2024).

A Figura 4, apresenta os elementos do sistema de atividade, com suas respectivas características (sujeitos, objeto, comunidade, organização do trabalho, regras, artefatos e

proposta de estudo). Nele, destacamos o objeto, que consiste em aprender EDO considerando o trabalho conjunto dos enfoques qualitativos e analíticos, a partir do uso de tecnologias e abordagens pedagógicas alternativas. Assim como Engeström (2016, p. 129), coadunamos que “o objeto de uma atividade de aprendizagem não pode ser reduzido a um texto”, pois, caso contrário, “pode levar à minimização da produtividade do aprendizado”. Ao final desta seção retomamos à ilustração considerando o sistema de atividade constituído pela equipe.

A primeira parte do episódio 1 consistiu em familiarizar os acadêmicos com o ChatGPT, e por meio dele, investigar o que são e como construir campos de direções utilizando TD. A equipe inicia a conversa com o ChatGPT perguntando qual o conceito de campos de direções, no entanto, somente na segunda interação é que a equipe chega ao seguinte entendimento:

Diálogo 1 (08.01.2024):

A2: Ah eu entendi mais ou menos agora. É como se fosse construção de gráficos esses campos de direções.

A1: Eu entendi que era o comportamento, direção.

A2: Vamos dizer que são as setinhas.

Conforme visto no diálogo 1, campos de direções são construções gráficas (A2), que têm ligação com o comportamento de algo (A1), representado por meio de setas (A2). A definição formal de campos de direções foi sendo construída com os estudantes ao longo das atividades, portanto, os comentários acima indicam uma ideia inicial sobre o tema. O conceito de campos de direções adotado é o descrito por Nagle (2012, p. 13): “um gráfico dos segmentos de linhas curtos desenhados em diversos pontos no plano  $xy$  mostrando a inclinação da curva de seleção é chamado de **campo de direção** para a equação diferencial [...] o campo de direção mostra o “fluxo de soluções” [...]”.

Até então, o ChatGPT desempenhou o papel de artefato mediando a relação sujeito-objeto. Não identificamos, no diálogo 1, manifestações discursivas de contradições internas. Dando continuidade, a equipe questionou o ChatGPT sobre possibilidades de construção *on-line* dos campos de direções, e em resposta as opções sinalizadas foram o *GeoGebra*, *Desmos* e *WolframAlpha*. Na tentativa de entender o processo de construção, a equipe se empenhou em fazer um exemplo dado pelo ChatGPT, utilizando o *GeoGebra*. A escolha deste *software* se deu porque a equipe desconhecia os demais mencionados pelo *chat*, e por terem algum tipo de experiência com o *GeoGebra*. Apesar disso, e do passo a passo dado pelo ChatGPT, os acadêmicos não obtiveram êxito na construção do campo de direções. E à medida que as tentativas falhavam, tensões eram reveladas. Por esta razão, a equipe teve que olhar para as outras possibilidades citadas.

Interessa frisar que, a mediação docente acontecia de acordo com a necessidade de aprofundar discussões e/ou sanar eventuais dúvidas sobre o assunto, e, sempre ao final de cada atividade, no compartilhamento das justificativas das equipes para as soluções encontradas. Isto porque, nosso entendimento sobre o papel docente nesse processo segue a perspectiva defendida por Souto (2015, p. 82), segundo a qual a mediação pode ocorrer para

dar sugestões ou “gerar novos estímulos”, quando os estudantes enfrentam dificuldades e, mesmo diante de tentativas realizadas pela equipe, a atividade permanece estagnada.

A autora reforça que tais estímulos precisam ser feitos com cautela, para não interferir no trabalho da equipe, já que interferências podem implicar em alterações e movimentos no sistema de atividades. O diálogo 2 revela os próximos passos da equipe em relação aos demais *softwares*.

Diálogo 2 (08.01.2024):

A2: Eu tava pensando em tentar o Desmos.

A3: Esse não tá abrindo.

A2: Então tenta o WolframAlpha.

A3: Abre o chat e pede um tutorial de como construir campos de direções no WolframAlpha [...] Jesus, servidor temporariamente indisponível.

A2: Tenta de novo.

A1: Eu acho que não vai prestar não.

A3: Não vai não.

A2: Pede sugestões de aplicativos online em linguagem python.

A pista linguística “não” dá indicativos da existência de um provável conflito. Olhando para o contexto e as características desse tipo de manifestação, acreditamos que, de fato, se trata de um conflito, visto que há discordâncias entre os estudantes sobre os tipos de *softwares* a utilizar para a construção do campo de direções. O diálogo 2, a nosso ver, sugere o início de um miniciclone de aprendizagem expansiva, já que, de acordo com Souto e Borba (2016, p. 9), “um miniciclone, começa a ganhar forma quando surgem dúvidas e questionamentos decorrentes de uma tensão, que pode ser ocasionada por uma necessidade de solucionar uma situação nunca antes prevista”. Neste caso, temos o grupo de estudantes, em situação de conflito na busca por resolver a visualização do campo de direções sugerida pelo *chat*.

No excerto de A2, diálogo 2, detectamos influências externas que afetaram na escolha do *software*, isto porque A3, que estava manipulando o computador, havia feito um curso técnico de informática e entendia de linguagem de programação e A2 sabia desta informação, o que é confirmado no diálogo 4 quando A2 assim se referiu: “É você que manja Python”. Num momento subsequente, ao perguntarem ao ChatGPT sobre *softwares online* em linguagem *python*, foi dada como sugestão o *Plotly*. Os acadêmicos tentaram instalar o programa, todavia, A3 ponderou sobre a necessidade de baixar bibliotecas para executar o programa.

Os estudantes continuaram a pedir informações ao ChatGPT, e outra vez, o fator externo, agora, as restrições de acesso à internet influenciaram no desenvolvimento da atividade, como evidenciado no trecho do diálogo 3:

Diálogo 3 (08.01.2024):

A2: Pede uma sugestão dele, qual a melhor para fazer campos direções. Melhor não né.

A3: Mais leve né [risos].

As observações a respeito de agentes externos são fundamentais em nossa análise, primeiro, por representarem factíveis movimentos de translação no miniclone de aprendizagem expansiva, e segundo, por auxiliarem a compreender quais elementos sociais, históricos, culturais e/ou outras influências externas contribuíram ou não na aprendizagem de EDO. Como explica Santos (2006), quando reunimos pessoas, suas experiências e seus saberes, em distintos contextos, são compartilhados, e podem desencadear transformações no processo de produção do conhecimento. Da mesma forma ocorreu com essa equipe, em que as experiências de A3 influenciaram nas escolhas do grupo.

Avançando um pouco mais, a equipe seguiu com a instalação do programa *Jupyter*, porém, devido a um erro não foi possível executá-lo. Diante disso, tiveram que recorrer ao ChatGPT, para entender o que significava aquele erro. Após o *feedback* do *chat*, A3 decidiu fazer o *download* do *Python* versão 3.11. Em conformidade, a equipe voltou a executar o *prompt* de comando, e mais uma vez não obteve sucesso:

Diálogo 4 (13.01.2024):

A3: Vou copiar o código. Tá. E agora, como que coloca pra correr [se referindo a como visualizar]. Tá aqui o Run, sim, mas não tá indo.

A2: Dá F5.

A3: F5 não. Atualiza. Aqui não.

A2: Vai no tutorial de novo.

A3: Acho que achei o erro [se referindo ao programa instalado no computador]

A2: É você que manja Python.

A3: Aqui diz que o erro é na linha trinta. Mas aqui nem aparece a numeração. Vamos pro online mesmo.

A2: A gente tem que escolher uma e ir nela.

A3: Vou baixar esse aqui [aponta para o Visual Studio Code]

A2: Já volta no chat e pede um tutorial de como adicionar campos de direções daí tu coloca o nome do aplicativo.

No diálogo 4 aparecem as pistas linguísticas “sim, mas” e “mas”, “a gente tem”, que respectivamente podem indicar um provável dilema e beco sem saída. A expressão “a gente tem” não está descrita na Figura 3, porém, consideramos que ela tem o mesmo sentido de “temos que”, e por esse motivo, foi incluída na primeira camada de nossa análise (identificação das pistas linguísticas). As tentativas não exitosas da equipe, aliadas às opções disponíveis para a construção dos campos (*software online versus* instalado no computador), fizeram emergir contradições internas no sistema de atividade. Quando A2 afirma: “a gente tem que escolher uma e ir nela”, o discurso revela os estudantes frente a alternativas dadas pelo ChatGPT, que embora indesejáveis para eles, precisavam ser feitas para prosseguir, caracterizando, portanto, uma situação de duplo vínculo (beco sem saída).

Com respeito ao possível dilema, manifestado nas expressões “sim, mas” e “mas”, nas falas de A3, foi verificada uma avaliação incompatível, entre o ator humano e o não humano (mídia), portanto, trata-se de uma contradição interna. O diálogo 5, traz indícios da solução do conflito apontado no diálogo 2:

Diálogo 5 (13.01.2024):

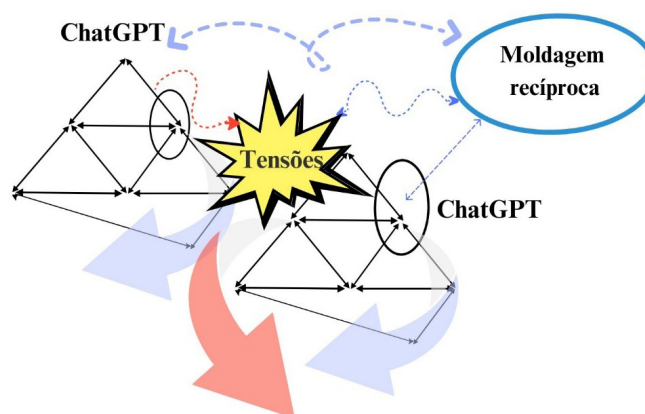
A3: Acho que já tá tudo ok. Tá tudo instalado. Nós vamos fazer o teste com o que ele deu como exemplo pra ver se executa.

A2: Olha lá [se referindo ao chat] vê se é o mesmo passo a passo que o outro [começam a leitura das informações]. Viu, executa o script 'Ctrl+F5'.  
 A3: Já deu um erro.  
 A2: Não! Erro fica em vermelho.  
 A3: Te acalma aí, vou ver no chat aqui. [A3 digita no chat "revise o código"]. Vou copiar o novo código.  
 A2: Mas tu nem viu se deu erro mesmo.  
 A1: Deu oh, nem executou [A3 então copia o novo código].  
 A3: Agora ele exibiu aqui.  
 A2: Ah sim, sim. Mano salva aí. Se é, é, se não for, meu Deus.

Na expressão “nós vamos fazer” temos a resolução do beco sem saída, caracterizada pela ação prática. A pista “sim, sim” sublinha a resolução do conflito que emergiu das dúvidas e inquietações quanto aos tipos e às formas de acesso dos *softwares* para a construção do campo de direções. Em virtude das negociações que se estabeleceram e por intermédio das experimentações, A2 aceita que o caminho tomado (instalar o editor de código-fonte *Visual Studio Code*) os levou à solução da situação.

À luz dos dados, constatamos movimentos dos miniciclones e uma expansão no papel desempenhado pelo ChatGPT. A Figura 5 ilustra esse movimento.

**Figura 5:** Ilustração do Movimento do ChatGPT



**Fonte:** Elaborado pelas autoras (2024).

Na Figura 4, o ChatGPT ocupava o lugar do elemento artefatos, e com o processo de moldagem recíproca, estudantes-com-ChatGPT, seu papel foi transformado, assumindo, conforme ilustrado na Figura 5, o papel de objeto da atividade. Os dados vão ao encontro de Souto (2013, p. 221): “a constatação de que uma mídia molda as ações dos sujeitos [...] indica, a meu ver, que essa mídia pode ser entendida como componente do objeto em sistemas S-H-C-M”. Sob este prisma, há 24 anos Borba e Penteado (2001, p. 57-58) já manifestavam que:

Ao fazermos uma pergunta para um oráculo, ele nos responde com uma charada ou desafio. O entendimento se dará na medida em que tentarmos decifrar a resposta dada pelo oráculo. Algo similar acontece na interação com o computador. Nem sempre é possível conhecer de antemão as possíveis respostas que aparecem na tela. É preciso entender as relações que estão sendo estabelecidas pelo software.

Como observam os autores, os *feedbacks* dados pela tecnologia não necessariamente darão aos estudantes as respostas prontas para alguma situação. Na atividade com o ChatGPT, por exemplo, a aprendizagem foi se estabelecendo à proporção que esses atores interagiam e experimentavam o que estava sendo proposto pelo *chat*. Na segunda parte (Quadro 1), foi solicitado aos estudantes o uso de alguma tecnologia digital, para construir o campo de direções da equação logística de uma certa espécie, dada por:

**Quadro 1** – Problema proposto aos estudantes

$p'(t)=p(2-p)$ , em que  $p$  é a população dada em milhares, no instante de tempo  $t$ . Após, eram realizados os seguintes questionamentos: i) o que se pode inferir sobre a população limitante, considerando uma população inicial de 4000; ii) é possível que uma população de 1200 pessoas inicialmente diminua para 800; iii) essa mesma população inicial (1200) poderia aumentar para 2500.

**Fonte:** Adaptado Nagle *et al.* (2012).

Nossa propositura era fazer com que os estudantes construíssem campos de direções por meio de TD, considerando as sugestões do ChatGPT, e a partir de suas escolhas, proceder com a análise do comportamento das soluções da EDO, dadas as condições iniciais. O processo de resolução começou com a equipe acessando o editor *Visual Studio Code* para construir o campo.

Diálogo 4 (15.01.2024):

A2: Já tem lá os comandos?

A3: Já do exemplo que a gente fez. É só mudar lá no Studio.

A1: Mas não tem o intervalo?

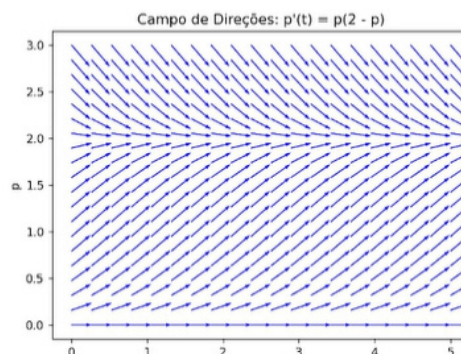
A2: Eu acho que não.

A1: E aí?

A3: Espera um pouco. Oh aí, alterou.

Como é possível observarmos no diálogo 4, A1 questiona os intervalos a serem usados nos eixos, contrapondo que não se trata apenas de alterar a equação no ambiente de programação, conforme indicado por A3. As expressões “mas” e “não” suscitam a existência de possíveis contradições internas no sistema, respectivamente, dilema e conflito. Elas emergem das dúvidas em relação aos valores (máximo e mínimo) a serem tomados no eixo  $p$ , as quais, no decorrer das discussões, se tornam ainda mais evidentes. Na Figura 6, destacamos a representação do campo de direções da equipe.

**Figura 6:** Campo de direções gerado pela equipe no *Visual Studio Code*



**Fonte:** Dados da pesquisa (2024).

Apesar de a equipe ter construído o campo de direções da equação (Figura 6), tensões são alavancadas pela necessidade de responder às questões propostas, a partir das visualizações gráficas do campo de direções. Dito de outro modo, até então, os estudantes não conseguiam relacionar o campo de direções à interpretação qualitativa do comportamento das soluções de uma EDO. Vislumbramos com isso, o início de um novo miniciclone, perceptível no diálogo 5:

Diálogo 5 (15.01.2024):

A2: Mas e aí [risos]. A partir disso aí, que conclusões nós tiramos?

A1: Mas aí só aparece o campo de direções.

A2: [...] Oh ele é limitado de zero a cinco. Não sei.

A3: Nesse caso aqui, esses valores aqui dá pra tu alterar.

A1: Então o nosso p vai ser 3000? 4000.

A3: 4000.

A1: Então a gente vai ter que modificar no código.

A2: Eu acho que não. É pra analisar a parte do campo de direções. É só pra analisar, não precisa modificar nada não.

A3: Mas eu acho que a gente vai ter que modificar aqui, porque o inicial fala aqui que é 4000. E no gráfico o inicial aqui começa de 0.

A1: Vê o valor lá, oh é 1200.

A2: São três coisas diferentes pra analisar a partir do gráfico isso daí. Oh, presta atenção. Olhando aqui oh a gente consegue, de zero todos os valores abaixo de 2, vai crescente e todos os valores acima de 2 tá descendo.

A3: Mas a gente tem que organizar o 4 [se referindo ao 4000]

A2: O 4 não.

A3: É porque a cada 1 a gente considera como 1000.

Ao comentarem: “mas e aí [risos] a partir disso aí, que conclusões nós tiramos?” e “mas aí só aparece o campo de direções”, A2 e A1 revelaram traços de um ensino compartimentalizado, “encapsulado” (Engeström, 2002). Nesta direção, Silva e Souto (2020, p. 151) destacam que esse tipo de tensão “parece ser estrutural e historicamente construída pela forma como temos aprendido e ensinado a matemática”. Na percepção dos estudantes, observada nas entrelinhas do diálogo 5, a visualização gráfica gerada pelo campo de direções não fornecia informações suficientes para que eles formulassem conjecturas sobre os questionamentos propostos. Essa situação imprimiu mudanças no sistema de atividade, visto que o editor *Visual Studio Code*, desestabilizou a forma usual de produção do conhecimento matemático internalizada pelos estudantes.

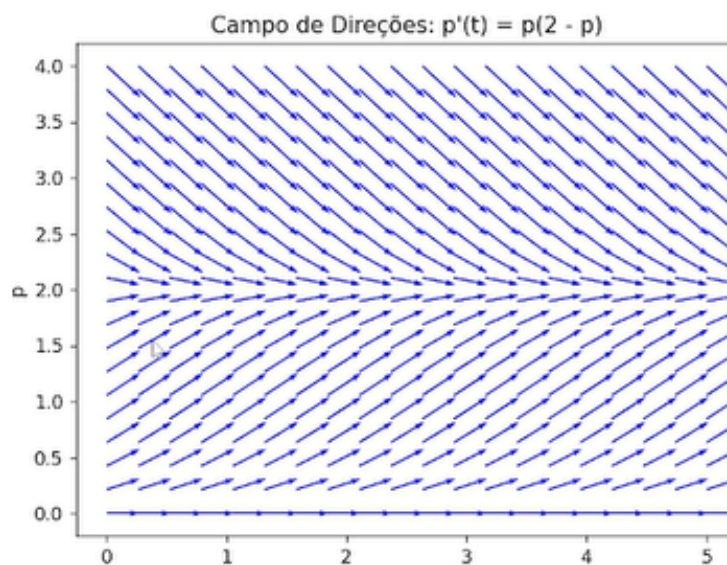
Em nossa análise, as pistas linguísticas “mas”; “não” e “a gente consegue”, no diálogo 5, sugerem a existência de contradições internas. Apesar de o termo “a gente consegue” não estar descrito na Figura 3, consideramos que ela tem o mesmo significado de “vamos conseguir”. Nestes moldes, analisamos primeiramente a ocorrência de um dilema. De fato, quando os estudantes discutem sobre o intervalo do eixo p, eles expressam opiniões diferentes. Para A1 e A3 se faz necessário mudar os valores do intervalo no código, enquanto A2 é contrário a esse entendimento.

No diálogo 5 são reveladas, ainda, confusões a respeito da interpretação dos valores iniciais para a EDO, bem como de sua representação no plano, quando A3 argumenta: “o inicial fala aqui que é 4000, e no gráfico o inicial aqui começa de 0”; à contrapelo, A1 afirma:

“vê o valor lá, oh é 1200”. Há uma falta de compreensão da condição inicial, que na situação i) indica que no instante  $t=0$  a população é de 4000, enquanto na situação ii) no instante  $t=0$  a população  $p$  é de 1200.

Por sua vez, A1 tenta contribuir explicando que são situações diferentes para serem analisadas a partir do gráfico, conforme evidenciado em um dos trechos do diálogo 5. Nesse momento, o trabalho colaborativo se delinea, quando, juntos, os estudantes decidem alterar os valores no código, na busca por um argumento aceitável para todos. A mobilização da equipe pode ser um indício de que o dilema estava sendo resolvido. A Figura 7 apresenta o novo campo plotado após as mudanças.

**Figura 7:** Campo gerado após a alteração do valor máximo do eixo  $p$ .

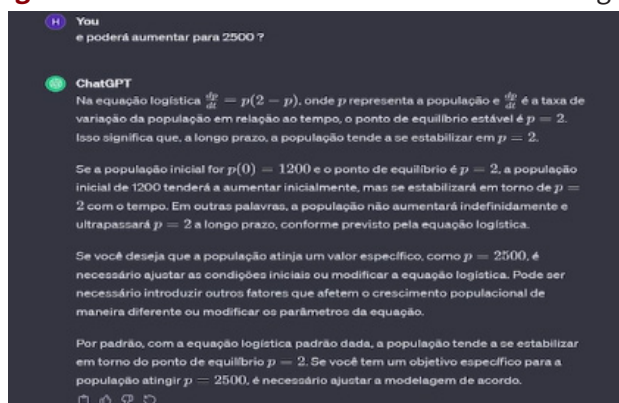


**Fonte:** Dados da pesquisa (2024).

À luz do novo gráfico gerado, A2 argumenta: “Olha é a mesma coisa [...] viu que é o mesmo comportamento. Tá descendo”. Embora A2 tenha reafirmado sua opinião, ele expressa, em outro discurso, a necessidade de calcular o limite de  $p(t)$ : “tem que calcular o limite não tem não? Pra poder saber. Calcular o limite de  $p(t)$ ”. Javaroni (2007) explica que, ao se concentrarem unicamente em métodos e técnicas analíticas, os estudantes acabam não atribuindo significados ao comportamento das soluções de uma EDO. Adicionalmente, em Souto (2016) encontramos que esse sentimento de que falta algo pode ter ligação estreita com o tipo de enfoque a que os estudantes estão acostumados, neste caso, centrado na resolução analítica e algébrica, com o uso das tecnologias lápis e papel.

Dando prosseguimento, a equipe decidiu perguntar ao ChatGPT sobre pontos que geraram incertezas, em especial, se as conjecturas por eles formuladas estavam corretas. A Figura 8 evidencia uma das interações estudantes-com-ChatGPT.

**Figura 8:** Feedback do ChatGPT referente ao diálogo 6



**Fonte:** Dados da pesquisa (2024).

Pelo exposto na Figura 8, o ChatGPT indicou que, se a população inicial era de 1200 e o ponto de equilíbrio  $p = 2$ , então a população poderia aumentar, estabilizando-se em torno desse ponto. À luz dessa informação, A2 formulou a seguinte conjectura: “Ele se aproxima de 2 oh, mas não chega exatamente em 2”. Na mesma direção, A3 verbalizou: “Em 2. É basicamente a análise que a gente fez lá. Tipo ela vem decrescendo até se estabilizar”. Já A1 assinala: “em 2 é estável”. Após o *feedback* do chat, as discussões recomeçaram, e durante esse processo, os estudantes alternavam entre os *feedbacks* do *Visual Studio Code* e o ChatGPT, e ao contrastar os dados reformulavam suas interpretações. Tais movimentos indicaram uma reorganização do pensamento (Tikhomirov, 1981), isto porque ambas as tecnologias influenciaram o raciocínio dos estudantes, seja para corroborar ou refutar as respostas que não eram unanimidade para a equipe.

No diálogo 6 ilustramos mais algumas reflexões da equipe no que tange à interpretação das soluções da EDO:

Diálogo 6 (15.01.2024):

A2: E se a pergunta que a gente estiver fazendo estiver errada. Porque pera aí [ele alterna a janela para o gráfico do campo de direções]

A3: Pergunta do chat, você tem certeza da sua resposta, porque aí ele revisa.

A1: Eu acho que tá certo, porque a setinha vai assim [faz movimentação com as mãos apontando para baixo], no caso maior que 2.

A2: Tá, mas o que tem a ver?

A1: Porque não pode passar de 2.

A1: Ele vai vir e tender a 2.

A3: Ela vai se estabilizando.

A2: Não, mas. Pensa assim agora [suspiro], vamos supor [...] uma população de 1200.

A3: Ela poderá aumentar. Tipo diminuir não né, porque pelas setas aqui, sempre tá aumentando [faz gestos para cima se referindo as setas]. Por isso que ela não pode diminuir porque nenhuma daqui tá [novamente faz gestos]

A2: [...] ah sim, entendi, entendi [...] tá subindo mesmo e para lá no 2.

A3: Imagina a gente fazendo isso no Geogebra, a gente tava perdido até agora né.

A2: Agora vai! Pra diminui, tudo pra baixo.

A3: Tudo vai pra 2.

A2: Então é isso mesmo [...].

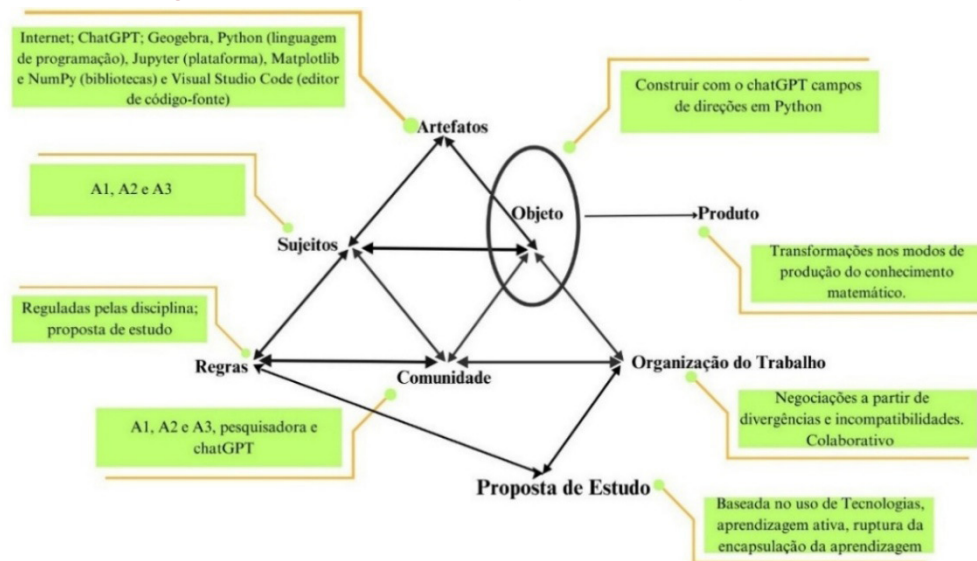
No diálogo 6, A2 pontuou sobre o modo como as perguntas estavam sendo realizadas ao chat, no entanto, A3 ponderou que isso era passível de ser questionado ao próprio chat,

justificando que ele [o chat] poderia revisar as informações fornecidas. As pistas linguísticas “mas” e “não” no diálogo 6, indicavam a existência de prováveis tensões (dilema e conflito), e avaliando as características de cada manifestação e seu contexto, apenas a contradição interna, conflito, de fato ocorreu, pois segue acompanhada de discussões e argumentações. À contrapelo, a pista “sim” sinalizava a resolução desse conflito.

O fim do miniciclone começava a ser manifestado, quando A1 justificou que no caso de  $p > 2$ , as setas apontavam para baixo, indicando decrescimento até se estabilizar em  $p=2$ , o que também foi confirmado por A3 e posteriormente aceito por A2. As colocações da equipe são corretas e vão ao encontro dos dados dispostos no campo de direções da figura 7. Nela, as soluções abaixo do ponto de equilíbrio estável,  $p = 2$  tendem a crescer em direção a esse ponto, enquanto as soluções acima de  $p = 2$  tendem a decrescer para o mesmo ponto.

No início desta seção, a Figura 4 ilustrou o sistema de atividade idealizado para a disciplina de EDO, e com base nos dados produzidos por A1, A2 e A3 em relação ao primeiro episódio, apresentamos, na Figura 9, o sistema de atividade constituído por essa equipe.

**Figura 9:** Sistema Constituído por A1, A2 e A3 – Episódio 1



**Fonte:** Elaborado pelas autoras (2024).

No diagrama do sistema constituído ao longo do desenvolvimento do episódio, representado na Figura 9, assinalamos a expansão do papel desempenhado pelo ChatGPT no processo de aprendizagem dos campos de direções. A princípio, o ChatGPT foi considerado como artefato, no entanto, as interações estudantes-com-ChatGPT se constituíram como potenciais qualitativos para a transformação do espaço problema. À medida que os *feedbacks* do ChatGPT mostravam possíveis soluções para a construção de campos de direções, tensões foram geradas no sistema de atividade. Isto aconteceu porque as opções dadas não eram triviais para os estudantes. Com isso, o *agency* do ChatGPT provocou dúvidas, incertezas e questionamentos que, aliados à necessidade da equipe de resolver a situação, provocaram a ocorrência de um miniciclone.

Para Souto (2016, p. 187), “[...] neste momento de instabilidade é possível observar o processo de moldagem recíproca que carrega consigo pistas do objeto da atividade”. À luz dessa citação e a partir dos dados produzidos, observamos que o ChatGPT imprimiu mudanças no pensar coletivo da equipe, influenciando o raciocínio e, conseqüentemente, as ações desses atores. A partir desse fato, o ChatGPT assumiu a condição de objeto da atividade.

Na socialização com a turma, ao final desse episódio, A3 mencionou que os campos de direções “[...] são representações visuais e essas setas, em cada ponto do plano tem setas, que na verdade são a  $f(t,p)$  nesse ponto [...] a inclinação é esse valor [...] elas ajudam a visualizar as tendências do comportamento das soluções das equações diferenciais”. Esse trecho evidencia que a compreensão inicial indicada no diálogo 1, como uma construção gráfica que tem “setas” e trata da “direção” e “comportamento” de algo, se tornou mais elaborada e próxima da definição formal sobre campos de direções, especialmente no que se refere à interpretação das setas nessa representação geométrica.

As respostas do ChatGPT, aliadas ao trabalho colaborativo da equipe e ao conhecimento prévio de A3 sobre linguagem de programação, contribuíram para que a equipe concluísse satisfatoriamente a atividade. Por esse motivo, a nosso ver, o ChatGPT participou como coautor da produção do conhecimento matemático. A esse respeito, Lévy (2014, p. 289) argumenta que esse tipo de inteligência precisa estar a serviço do aperfeiçoamento das “[...] capacidades pessoais e coletivas de produzir, de gerar e de se apropriar dos conhecimentos [...]”.

Os resultados apontam que os estudantes conseguiram compreender as relações entre campo de direções e a interpretação qualitativa do comportamento das soluções de uma EDO de primeira ordem, além de atribuírem significados ao conceito de pontos de equilíbrio.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando nosso objetivo, que consiste em compreender como se desenvolvem os processos de aprendizagem expansiva em uma disciplina de EDO, utilizando tecnologias, discutimos, por meio das produções de uma das equipes, o modo como as TD, em especial, o ChatGPT, impulsionam transformações no Sistema S-H-C-M. Analisamos um de três episódios, que constituem a proposta de estudo da tese da primeira autora, da primeira autora. Fundamentamos nossa análise sob a lente teórica do Sistema S-H-C-M, e para potencializá-la, recorreremos à ferramenta analítica dos miniciclones de transformações (aprendizagens) expansivas em conjunto com as manifestações discursivas de contradições internas.

Houve, no episódio 1, o desenvolvimento de dois miniciclones, impulsionados pelo uso das TD e pela proposta de estudo. O primeiro deles ocorreu quando o ChatGPT deu como alternativas de construção *online* de campos de direção, *softwares* que os estudantes desconheciam (*Desmos* e *WolframAlpha*) ou com os quais tinham pouca familiaridade (*Geogebra*). As tentativas não exitosas causaram tensões no sistema de atividade, contudo, elas mobilizaram os estudantes a encontrarem outras possibilidades de solução, anterior-

mente não consideradas por eles. Já o segundo miniciclone, se desenvolveu em virtude das dúvidas e dos questionamentos da equipe em relação à atribuição de significados sobre o gráfico gerado no campo de direções. Em outras palavras, as dificuldades dos estudantes se concentraram na interpretação qualitativa do comportamento das soluções das EDO, por meio do campo de direções.

Se, por um lado, as respostas da IA causaram inquietação, incertezas e dúvidas nos estudantes, como na tentativa não exitosa da equipe em plotar o campo de direções com o GeoGebra, a partir do passo a passo fornecido pelo ChatGPT, por outro lado, essa mesma IA ofereceu caminhos alternativos que mobilizaram os estudantes a um aprendizado aberto, por meio das diferentes estratégias de resolução sugeridas. Diante disso, consideramos que a aprendizagem aconteceu de forma gradativa e evolutiva com a participação da IA, nas discussões em grupo e nos momentos de socialização em sala de aula.

Defendemos que o uso das IA na sala de aula necessita de um bom planejamento, onde as questões propostas possam amplificar as potencialidades dessa tecnologia para o processo de aprendizagem. Ademais, o compartilhamento das justificativas para as soluções encontradas favoreceu a construção de um espaço propício para discutir, contrapor, questionar, argumentar e analisar as respostas e interpretações dadas pela IA, visto que elas não são incontestáveis nem totalmente confiáveis. Reforçamos, portanto, a importância do papel docente em orientar o percurso para o uso crítico e consciente da IA.

As contradições internas mais recorrentes foram dilema e conflito, no entanto, houve ainda a identificação de um duplo vínculo (beco sem saída). O uso do ChatGPT, aliado à forte influência da proposta de estudo (TD e ruptura da “encapsulação da aprendizagem”), fizeram com que os movimentos dos miniciclones, implicassem em expansões dos elementos do sistema de atividade. Destacamos, ao longo deste artigo, uma dessas expansões.

No sistema de atividade idealizado, o ChatGPT desempenhava inicialmente o papel de artefato. No entanto, com o processo de moldagem recíproca, o sistema estudantes-com-ChatGPT se transformou e, com isso, esse papel também foi sendo transformado. Assim, o ChatGPT passou a desempenhar o papel de objeto da atividade. Esses movimentos do ChatGPT indicam que a aprendizagem ocorreu. Os estudantes compreenderam as relações entre campo de direções e a interpretação qualitativa do comportamento das soluções de uma EDO de primeira ordem, e os significados atribuídos ao conceito de ponto de equilíbrio. A análise dos dados reafirma o protagonismo das tecnologias nesse coletivo que produz conhecimento matemático, em particular, nesta pesquisa a aprendizagem de EDO.

## 6. REFERÊNCIAS

BOGDAN, Robert Charles; BIKLEN, Sara Knopp. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

BORBA, Marcelo de Carvalho; BALBINO JÚNIOR, Valci Rodrigues. O ChatGPT e a Educação Matemática. **Educação Matemática Pesquisa**. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, São Paulo, v. 25, n.3, p. 142-1456, 2023. DOI: 10.23925/1983-3156.2023v25i3p142-156. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/63304>. Acesso em: 2 ago. 2024.

BORBA, Marcelo de Carvalho; SOUTO, Daise Lago Pereira; CANEDO JÚNIOR, Neil da Rocha. **Vídeos na Educação Matemática: Paulo Freire e a quinta fase das tecnologias digitais**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2022.

BORBA, Marcelo de Carvalho; PENTEADO, Miriam Godoy. **Informática e Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

BORBA, Marcelo de Carvalho; VILLARREAL, Mónica Ester. **Humans-With-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization**. v. 39, New York: Springer, 2005.

DULLIUS, Maria Madalena; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Dificuldades dos Alunos na Aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias. **ALEXANDRIA**. Revista de Educação em Ciência e Tecnologia. v.6, n.2, p. 207-228. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37999>. Acesso em: 24 fev. 2023.

ENGESTRÖM, Yrjö. **Aprendizagem Expansiva**. Trad. Fernanda Liberali, 2ª ed. Campinas, SP: Pontes Editores, 2016.

ENGESTRÖM, Yrjö. **Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research**. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

ENGESTRÖM, Yrjö. Non scolae sed vitae dissimus: Como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: HARRY, Daniels (Org.). **Uma introdução à Vygotsky**. São Paulo: Edições Loyola, 2002, p. 175-198.

ENGESTRÖM, Yrjö; SANNINO, Annalisa. Studies of expansive learning: foundations, findings, and future challenges. **Educational Research Review**, v. 5, p. 1-24, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2009.12.002>. Acesso em: 15 jun. 2022.

JAVARONI, Sueli Liberatti. **Abordagem geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias**. 2007. 231 f. Tese (Doutorado)–Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/102149>. Acesso em: 24 fev. 2023.

LÉVY, Pierre. **A esfera semântica. Tomo 1: computação, cognição e economia da informação**. São Paulo: Annablume, 2014.

NAGLE, R. Kent.; SAFF, Edward B.; SNIDER, Arthur David. **Equações Diferenciais**. 8 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

OLIVEIRA, Eliane Alves de; IGLIORI, Sonia Barbosa Camargo. Ensino e aprendizagem de equações diferenciais: um levantamento preliminar da produção científica. **Em Teia**. Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana, v. 4, n. 2, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/emteia/article/view/2231>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SANTOS, Silvana Claudia. **A produção matemática em um ambiente virtual de aprendizagem: o caso da geometria euclidiana espacial**. 2006, 135 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. Rio Claro, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/91097>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SILVA, Poliana de Oliveira da; SOUTO, Daise Lago Pereira. Manifestações discursivas de contradições internas na produção de cartoons matemáticos digitais. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 33, n. 2, p. 136–158, 2020. DOI: 10.21814/rpe.19379. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rpe/article/view/19379>. Acesso em: 20 jul. 2022.

SOARES, Débora da Silva; SOUTO, Daise Lago Pereira. Tensões no processo de análise de modelos em um curso de cálculo diferencial e integral. **REMATEC**. v. 9, n. 17, p. 46-76, set./dez. 2014. Disponível em: <https://www.rematec.net.br/index.php/rematec/article/view/316>. Acesso em: 17 dez. 2024.

SOUTO, Daise Lago Pereira. **Transformações expansivas em um curso de educação matemática a distância online**. 2013. 279 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática). UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/102097>. Acesso em: 05 fev. 2025.

SOUTO, Daise Lago Pereira. Aprendizagem matemática on-line: quando tensões geram conflitos. **Educação Matemática Pesquisa**. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática. São Paulo, v.17, n.5, p. 942 – 972, 2015. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/25300>. Acesso em: 20 jul. 2022.

SOUTO, Daise Lago Pereira. Transformações e Moldagem Recíproca na Produção de Matemática On-line com Software. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.9, n. 1, p. 182-201, jan/abr. 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2841>. Acesso em: 20 abr. 2023.

SOUTO, Daise Lago Pereira; ARAÚJO, Jussara de Loiola. Possibilidades expansivas do sistema seres-humanos-com-mídias: um encontro com a Teoria da Atividade. In: BORBA, M. C.; CHIARI, A. (Org.) **Tecnologias Digitais e Educação Matemática**. São Paulo: Livraria da Física, 2013, p. 71-90.

SOUTO, Daise Lago Pereira; Borba, Marcelo de Carvalho. Seres humanos-com-internet ou internet-com-seres humanos: Uma troca de papéis?. **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, v. 19, n. 2, p. 217-242, 2016. DOI: 10.12802/

relime.13.1924. Disponível em: <https://relime.org/index.php/relime/article/view/141>. Acesso em: 16 jan. 2024.

TIKHOMIROV, Oleg K. The psychological consequences of computerization. In: Wertsch. J. **The Concept of Activity in Soviet Psychology**. New York: Sharpe, 1981, p. 256-278.

#### Informações do artigo

Recebido: 09 de abril de 2025.

Aceito: 06 de agosto de 2025.

Publicado: 26 de novembro de 2025.


#### Como citar esse artigo (ABNT)

RODRIGUES, Sabrina de Souza; SOUTO, Daise Lago Pereira. Aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias com Estudantes-e-ChatGPT na Amazônia. **Revista Prática Docente**, Confresa/MT, v. 10, e25030, 2025. <https://doi.org/10.23926/RPD.2025.v10.e25030.id1145>.

#### Como citar esse artigo (APA)

Rodrigues, S. de S., & Souto, D. L. P. (2025). Aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias com Estudantes-e-ChatGPT na Amazônia. *Revista Prática Docente*, 10, e25030. <https://doi.org/10.23926/RPD.2025.v10.e25030.id1145>.

#### Editor da Seção

Walber Christiano Lima da Costa 

#### Editor Chefe

Thiago Beirigo Lopes 