

A Interpretação Global de Propriedades Figurais no Estudo Interdisciplinar de Funções com o Software Modellus 4.0

Elias Rodrigues de Souza

Secretaria de Educação de Minas Gerais
Lontra, MG — Brasil

✉ mestreers03@gmail.com

 0009-0002-8007-2356

Josué Antunes de Macêdo

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de
Minas Gerais

Montes Claros, MG — Brasil

✉ josueama@gmail.com

 0000-0002-0521-1910



2238-0345 

10.37001/ripem.v16i2.4928 

Recebido • 15/06/2026

Aprovado • 03/08/2026

Publicado • 30/09/2026

Editoria • Edvonete Souza de Alencar 

Veridiana Rezende 

Resumo: Este artigo tem por objetivo discutir, à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS), o processo de Interpretação Global de Propriedades Figurais mobilizado pelos estudantes ao utilizarem o *software Modellus 4.0* para o estudo interdisciplinar de Função Afim com problemas da Cinemática. Esta pesquisa qualitativa foi desenvolvida com aplicação de uma sequência de atividades a dezoito estudantes do Ensino Médio Integral. A análise dos dados fundamentou-se nos princípios da TRRS, com destaque para a Interpretação Global de Propriedades Figurais. Os resultados mostraram que os estudantes, utilizando o *software Modellus 4.0*, conseguiram estabelecer conexões entre diferentes registros de representação, como o gráfico e o algébrico, ao identificar as variáveis visuais e suas correspondências simbólicas. Conclui-se que o *Modellus 4.0* é uma ferramenta aplicável ao ensino de Função Afim de forma interdisciplinar com Cinemática, e possibilita o aprofundamento conceitual e o rompimento de processos mecanizados de conversão entre registros semióticos desse objeto.

Palavras-chave: Funções Polinomiais. Ensino Interdisciplinar. *Software Modellus 4.0*. Interpretação Global Figural.

The Global Interpretation of Figural Properties in the Interdisciplinary Study of Functions with Modellus 4.0 Software

Abstract: This article aims to discuss, in light of the Theory of Semiotic Representation Registers, the process of Global Interpretation of Figural Properties mobilized by students when using the Modellus 4.0 software for the interdisciplinary study of Affine Functions with Kinematics problems. This qualitative research was developed by applying a sequence of activities to eighteen students from the Full-Time High School program. The data analysis was based on the principles of the Theory of Semiotic Representation Registers, with emphasis on the Global Interpretation of Figural Properties. The results indicated that students using the Modellus 4.0 software were able to establish connections between different representation registers, such as the graphical and algebraic, by identifying visual variables and their symbolic correspondences. It is concluded that Modellus 4.0 is a tool applicable to the interdisciplinary teaching of Affine Functions with Kinematics, enabling conceptual deepening and breaking down mechanized processes of conversion between semiotic registers of this object.

Keywords: Polynomial Functions. Interdisciplinary Teaching. Modellus 4.0 software. Global Figural Interpretation.

La Interpretación Global de las Propiedades Figurales en el Estudio Interdisciplinario de Funciones con el Software Modellus 4.0

Resumen: Este artículo tiene como objetivo discutir, a la luz de la Teoría de Registros de Representación Semiótica, el proceso de Interpretación Global de Propiedades Figurales movilizado por estudiantes al utilizar el software Modellus 4.0 para el estudio interdisciplinario de Funciones Afines con problemas Cinemáticos. Esta investigación cualitativa se desarrolló mediante la aplicación de una secuencia de actividades a dieciocho estudiantes del programa de Escuela Secundaria de Tiempo Completo. El análisis de datos se basó en los principios de la Teoría de Registros de Representación Semiótica, con énfasis en la Interpretación Global de Propiedades Figurales. Los resultados indicaron que los estudiantes que utilizan el software Modellus 4.0 lograron establecer conexiones entre diferentes registros de representación, como el gráfico y el algebraico, mediante la identificación de variables visuales y sus correspondencias simbólicas. Se concluye que Modellus 4.0 es una herramienta aplicable a la enseñanza interdisciplinaria de Funciones Afines con Cinemática, que permite la profundización conceptual y la descomposición de los procesos mecanizados de conversión entre registros semióticos de este objeto.

Palabras clave: Funciones Polinómicas. Enseñanza Interdisciplinaria. Software Modellus 4.0. Interpretación Figurativa Global.

1 Introdução

Inseridas nos currículos da Educação Básica brasileira, na unidade temática da álgebra, as Funções Polinomiais, conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), têm seus estudos previstos para o plano curricular do último ano do Ensino Fundamental por meio de suas representações numérica, algébrica e gráfica, devendo ser aprofundadas no Ensino Médio, consolidando, dentre outras habilidades, a de “construir modelos empregando as funções polinomiais de 1º ou de 2º grau, para resolver problemas em contextos diversos, com ou sem apoio de tecnologias digitais” (Brasil, 2018, p. 536).

De acordo com Fernandes (2014), as dificuldades inerentes ao ensino de Matemática desses e dos demais objetos matemáticos têm promovido movimentos de professores e de pesquisadores com foco em abordagens pedagógicas que promovam a compreensão e a aplicação dos conceitos. Nesse contexto, a interdisciplinaridade, caracterizada segundo Japiassu (1976) e Fazenda (2003, 2015), como um método de ensino que permite a abordagem entre duas ou mais disciplinas que se entrelaçam, se integram e colaboram entre si, relacionando-as para a resolução de um único problema, apresenta-se com potencialidade de oportunizar variadas situações de aprendizagem de Função Afim a partir de exploração de situações da Cinemática¹.

Soma-se a essa perspectiva de um ensino diferenciado, atrativo e coletivo, o uso das ferramentas digitais, como o *software* educacional *Modellus*². Criado especialmente para fins educacionais no ensino de Física e Matemática, ele possibilita criar simulações/animações de um fenômeno natural, como os descritos em cinemática, por intermédio de uma Modelagem Matemática com emprego de expressões algébricas, dentre elas as Função Afim. Utilizando uma notação matemática simples, o *software* favorece o desenvolvimento de soluções por meio

¹ Ramo da Física que estuda os movimentos dos corpos inerciais que estão sob as leis de Newton.

² O *software Modellus*, criado por Vitor Duarte Teodoro, em sua tese de Doutorado (2002) pela Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Portugal, tem passado por atualizações, tornando-o mais abrangente e com sistema operacional mais acessível. Neste trabalho utilizaremos a versão *Modellus 4.0*, uma versão atualizada adotada por algumas instituições de ensino brasileiras, dentre elas o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

da manipulação de dados e da análise de diferentes resultados. As animações interativas, que dispensam conhecimento aprofundado em linguagem computacional, contribuem para que o educando explore e visualize os fenômenos representados de forma abstrata, um dos diferenciais desse *software* (Teodoro, 2002).

Ao referir-se aos desafios do ensino e aprendizagem de Função Afim, Duval (2011) enfatiza que “a razão profunda dessas dificuldades não se deve procurar nos conceitos matemáticos ligados à função afim, mas na falta de conhecimento das regras de correspondência semiótica entre o registro da representação gráfica e o registro da expressão algébrica” (Duval, 2011, p. 97). Desse modo, quando o ensino de funções envolve representações nos registros gráfico e algébrico, o autor propõe uma abordagem baseada na Interpretação Global de Representações Figurais que implica a coordenação entre as representações desses registros para o processo de Conversão entre eles (Duval, 2011).

Com a apropriação desse aspecto cognitivo da Teoria dos Registros de Representação de Raymond Duval e usufruindo da interdisciplinaridade entre Física e Matemática e do uso das Tecnologias Digitais (TD) para o ensino de Matemática, objetivamos, nesta pesquisa, discutir, à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS), o processo de Interpretação Global de Propriedades Figurais, mobilizado pelos estudantes ao utilizarem o *software Modellus 4.0* para o estudo interdisciplinar de Função Afim com problemas da Cinemática.

Mediante a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa, conforme termo consubstanciado sob a indicação nº 6.910.921, de 26 de junho de 2024, e Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 79857124.1.0000.5146, desenvolvemos esta pesquisa participante com estudantes do Ensino Médio em Tempo Integral (EMTI) de uma escola da rede estadual do município de Lontra/MG.

Este trabalho³ está organizado em cinco seções, dispostas em: seção 1 – esta Introdução com a apresentação do trabalho, situando o leitor quanto ao tema e ao objetivo da pesquisa; seção 2 – Fundamentação teórica; seção 3 – Apresentação dos procedimentos metodológicos aplicados na pesquisa; seção 4 – Sequência de atividades desenvolvidas, dados coletados e discussão dos resultados; seção 5 – Considerações Finais desta pesquisa; e a última seção traz as referências bibliográficas consultadas nesta investigação.

2 A Teoria dos Registros de Representação Semiótica

A Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) corresponde a um quadro teórico de análise de ensino e aprendizagem em Matemática. Foi fundamentada e desenvolvida pelo professor, filósofo e psicólogo francês, Raymond Duval, a partir de estudos voltados à psicologia cognitiva. Esses estudos iniciaram-se na década de 1970 no Instituto de Pesquisa sobre o Ensino de Matemática – Irem – de Estrasburgo, na França, e se consolidaram na TRRS em 1995.

No Brasil, segundo Costa (2021), a aplicação desse quadro teórico iniciou-se em investigações no campo da Educação Matemática em 1996. Desde então tem alcançado espaço no cenário das pesquisas brasileiras, impulsionada por trabalhos de pesquisadores como Lênio Fernandes Levy, Marisa Rosâni Abreu da Silveira, Mércles Thadeu Moretti, Célia Finck Brandt, dentre outros, que, além de utilizarem a TRRS em suas pesquisas, dedicaram-se a traduzir para o idioma nacional parte do material intelectual produzido pelo pesquisador

³ Este artigo compõe a dissertação de Mestrado (Souza, 2025) defendida no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual de Montes Claros, organizada em formato *multipaper*, escrita pelo primeiro autor e orientada pelo segundo autor.

Raymond Duval acerca da TRRS.

De acordo com Duval (2009), a Matemática é composta por conceitos abstratos, cujo acesso ocorre por meio das representações semióticas. O desenvolvimento de uma atividade envolvendo Matemática depende, principalmente, das atividades cognitivas: o Tratamento e a Conversão. Ambas envolvem transformações de representações semióticas precedidas da atividade do reconhecimento das regras e características matemáticas do objeto em estudo – a Formação.

Duval (2009) destaca que a atividade de **Tratamento**, caracterizada pelo desenvolvimento de uma representação dentro do mesmo sistema semiótico, sem mudança de registro, está consolidada nos processos de ensino da Matemática. Esse autor observa, entretanto, que a **Conversão** – atividade cognitiva que envolve a transformação de uma representação de um registro em outra, pertencente a um sistema distinto – recebe pouca atenção. Como consequência, a “ausência de coordenação entre diferentes registros cria muito frequentemente uma deficiência para as aprendizagens conceituais” (Duval, 2009, p. 63). Para o autor, a aprendizagem ocorre quando o estudante é capaz de transitar entre, ao menos, dois registros diferentes por intermédio da Conversão.

Duval (2011) considera que há três tipos de abordagens possíveis para o ensino e aprendizagem de funções. A primeira abordagem, que o autor denomina de *ponto a ponto*, corresponde ao processo mecanizado de substituição de valores específicos na expressão algébrica, gerando pontos referenciais a serem inseridos no plano cartesiano para, assim, uni-los por um traçado (reta, curva, parábola, entre outros). No estudo gráfico,

Em referência aos dois eixos graduados, um par de números permite identificar um ponto (e, inversamente, um ponto se traduz por um par de números). Este modo associativo limita-se a alguns valores particulares e aos pontos marcados no plano referencial. Esta abordagem favorece quando se quer TRAÇAR o gráfico correspondente de uma equação do primeiro grau ou o gráfico de uma equação do segundo grau. Favorece ainda quando se quer LER as coordenadas de algum ponto interessante (porque é ponto de intersecção com os eixos ou com alguma reta, porque é máximo, etc.) (Duval, 2011, p. 98).

A outra abordagem, também comum, é a *extensão do traçado* que considera “um conjunto infinito de pontos potenciais, quer dizer, no fundo homogêneo da folha, nos intervalos entre pontos marcados” (Duval, 2011, p. 63). Essa abordagem privilegia processos mecânicos de Conversão do registro de representações algébricas para o gráfico; “é totalmente inoperante uma vez que tira a atenção das variáveis visuais” (Duval, 2011, p. 99); dificulta, portanto, o processo inverso, ou seja, chegar ao registro algébrico a partir do registro gráfico. Isso ocorre devido às variáveis visuais de representações abordadas, que estão ligadas às unidades significativas.

Diante das limitações desses processos de ensino, principalmente quando aplicados no longo prazo e fora do contexto estudado, Duval (2011) institui uma terceira abordagem definida como *Interpretação Global de Propriedades Figurais*. Consoante esse autor (2011, p. 99), essa abordagem “é em geral deixada de lado no ensino uma vez que depende de análise semiótica visual e algébrica”. Na seção seguinte aprofundaremos sobre esse aspecto, que irá embasar a análise dos dados coletados.

2.1 Interpretação Global de Propriedades Figurais

A Interpretação Global de Propriedades Figurais é uma ampliação da abordagem *ponto*

a ponto e da abordagem *de extensão do traçado efetuado*, que são voltadas para os dados do traçado do gráfico, mas sem dedicação à forma da expressão algébrica e às variáveis visuais, (Duval, 2011). A Interpretação Global privilegia as regras semióticas de correspondências nas atividades de Tratamento e Conversão para as abordagens gráficas e algébricas de funções, tornando-a uma “abordagem eficaz quando se deseja, por exemplo, partir de uma representação gráfica para a representação algébrica” (Costa, 2021, p. 60). Tal processo exige do estudante a identificação de modificações nas variáveis visuais por meio dos registros gráficos e de suas respectivas correspondências com as unidades significantes nos registros algébricos.

Conforme Brandt e Moretti (2018), cada registro de representação possui suas próprias unidades significantes. No registro algébrico de uma Função Afim ($f(x) = ax + b$), por exemplo, as unidades significantes referem-se a $a, b, +, -$ e $=$, uma vez que variações desses termos permitem associações imediatas com modificações visuais no gráfico (inclinação ascendente ou descendente, inclinação da reta em relação ao eixo, posição de origem e outros), como mencionado no Quadro 1.

Quadro 1: Variáveis visuais e suas respectivas unidades significantes para Função Afim

Variáveis visuais	Valores das variáveis visuais	Unidades simbólicas correspondentes	
Sentido de inclinação	Ascendente	Coeficiente $a > 0$	Ausência de sinal
	Descendente	Coeficiente $a < 0$	Presença de sinal $-$
Ângulo com os eixos	Há uma repartição simétrica do quadrante percorrido	Coeficiente variável $a = 1$	Não há coeficiente escrito
	O ângulo formado com o eixo horizontal é menor que o ângulo formado com o eixo vertical	Coeficiente variável $a < 1$	Há coeficiente escrito
	O ângulo formado com o eixo horizontal é maior que o ângulo formado com o eixo vertical	Coeficiente variável $a > 1$	Há coeficiente escrito
Posição sobre o eixo	Corta acima	Acréscimo constante b	Sinal $+$
	Corta abaixo	Subtrai-se constante b	Sinal $-$
	Corta na origem	Sem correção aditiva	Ausência de sinal

Fonte: Elaboração própria – adaptado de Duval (2011).

Note que, neste quadro, a primeira variável visual refere-se ao sentido de inclinação do traçado gráfico da função projetada no plano cartesiano. Essa tem como correspondência o sinal do coeficiente a , ou seja, as duas unidades significativas: a negativo (a linha desce da esquerda para a direita) ou a positivo (a linha sobe da esquerda para a direita).

Já a segunda variável visual, associada ao ângulo que o traçado faz com os eixos, têm correspondência com valor do coeficiente a (taxa de variação), estando obediente às condições: se $a = 1$, os ângulos entre o traçado e cada eixo são simétricos; se $1 < a < -1$ “[...] o ângulo formado com o eixo horizontal é maior que o ângulo formado com o eixo vertical” (Duval, 2011, p. 101); enquanto $-1 < a < 1$, com $a \neq 0$, “[...] o ângulo formado com o

eixo horizontal é menor que o ângulo formado com o eixo vertical” (Duval, 2011, p. 101).

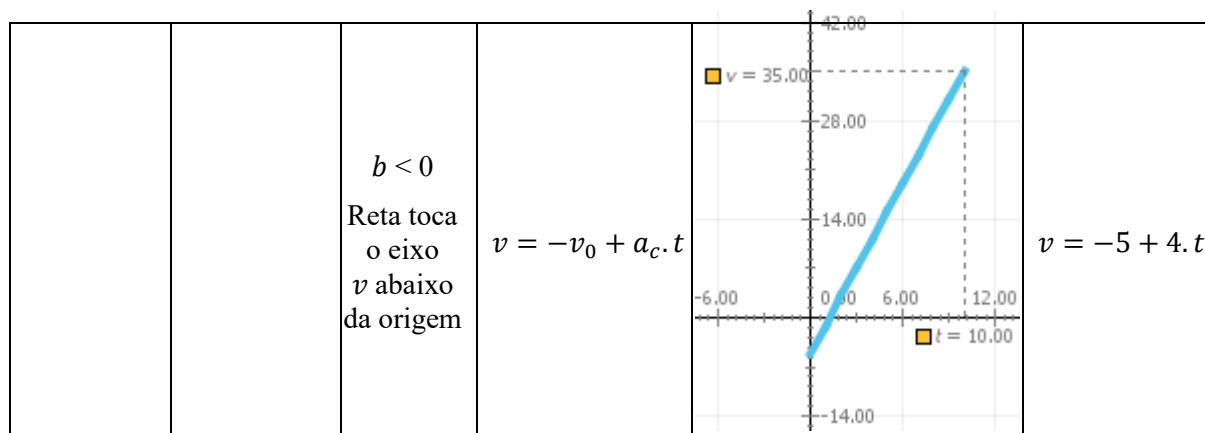
A terceira variável visual corresponde à posição do traçado em relação à origem do eixo vertical, e, portanto, tem como unidade significativa a constante linear b . Para $b = 0$ (coeficiente linear nulo), o traçado irá passar pela origem dos eixos, enquanto, para $b > 0$ (coeficiente linear positivo), tem-se o traçado acima da origem do eixo vertical e, por consequência, para $b < 0$ (coeficiente linear negativo), o traçado irá interceptar o eixo vertical abaixo da origem (Duval, 2011).

Em uma situação interdisciplinar entre a Matemática e a Física, utilizando-se de um problema físico-matemático relacionado ao movimento retilíneo uniformemente variado (aceleração constante), a grandeza velocidade é dada por uma Função Afim por definição $v(t) = v_0 + a \cdot t$. Então, temos uma função horária.

No Quadro 2 estão apresentadas as variáveis visuais da função horária da velocidade, quando $a > 1$. Cabe destacar, inicialmente, que, na projeção gráfica da função horária, o tempo (t) é uma grandeza escalar e, por isso, não assume valores negativos. Já no Quadro 3 estão descritas as variáveis visuais e as unidades significativas para $v \times t$ quando $a < -1$.

Quadro 2: Variáveis visuais e unidades simbólicas da função horária da velocidade para $a > 1$

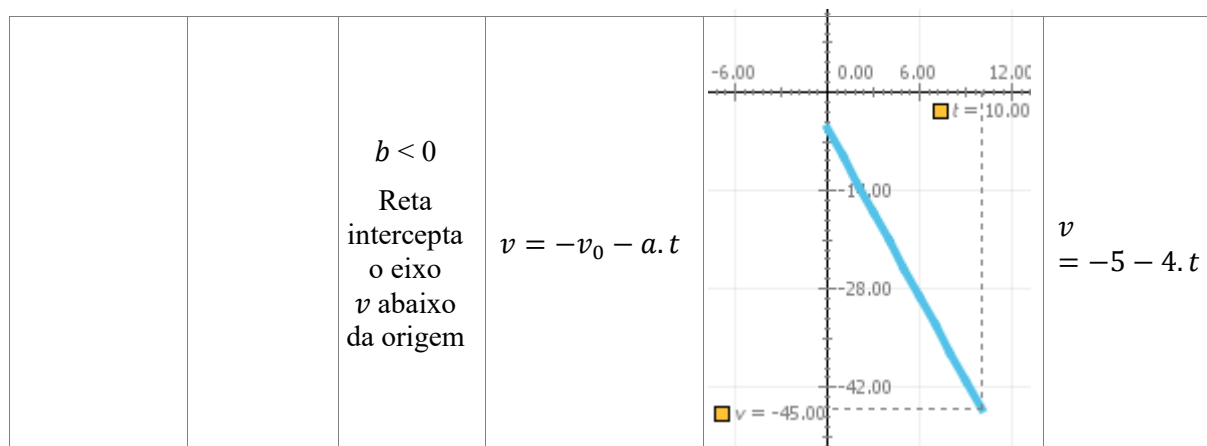
Variáveis visuais			Unidades Simbólicas	Exemplos	
Sentido da inclinação	Ângulo com o eixo t	Posição da reta em relação à origem	Expressão algébrica	Gráfico	Algébrico
$a > 0$ Reta ascendente	$a > 1$ O ângulo formado entre o traçado e o eixo horizontal é maior que o ângulo formado com o eixo vertical	$b = 0$ Reta toca na origem	$v = a \cdot t$		$v = 4 \cdot t$
		$b > 0$ Reta toca o eixo v acima da origem	$v = v_0 + a_c \cdot t$		$v = 5 + 4 \cdot t$



Fonte: Elaboração própria – adaptado de Amplatz (2020).

Quadro 3: Variáveis visuais e unidades simbólicas da função horária da velocidade para $a < -1$

Variáveis visuais			Unidades Simbólicas	Exemplos	
Sentido da inclinação	Ângulo com o eixo t	Posição da reta em relação à origem	Expressão algébrica	Gráfico	Algébrico
$a > 0$ Reta descendente	$a < -1$ O ângulo formando entre o traçado e o eixo horizontal é maior que o ângulo formado com o eixo vertical	$b = 0$ Reta intercepta na origem	$v = -a \cdot t$		$v = -4 \cdot t$
		$b > 0$ Reta intercepta o eixo v acima da origem	$v = v_0 - a \cdot t$		$v = 5 - 4 \cdot t$



Fonte: Elaboração própria – adaptado de Amplatz (2020).

Se $a = 1$, graficamente observa-se partição simétrica e ângulos de 45° entre o traçado e os eixos. Mesma situação para $a = -1$, com a diferença de que, nesse caso, a reta é decrescente. Lembrando que, graficamente, se $v_0 = 0$, o traçado inicia-se na origem (objeto em movimento partindo do repouso), enquanto para $v_0 < 0$ ele parte abaixo da origem (velocidade inicial diferente de zero em sentido contrário ao deslocamento) e, em $v_0 > 0$, acima da origem (velocidade inicial diferente de zero no mesmo sentido do deslocamento). Na situação do coeficiente $a < 0$, fisicamente corresponde a que o corpo se encontra em movimento desacelerado.

Com o coeficiente $a < -1$ o ângulo formado pelo traçado com o eixo horizontal é maior que o ângulo formado entre o traçado e o eixo vertical; algo semelhante para $a > 1$. Logo, quanto maior o módulo (valor) de a mais próximo o traçado estará do eixo vertical; fisicamente isso indica uma taxa de variação da velocidade mais intensa. Para $0 > a > -1$, o comportamento gráfico é semelhante a quando a assume valores no intervalo $0 < a < 1$, em que o ângulo formado entre o traçado e o eixo horizontal é menor que o ângulo formando com o eixo vertical; fisicamente quanto mais próximo o traçado estiver do eixo horizontal menor é a variação da velocidade, posto que para a velocidade constante ($a = 0$) o traçado é paralelo ao eixo horizontal do gráfico $v \times t$.

É notório que a coordenação entre as variáveis visuais e as unidades significantes possibilitam que o estudante transite entre os registros gráficos e algébricos dessa função, bem como consiga compreender as tratativas entre a Matemática e o fenômeno físico em estudo.

Duval (2011) destaca que se essa abordagem for ignorada os processos de ensino e de aprendizagem de função são comprometidos, uma que a “interpretação das representações gráficas cartesianas depende de uma identificação precisa de todos os valores das variáveis visuais pertinentes e do reconhecimento qualitativo das unidades da expressão simbólica correspondente” (p. 111). Dada a dependência das Funções Afim para o estudo da cinemática, as defasagens na aprendizagem de Funções Polinomiais em seus registros gráficos e algébricos influenciarão na interpretação e na descrição dos fenômenos físicos de cinemática, considerando que se utilizam das conversões entre as representações gráficas e algébricas.

De acordo com Moretti e Luiz (2014), os recursos tecnológicos facilitam principalmente a escrita gráfica, posto que “podem ser facilmente feitos em um programa computacional e, com isso, deixar o estudante com mais tempo livre para a tarefa mais importante que é a interpretação e assim responder com mais segurança a questão proposta na atividade” (p. 79). Para além destes, vários teóricos defendem o uso de recursos tecnológicos adequados aos aspectos defendidos por teorias associadas ao ensino de Matemática.

Duval, em entrevista para Freitas e Rezende (2013), argumenta que o uso de *softwares* traz três grandes inovações, do ponto de vista cognitivo, pelo seu poder de promover a visualização de conteúdos pertinentes a todas as áreas do conhecimento; por exercer funções de simulação e de Modelagem e, por fim, por produzir algo imediatamente (Amplatz, 2020, p. 62).

Diversos estudos recentes (Macêdo & Martins, 2026; Martins & Macêdo, 2023; Oliveira & Macêdo, 2025, 2026; Ruas, Macêdo & Crisostomo, 2024; Silva & Macêdo, 2025, 2026) têm destacado que a prática pedagógica docente é atravessada por múltiplas demandas e desafios. Neste cenário, as Tecnologias Digitais (TD), segundo Santos e Macêdo (2023, 2024), preocupam-se em proporcionar aprendizagem do conteúdo programático e estabelecer um ambiente de reflexão crítica. Ainda segundo Santos e Macêdo (2023, p. 3), deve-se ponderar “que o uso das Tecnologias digitais (TD) para ensinar Matemática não garante eficácia na aprendizagem”, posto que as TD são “parte de um projeto coletivo que prevê a democratização de acessos a tecnologias desenvolvidas pela sociedade” (Borba & Penteado, 2019, p. 17). Não será, portanto, apenas a inserção das TD nas práticas tradicionais de resolução de atividades matemáticas que irá garantir a aprendizagem; deve-se pensar no processo de ensino de forma coletiva com trocas de conhecimentos e fundamentos que asseguram o uso correto desses instrumentos.

Nesse contexto, fizemos esta pesquisa com abordagem no ensino interdisciplinar de Função Afim a partir de problemas físico-matemáticos a serem desenvolvidos com o uso do *software Modellus 4.0* em acordo aos procedimentos metodológicos descritos a seguir.

3 Procedimentos Metodológicos

Esta investigação compõe-se de uma pesquisa do tipo participante, com essência qualitativa da participação ativa dos sujeitos envolvidos (Brandão, 2006). Minayo (2002) destaca que a pesquisa qualitativa tem por principal objetivo verificar experiências e acontecimentos de relações humanas, tendo por base a busca de significados sociais e a construção histórica de abordagens que não podem ser traduzidas em números, mas a partir da interpretação do pesquisador.

Com esse intuito, utilizamo-nos de uma sequência de atividades, principal instrumento de coleta de dados desta pesquisa, correspondente a uma unidade de ensino não compartimentada que obedeceu a um processo cíclico de planejamento, como destaca Gomes (2011). Essa sequência de atividades compõe-se de dois problemas físico-matemáticos construídos a partir dos conceitos de Cinemática, cuja interpretação, desenvolvimento e solução são dependentes dos conceitos matemáticos de Função Afim. A exploração desses problemas ocorreu de forma interdisciplinar por intermédio do *software Modellus 4.0* com estudantes do Ensino Médio Integral (EMTI) de uma escola da rede estadual do município de Lontra/MG.

Foram convidados, aleatoriamente, 6 estudantes de cada ano do Ensino Médio, totalizando 18 participantes. Esse número de participantes estava de acordo com a disponibilidade de computadores em pleno funcionamento no laboratório de informática da escola. A opção pelo grau de ensino dos participantes está relacionada à previsão curricular escolar para os conceitos de Física e de Matemática abordados. A opção por estudantes de anos distintos corresponde ao interesse de verificar o uso do *software* nos diferentes anos do Ensino Médio, bem como da proposta de ensino interdisciplinar de Funções Afim. Já a escolha da instituição foi determinada pela oferta do Ensino Médio, por contar com laboratório de informática em pleno funcionamento e disponibilidade de uso e por estar relacionada à trajetória estudantil e profissional do primeiro pesquisador, uma vez que foi nessa escola, a única do município a fornecer o Nível Médio, que ele realizou sua formação básica e, atualmente,

encontra-se ocupa o cargo de professor de Física, no entanto, no período da pesquisa, encontrava-se em afastamento das atividades para realização do Mestrado.

Realizamos, com uma turma de 1º ano do Ensino Médio da própria escola, escolhida aleatoriamente, uma aferição da sequência de atividades com a finalidade de verificar e de orientar os ajustes futuros nas ações bem como no uso do *software Modellus 4.0*, uma vez que esse não era utilizado na escola. Ademais de possibilitar ajuste na sequência, essa prática revelou a necessidade de ajustes no número de participantes, e, assim, chegamos na quantidade de 18 participantes, e foi feita, também, uma abordagem inicial para apresentação do *software*.

Ressaltamos que nenhum dos participantes da aferição das sequências de atividades esteve participando da intervenção que ocorreu no mês de março de 2025. Foram cinco encontros no laboratório de informática, com carga horária de 12 horas/aula. Os dois primeiros encontros foram dedicados a uma imersão inicial no uso do *software Modellus 4.0*.

A cada encontro as duplas receberam uma atividade impressa, com instruções e questões para serem desenvolvidas no papel e com o uso de computadores com o *software* instalado. Todos os encontros aconteceram no turno vespertino, uma vez que o sistema de ensino é integral. Os estudantes foram liberados a participar, com consentimento dos professores e sem prejuízo das demais disciplinas. Sob orientação e supervisão do pesquisador, principal responsável por coordenar e auxiliar na realização das atividades, os estudantes formaram duplas para desenvolver as atividades da sequência. Formaram-se, então, nove duplas, sendo cada uma com integrantes da mesma turma. Os pares foram distribuídos de forma mista no ambiente do laboratório para se permitirem diálogos coletivos entre estudantes de anos escolares distintos. Os participantes foram incentivados pelo pesquisador a dialogarem entre si com as demais duplas, principalmente com aquelas de anos escolares distintos. Poderiam interagir no que se refere aos conteúdos das disciplinas de Física e de Matemática explorados, nos comandos de informática e na interpretação dos resultados das simulações e animações, oportunizando a construção de respostas coerentes acerca do tema explorado. As dúvidas e os esclarecimentos solicitados, tais como sobre informática básica, comandos do *software*, organização das atividades e outras, foram prontamente atendidos pelo primeiro pesquisador, mantendo um ambiente agradável para o desenvolvimento das atividades.

No desenvolvimento das atividades, os participantes produziram dados físicos e digitais que foram capturados com a devolutiva de uma cópia do material impresso e dos arquivos digitais salvos no *Modellus 4.0*. Foram também utilizadas gravações de áudio e anotações de falas dos participantes, assim como a observação sistemática caracterizada por “ser planejada e conduzida em função de um objetivo anteriormente definido” (Danna & Matos, 2015, p. 15).

Concluída a aplicação da sequência de atividades, iniciou-se o processo de tratamento das informações. Buscando facilitar o acompanhamento da construção do conhecimento de cada participante, preservou-se o anonimato. Nesse sentido, as atividades realizadas pelas duplas foram identificadas por números aleatórios de 1 a 9, sendo denominadas de D1, D2, D3, ..., D9. Os registros físicos e digitais de cada dupla foram organizados em uma planilha do *Excel* e categorizados de acordo com as seguintes atividades cognitivas: Formação, Tratamento, Conversão e, principalmente, Interpretação Global de Propriedade Figural. Paralelamente e após essa categorização, todos os dados produzidos em cada atividade foram analisados com base nos pressupostos da Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) em consonância com o objetivo da pesquisa, permitindo a obtenção dos resultados apresentados a seguir.

4 Resultados e Discussões

A aplicação da sequência de atividades iniciou-se com uma imersão ao uso do *software Modellus* em sua versão 4.0. Os estudantes conheceram as funcionalidades e a destinação dessa ferramenta bem como a função dos principais guias e comandos. Assim, utilizando-se de instruções presentes no material impresso disponibilizado, auxílio do primeiro pesquisador e exploração do ambiente do *software*, os participantes realizaram três exemplos de simulação de problemas físico-matemáticos de Cinemática descritos matematicamente por Função Afim. Ao final dessa etapa, as duplas deixaram registradas, no ambiente do *software*, as primeiras impressões quanto ao uso desse recurso tecnológico para o estudo de Função Afim de forma interdisciplinar com fenômenos físicos. A Figura 1, a seguir, traz os argumentos de duas duplas.

Figura 1: Registros das duplas D3 e D5, respectivamente

Notas	Notas
achamos o software interessante para entender as funções, pois nem se compara a desenhos feitos no cadernos. A forma com que vemos os desenhos e seus movimentos, melhora bastante o estudo da funções.	Nós achamos Software Modellus 4.0 mais fácil em fazer gráficos e economiza tempo e esforço mental, ele também é muito divertido e interessante!

Fonte: Acervo da pesquisa.

Esses registros demonstram o quão o recurso tecnológico *software Modellus 4.0* tornou-se atrativo ao estudo de conceitos de duas disciplinas nas quais são recorrentes os relatos de dificuldades de apreensão/compreensão. Percebe-se referência ao registro gráfico da função, que é nosso foco de estudo neste trabalho.

Após a realização das atividades de imersão, no 3º encontro demos início à aplicação do instrumento para a coleta de dados. Na primeira atividade da sequência os participantes deveriam utilizar o *software Modellus 4.0* para a produção de uma simulação do problema anunciado (Figura 2).

Figura 2: Enunciado da atividade 1 e 2 da sequência

A expressão matemática $s = s_0 + v \cdot t$, é conhecida como a função horária das posições [$s = f(t)$]. Utilizada para descrever as posições em função do tempo para um corpo em movimento uniforme (velocidade constante). Sendo que s_0 corresponde ao valor da posição inicial e v a velocidade escalar.
Problema 1
Durante uma corrida de atletismo, uma das participantes percorre um trecho do trajeto em movimento retilíneo uniforme com as posições descritas pela função horária $s = 200 - 5 \cdot t$, no SI.

Fonte: Acervo da Pesquisa

Dado o enunciado, um grupo de questões veio em sequência, em que os participantes deveriam empregar atividades cognitivas por meio das representações semióticas de Função Afim para chegar ao raciocínio, previsão e visualização do comportamento físico do fenômeno em estudo (Figura 3).

Os registros deixam claro que os participantes mobilizaram as atividades cognitivas de Formação e de Tratamento. Observamos uma pequena confusão realizada pela dupla D2 para a resposta da questão c, ao incluir -2 quando o valor correto é -5 , correspondente ao parâmetro da função. Outro erro comum nas respostas de todas as duplas foi a não utilização das unidades de medidas para os resultados que correspondem a grandezas físicas dimensionais.

Na observação sistemática notou-se que todas as duplas, inclusive aquelas compostas por estudantes do 1º ano do Ensino Médio que não haviam estudado os conceitos de

Cinemática, mas que já tiveram algum acesso ao estudo de Função Afim, conseguiram chegar em respostas coerentes. Segundo Duval (2011), a atividade cognitiva de Tratamento, precedida da atividade de Formação, é desenvolvida de forma rotineira no ensino da Matemática. Os registros dos participantes evidenciaram esse apontamento e, para além disso, demonstraram que os estudantes, ao falarem de funções, associam sempre ao tratamento y e x , por isso uma simples alternância para s e t ou v e t gera dificuldade associativa ao conceito de função, principalmente em termos de unidades significativas ou variáveis visuais.

Figura 3: Registro da dupla D2

Comparando a função horária para as posições da atleta, com a expressão $s = s_0 + v \cdot t$, responda:

a) A função que rege as posições do ciclista, mencionada no problema 1, é uma função do 1º ou 2º grau? Justifique.
Primeiro, pois a incógnita tem expoente 1.

b) Qual posição inicial, em relação à origem, da corredora para o trajeto em estudo?
200.

c) De acordo com a função, qual a velocidade da corredora neste trecho? Ele varia com o tempo? Qual a relação com o ritmo da atleta para o trecho em estudo?
A velocidade é -2. Não, pois a velocidade é constante. A atleta permanece em um ritmo constante.

d) Substituindo o valor de t na função das posições da corredora, encontre os valores das posições s do ciclista para cada instante de tempo listados abaixo.

	$t = 1,0 \text{ s}$	$t = 3,0 \text{ s}$	$t = 5,0 \text{ s}$	$t = 10,0 \text{ s}$
$s = 200 - 2t$	$s = 200 - 2 \cdot 1 = 198$ $s = 200 - 2$ $s = 198$	$s = 200 - 2 \cdot 3 = 194$ $s = 200 - 6$ $s = 194$	$s = 200 - 2 \cdot 5 = 190$ $s = 200 - 10$ $s = 190$	$s = 200 - 2 \cdot 10 = 180$ $s = 200 - 20$ $s = 180$

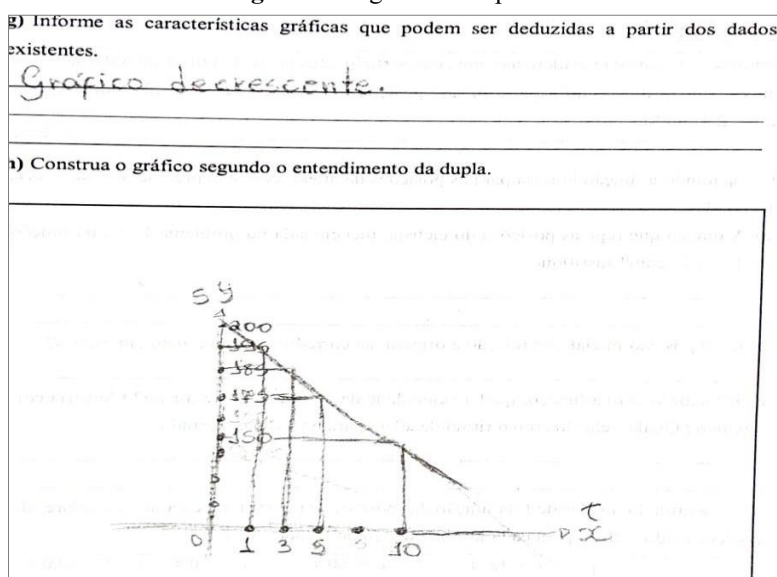
e) O que podemos observar em relação aos valores de s à medida que o tempo aumenta? Qual a relação deste fato com o sinal da velocidade?
Quando o tempo aumenta, a posição diminui. A velocidade é negativa, por isso a cada segundo que o tempo passa, a posição diminui.

f) Em que instante a corredora passa pela origem das posições ($s = 0 \text{ m}$)?
 $0 = 200 - 2t$ $t = 200 / 2 = 100$ segundos, quando ela chegará à origem das posições.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Ainda de acordo com Duval (2011), geralmente no ensino e aprendizagem de Matemática reserva-se pouco espaço-tempo para as atividades cognitivas de Conversão. Por consequência, tende-se a tornar a aprendizagem falha, uma vez que a apreensão de um conceito matemático está condicionada à capacidade do estudante de transitar entre pelo menos dois registros distintos, além das atividades de Formação e Tratamento. A Figura 4 traz o registro da atividade de Conversão desenvolvida pela dupla D2.

Figura 4: Registro da dupla D2

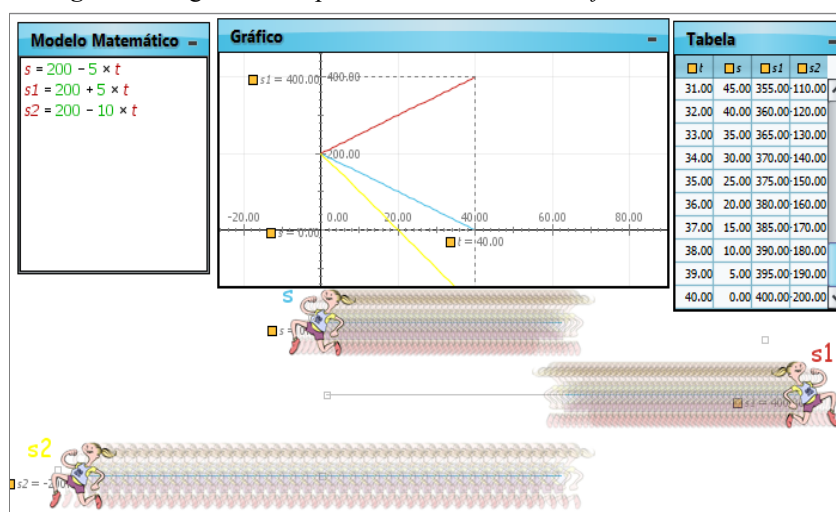


Fonte: Acervo da pesquisa.

Percebemos que a dupla constrói todas as principais informações acerca do problema, reconhece que o gráfico possuirá um traçado decrescente e, mesmo tendo encontrado o valor correspondente ao ponto em que o corpo passa pela origem, não o apresenta no gráfico apresentado na figura 4. Afora a dificuldade de produção de uma representação gráfica esteticamente bem delimitada, a dupla coloca a Conversão para o registro gráfico de forma parcial, posto que consegue aplicar apenas os valores encontrados na tabela anterior. Para Duval (2011), essa forma de desenvolvimento de atividade corresponde à abordagem *ponto a ponto*, quando valores específicos são substituídos na expressão algébrica, gerando pontos referenciais a serem inseridos no plano cartesiano, unindo-os por um traçado (reta, curva, parábola, entre outros). Essa obtenção parcial da Conversão do registro algébrico foi identificada nas respostas de sete das nove duplas.

Na Atividade 2 os participantes, utilizando o *software Modellus 4.0*, produziram simulações do problema 1. Para essas atividades eles não precisaram chegar à Modelagem Matemática do problema, considerando que a função horária das posições estava descrita no enunciado. O intuito das perguntas da Atividade 2 voltou-se para a validação dos resultados obtidos pelas duplas na Atividade 1. Para isso, os participantes transitaram pelos registros gráficos, tabular e figural (animação), produzidos no *software*, associando as interpretações matemáticas com o fenômeno físico em estudo, ou seja, manipulação das unidades significativas e análise das variáveis visuais, como demonstrado na Figura 5, contendo a simulação produzida pela dupla D9.

Figura 5: Registro da dupla D9 realizado com o *software Modellus 4.0*



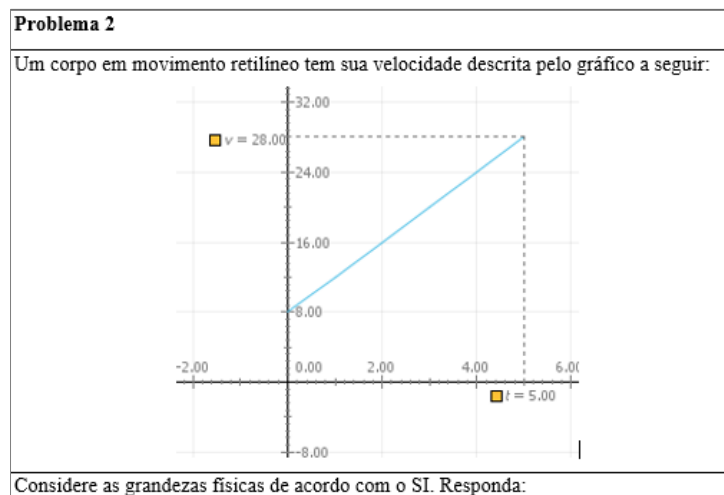
Fonte: Acervo da pesquisa.

Nas discussões desenvolvidas após a construção da simulação, registramos as seguintes falas: “A função em estudo é uma função do primeiro grau, já que o valor do expoente da variável é 1” (D7, 2025); “200 é a posição inicial e corresponde ao valor de b da função $f(t) = b + at$ ” (D8, 2025); “A reta não cruza o eixo vertical, pois não existe tempo negativo” (D4, 2025). Além disso, os estudantes desenvolveram conhecimentos acerca da influência do sinal do coeficiente (velocidade) que acompanha a variável temporal da função no sentido do movimento, e associaram o valor do coeficiente a em relação ao percurso para o movimento uniforme. Todos esses registros demonstram o desenvolvimento dos aspectos cognitivos que os permitiram relacionar as variáveis visuais com as unidades significativas entre os registros algébrico e gráfico desse problema físico.

Os conhecimentos aqui desenvolvidos foram significativos para a próxima atividade da sequência. Nesta nova atividade o enunciado traz um problema físico, representado

matematicamente nos registros em linguagem natural e gráfico (Figura 6). O objetivo principal da segunda atividade era a produção da simulação com *software Modellus 4.0*. Para tanto, foi necessário que os participantes transitassem do registro gráfico para o algébrico, passando pelo tabular.

Figura 6: Enunciado do problema 2



Fonte: Acervo da pesquisa.

A exploração desse problema no *software* exige o uso do registro algébrico. Por essa razão, os participantes responderam às questões apresentadas (Figura 7) e, a partir delas, construíram a Modelagem Matemática necessária para a simulação: a função da reta.

Figura 7: Registro da dupla D6

a) Sendo o eixo vertical, o registro dos valores da velocidade. É correto afirmar que este corpo partiu do repouso? Justifique.

Não. Pois de acordo com a gráfica o corpo partiu da ponta 8.

b) Quais os valores da velocidade para

$t = 0,0 \text{ s}$	$t = 2,0 \text{ s}$	$t = 4,0 \text{ s}$	$t = 5,0 \text{ s}$
$8 + 5 \cdot 0 = 8$	16	24	28

c) Sendo a aceleração dada pela expressão $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$, encontre a aceleração deste corpo.

$\frac{16 - 8}{2 - 0} = \frac{8}{2} = 4$ A aceleração desse corpo é 4.

d) Sendo a função horária da velocidade dos corpos em MRUV descrito pela expressão $v = v_0 + a \cdot t$. Escreva a função horária da velocidade do movimento representado no gráfico.

$V = 8 + 4 \cdot t$

Fonte: Acervo da pesquisa.

As respostas mostram que a dupla desenvolveu conhecimentos físicos e matemáticos ao lidar com as variáveis visuais do gráfico e com as unidades simbólicas da função horária da velocidade, característica desse tipo de movimento, chegando corretamente à função horária representada no gráfico.

Duval (2011) afirma que, para a passagem do registro gráfico para o algébrico, é necessária uma expansão da abordagem *ponto a ponto*, ou seja, mobilizar a Interpretação Global de Propriedades Figurais em que, interpretando as características gráficas, se consegue associá-las às unidades significativas de funções. Assim, mobilizando essa atividade cognitiva e os

aspectos de Formação e Tratamento de forma interdisciplinar, transitaram do registro gráfico para o tabular e, em seguida, para o algébrico, chegando à função horária da velocidade. Desse modo, antes mesmo da simulação, o uso do *software* já estimula o desenvolvimento de atividades cognitivas.

A dupla D7, quando perguntada sobre o traçado do gráfico, afirmou que era uma reta crescente devido à grandeza física e a aceleração ser positiva, indicando movimento acelerado. Nota-se o reconhecimento, pela dupla, das unidades simbólicas e variáveis visuais de forma interdisciplinar, o que corresponde a conhecimento consciente e assertivo em relação à Conversão do registro gráfico para o algébrico.

Após encontrarem a função horária, as duplas realizaram a simulação no *software*. Para a dupla D7, a simulação possibilitou verificar a coerência entre o modelo matemático e a representação gráfica, como expressaram: *“a linha partiu do mesmo ponto e é crescente, igual da imagem [...] os valores são os mesmos tanto para o tempo quanto para a velocidade”* (D7, 2025). Ao mencionarem “linha”, infere-se que se referem ao gráfico gerado, e “valores” à tabela correspondente. Esses registros revelam que o uso da ferramenta digital possibilitou à dupla validar, de forma autônoma, a função construída, o que reforça o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem – uma das potencialidades atribuídas às Tecnologias Digitais, conforme destaca Romanello (2016).

A dupla D6 teve a mesma percepção (Figura 8) ao responder a pergunta: O gráfico gerado nessa simulação é igual ao gráfico do enunciado da atividade 3? Justifique as semelhanças ou as diferenças. Comente sobre a tabela gerada pelo software: *“Sim. É igual ao gráfico apresentado, contando com mesmo ponto de início, tempo e velocidade inicial, além de possuir o mesmo ângulo. A tabela fornecida pelo software é idêntica à tabela produzida por nós, apresentando os mesmos resultados para os tempos indicados”* (2025).

A dupla utiliza-se dos registros presentes na simulação para fazer comparação com os resultados que haviam produzido e conseguem concluir a semelhança entre eles. Nesse sentido, os resultados digitais foram suficientes para a leitura, a interpretação e a conclusão do desenvolvimento da Conversão entre os registros algébrico, gráfico e tabular.

Após a simulação e a comparação dos registros digitais com o enunciado, os participantes responderam a algumas perguntas, realizando, simultaneamente, manipulações das unidades simbólicas e análises das variáveis visuais ou vice-versa, com o intuito de construir interpretações físicas do problema. A Figura 8 apresenta alguns registros da dupla D2 produzidos simultaneamente à manipulação de dados no *software*.

Percebemos o uso das informações visuais do gráfico e da animação, bem como as unidades significativas do registro algébrico dispostas na simulação para a formação de respostas físicas relacionadas às variáveis do movimento. Assim sendo, ao interpretar os resultados apresentados nos registros de representação explorados pelo *software*, os participantes transitam entre diferentes registros e conseguem chegar em interpretações adequadas a partir da atividade cognitiva da Interpretação Global das Propriedades Figurais.

Figura 8: Registro da dupla D2

c) Para que o traçado do gráfico fosse decrescente, qual mudança devia acontecer na função horária? Qual o significado físico?

A aceleração deveria ser negativa. Esta ocorrendo uma desaceleração.

d) Se o corpo estivesse partindo do repouso, qual seria o valor de v_0 ? E qual a característica gráfica?

$v_0 = 0$. A reta partindo do zero.

e) Quando a aceleração tende a zero, por consequência a variação da velocidade diminui. Faça o valor de a variar até o valor zero e observe e relate as características gráficas ocorridas? Antes na aba "objetos" insira uma partícula, configure a animação na aba "animações" e reproduza

A velocidade foi diminuindo até chegar numa reta constante.

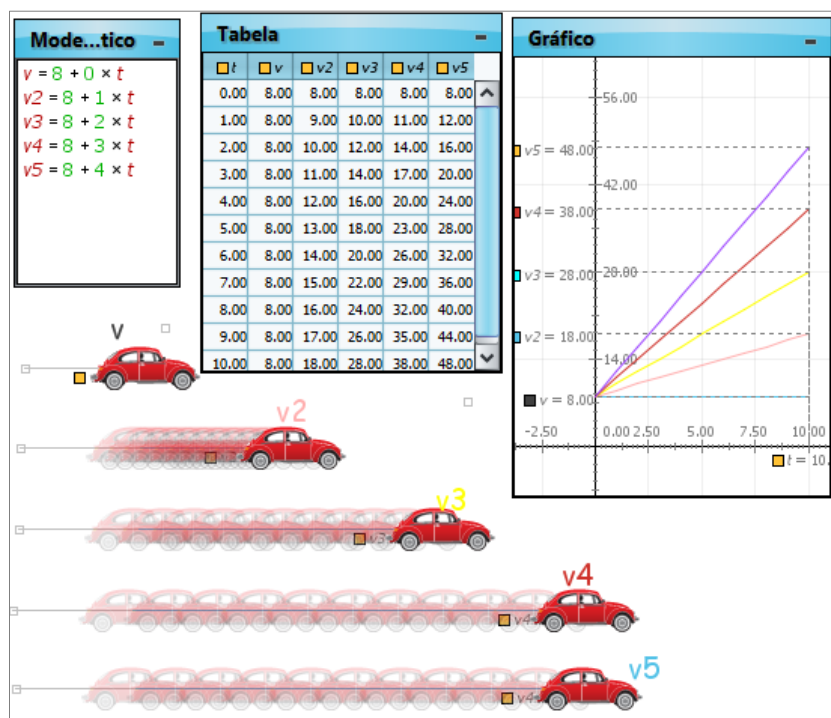
f) Considerando a letra e, o que foi observado na animação e na tabela?

Na velocidade da animação e foi diminuindo a cada variação da aceleração.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Ao analisar as animações produzidas pelas duplas, percebemos o uso de diferentes modelos de "partículas" associados aos objetos do cotidiano recorrentes nos problemas físicos. A Figura 9 traz a simulação completa da dupla D2 para a Atividade 2.

Figura 9: Registro da dupla D2 realizada no software Modellus 4.0



Fonte: Acervo da pesquisa.

Essa dupla utilizou a partícula *carro* e manipulou a função conforme as questões do problema, produzindo uma simulação que traduz o fenômeno físico do movimento retilíneo de

um corpo sujeito a uma aceleração constante. A possibilidade de traçados de diferentes cores no mesmo plano cartesiano permitiu a eles observar a variação da inclinação do traçado à medida que eram alteradas as unidades significativas. A junção desses quatro registros para as cinco situações desenvolvidas em uma mesma janela, possibilitou a eles associar a abordagem de Função Afim com o fenômeno físico tratado. Percebe-se que a interpretação é facilitada com a visualização desses registros e a influência de cada parâmetro/unidade significativa da função para a descrição do fenômeno.

Ao chegar nesse nível de simulação fica claro que os participantes, em pouco tempo, conseguiram dominar, de forma significativa, a ferramenta tecnológica, além de visualizarem, em uma só situação física, as consequências do movimento do automóvel à medida que se tem alteração na aceleração. O fato de a simulação começar com objeto matemático e, após, chegar à ilustração de um problema físico, possibilitou que compreendessem matematicamente o problema. Ademais, as mudanças na unidade significativa do coeficiente linear da função horária possibilitaram à dupla perceber o comportamento gráfico, tabular e figural do problema; uma dinâmica diferente das praticadas em sala pela maioria dos professores das disciplinas de Física e Matemática na Educação Básica. A dupla D1 deixou registrado o que a simulação lhe proporcionou (Figura 10).

Figura 10: Registro da dupla D1

d) O que mais, sobre esta função, foi possível compreender e aplicar nestes problemas físicos?

Compreendemos que quando a aceleração ou a velocidade for positiva, o gráfico será crescente e quando negativa, será decrescente.

e) Como a dupla se auto avalia em relação a interpretação dos gráficos destas atividades? Conseguem chegar na função partindo do gráfico? Compreende os significados físicos descritos no gráfico? Qual a principal dificuldade?

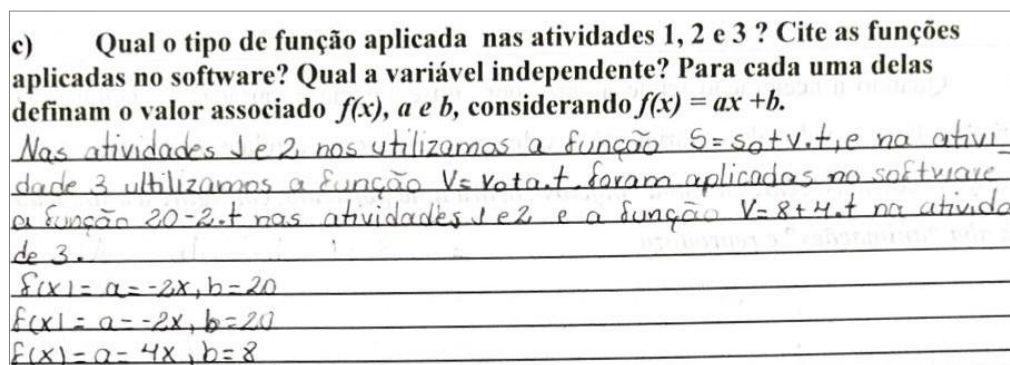
Melhoramos na interpretação a cada atividade desenvolvida. Conseguimos compreender os significados e a chegar na função partindo do gráfico.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Essas respostas dizem bastante em relação ao desenvolvimento da atividade cognitiva da Interpretação Global de Propriedades Figurais, uma vez que a dupla associa corretamente as relações entre unidades significativas da expressão algébrica e as variáveis visuais do registro gráfico. Além do reconhecimento da capacidade de desenvolver o registro algébrico a partir do registro gráfico, essa é, segundo Duval (2011), uma das grandes dificuldades relacionadas à aprendizagem de funções.

Os registros analisados mostram que o uso do *software* contribuiu para uma melhor assimilação, por parte dos estudantes, dos fenômenos físicos em estudo enquanto representações por meio de funções. A possibilidade de animação e de manipulação oferecida pela ferramenta digital permitiu às duplas visualizar o fenômeno físico em sua dinâmica, como revelam os depoimentos: “descobrimos para onde movimentou e quando movimentou” (D7, 2025) e “podemos visualizar o problema e assim facilitou o entendimento” (D9, 2025). Essas falas evidenciam que os estudantes conseguiram estabelecer associações significativas entre as grandezas físicas envolvidas e suas respectivas unidades, como ilustrado no registro da dupla D7, apresentado na Figura 11 a seguir.

Figura 11: Registro da dupla D7



Fonte: Acervo da pesquisa.

Nesse registro observa-se que a dupla consegue distinguir cada unidade significativa da função e relacioná-la à função horária. Apesar de apresentarem certa dificuldade no manuseio do *software*, bem como em transitar entre diferentes registros de representação de forma interdisciplinar, infere-se que a maioria dos participantes conseguiu mobilizar o aspecto da Interpretação Global Figural a partir do desenvolvimento da simulação no *software Modellus 4.0*.

5 Considerações Finais

A realização desta investigação teve origem na indagação sobre as possibilidades do uso de um *software* educacional – Tecnologia Digital – para o auxílio no ensino e aprendizagem do objeto matemático Função Afim. Nosso objetivo foi discutir, à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, o processo de Interpretação Global de Propriedades Figurais mobilizado pelos estudantes ao utilizarem o *software Modellus 4.0* para o estudo interdisciplinar de Função Afim com problemas da Cinemática. Para tanto, utilizamos a pesquisa de abordagem qualitativa do tipo participante, por meio de uma sequência de atividades elaboradas com abordagem interdisciplinar entre os conteúdos de Cinemática e de Função Afim. Essas atividades foram desenvolvidas por 18 estudantes do Ensino Médio com o uso de *software Modellus 4.0* no laboratório de informática de uma escola da rede estadual de ensino.

A análise dos dados permitiu-nos responder ao nosso problema de pesquisa em virtude de observarmos o processo de Interpretação Global de Propriedades Figurais desenvolvido por meio do uso do *software*. Isso posto, para além dessa atividade, os participantes utilizaram as atividades de Formação e Tratamento e, principalmente, a Conversão evidenciada pelo trânsito dos participantes entre os registros gráficos, algébricos, tabulares, linguagem materna e figural. Notou-se o desenvolvimento da atividade cognitiva defendida por Duval (2009, 2011, 2018), associada ao rompimento do processo mecanizado das conversões do registro algébrico e gráfico frequentemente adotado no ensino do objeto em estudo: a Interpretação Global de Propriedades Figurais.

A partir dos registros dos estudantes, inferimos a autonomia deles em mobilizar os conhecimentos preexistentes do conteúdo já visto nas disciplinas de Matemática e Física ou aqueles adquiridos com exploração da sequência desde as simulações produzidas no *software*. Identificamos uma predominância do uso do Tratamento na esfera de conhecimento dos estudantes, posto que demonstraram uma maior facilidade e assertividade ao desenvolverem essa atividade cognitiva.

Dada a expressividade da Função Afim, os desafios associados ao seu ensino e, consequentemente, sua aprendizagem, poderão afetar o desenvolvimento da aprendizagem de conceitos de outras disciplinas, uma vez que “não há *noésis* sem *semiós*, é a *semiós* que

determina as condições de possibilidade de exercício da *noésis*” (Duval, 2009, p. 9). Consideramos a busca de estratégias diversificadas de ensino e aprendizagem como possibilidade de proporcionar o desenvolvimento desses conhecimentos em aulas dinâmicas, atrativas e produtivas.

Nessa perspectiva, o *software Modellus 4.0*, associado ao ensino interdisciplinar de Funções Polinomiais e Cinemática, mostrou-se eficiente e funcional, posto que permitiu o desenvolvimento de simulações de problemas físico-matemáticos que demandaram dos estudantes a mobilização das principais atividades cognitivas. Ao produzirem a simulação e a animação, sem demanda de um conhecimento aprofundado de computação, acessaram diferentes registros gráficos a partir da manipulação do registro algébrico, condicionando a exploração de conceitos matemáticos presentes nos problemas, bem como associação a eles por meio da animação que descreve o comportamento físico da situação explorada.

As discussões elencadas neste trabalho reforçam a funcionalidade do *software* para uma tratativa interdisciplinar de Funções Polinomiais a partir de problemas de Cinemática. São demonstradas, também, as potencialidades dessa ferramenta tecnológica e reforçada a necessidade de trabalho coletivo entre as disciplinas já mencionadas. Para além disso, fica evidente a funcionalidade da TRRS para o desenvolvimento do ensino e a análise da aprendizagem da Matemática, permitindo, então, a exploração de novas tratativas com demais objetos matemáticos passíveis de serem trabalhados de forma interdisciplinar e com o uso do *software Modellus 4.0*.

Conflitos de Interesse

- A autoria declara não haver conflitos de interesse que possam influenciar os resultados da pesquisa apresentada neste artigo.

Declaração de Disponibilidade dos Dados

- Os dados produzidos, ou coletados, e analisados no artigo, serão disponibilizados mediante solicitação à autoria.

Referências

- Amplatz, L. C. (2020). *O estudo da função afim a partir da interpretação global de propriedades figurais: Uma investigação com estudantes do ensino médio* [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná].
- Borba, M. C. & Penteado, M. G. (2019). *Informática e educação matemática* (6ª ed.). Autêntica Editora.
- Brandão, C. R. (2006). A pesquisa participante e a participação da pesquisa: Um olhar entre tempos e espaços a partir da América Latina. In C. R. Brandão & D. Streck (Orgs.), *Pesquisa participante: O saber da partilha* (pp. 21–54). Ideias e Letras.
- Brandt, C. F. & Moretti, M. T. (2018). Aprendizagem da álgebra segundo Raymond Duval. *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática*, 2(1), 1–26. <https://doi.org/10.33238/ReBECCEM.2018.v.2.n.1.19419>
- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*.
- Costa, C. (2021). *Teoria dos registros de representação semiótica: Estado do conhecimento em dissertações e teses (1996–2019)* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina].

- Danna, M. F. & Matos, M. A. (2015). *Aprendendo a observar* (3ª ed.). Edicon.
- Duval, R. (2009). *Semiósis e pensamento humano: Registros semióticos e aprendizagens intelectuais* (Fascículo I; L. F. Levy & M. R. A. Silveira, Trads.). Livraria da Física.
- Duval, R. (2011). Gráficos e equações: A articulação de dois registros (M. T. Moretti, Trad.). *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, 6(2), 96–112. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2011v6n2p96>
- Duval, R. (2018). Como analisar a questão crucial da compreensão em matemática? (M. T. Moretti, Trad.). *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, 13(2), 1–27. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2018v13n2p1>
- Fazenda, I. C. A. (2003). *Interdisciplinaridade: História, teoria e pesquisa* (11ª ed.). Papirus.
- Fazenda, I. C. A. (2015). Interdisciplinaridade: Didática e prática de ensino. *Revista Interdisciplinaridade*, 6(6), 9–17. <https://revistas.pucsp.br/index.php/interdisciplinaridade/article/view/22623>
- Fernandes, M. B. S. (2014). *Funções lineares no ensino médio: Contextualizações e representações* [Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba].
- Gomes, S. C. (2011). *Elaboração e aplicação de uma sequência de atividades para o ensino da trigonometria numa abordagem histórica* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte].
- Japiassu, H. (1976). *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Imago.
- Macêdo, J. A. & Martins, C. F. R. (2026). Mathematics teachers' pedagogical practices in emergency remote teaching in a Brazilian municipality. *Revista Colombiana de Educación*, (100), e21580. <https://doi.org/10.17227/rce.num100-21580>
- Martins, C. F. R. & Macêdo, J. A. (2023). Ferramentas digitais: Uma possibilidade educacional em tempos de pandemia. *Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 13(1), 1–17. <https://doi.org/10.37001/ripem.v13i1.3326>
- Minayo, M. C. S. (2002). Ciência, técnica e arte: O desafio da pesquisa social. In M. C. S. Minayo (Org.), *Pesquisa social: Teoria, método e criatividade* (pp. 9–29). Vozes.
- Moretti, M. T. & Luiz, L. S. (2014). O procedimento informático de interpretação global no esboço de curvas no ensino universitário. In C. F. Brandt & M. T. Moretti (Orgs.), *As contribuições da teoria das representações semióticas para o ensino e pesquisa da educação matemática* (pp. 67–88). Unijuí.
- Oliveira, A. M. R. & Macêdo, J. A. (2025). Desafios de acesso e inovação pedagógica com tecnologias digitais no ensino de matemática: Contribuições do modelo TPACK. *Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 15(2), 1–21. <https://doi.org/10.37001/ripem.v15i2.4526>
- Oliveira, A. M. R. & Macêdo, J. A. (2026). Percepções de professores da educação básica sobre tecnologias digitais e TPACK no ensino de matemática em escolas públicas do norte de Minas Gerais, Brasil. *RECIE. Revista Caribeña de Investigación Educativa*, 10, e10970. <https://doi.org/10.32541/recie.v10.970>
- Romanello, L. A. (2016). *Potencialidades do uso do celular na sala de aula: Atividades investigativas para o ensino de função* [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista].
- Ruas, V. L. O. F., Macêdo, J. A. & Crisostomo, E. (2024). Decodificando por meio de narrativas

- o desenvolvimento do TPACK dos docentes de matemática. *REXE – Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 23(51), 153–175. <https://doi.org/10.21703/rexe.v23i51.2210>
- Santos, R. P. & Macêdo, J. A. (2023). Ensino de matemática com uso de tecnologias digitais: Enfoque sociopolítico no pós-pandemia da COVID-19. *Revista Cocar*, 19(37), 1–21.
- Santos, R. P. & Macêdo, J. A. (2024). As possibilidades didático-pedagógicas do uso de softwares matemáticos no ensino de matemática durante a pandemia da COVID-19. *Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.37001/ripem.v14i1.3650>
- Silva, M. P. & Macêdo, J. A. (2025). Conhecimentos didático-matemáticos mobilizados por professores durante a aula de matemática. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 24(54), 157–182. <https://doi.org/10.21703/rexe.v24i54.2888>
- Silva, M. P. & Macêdo, J. A. (2026). Planejamento de aula e as categorias do conhecimento didático-matemático dos professores dos anos iniciais do ensino fundamental. *Paradigma*, 47(1), e2026006. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2026.e2026006.id1752>
- Souza, E. R. (2025). *O uso do software Modellus 4.0 como ferramenta interdisciplinar: Um estudo sobre fenômenos físico-matemáticos na perspectiva da teoria dos registros de representação semiótica* [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Montes Claros].
- Teodoro, V. D. (2002). *Modellus: Learning physics with mathematical modelling* [Tese de doutorado, Universidade Nova de Lisboa].