



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS- IFAM
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS- UFAM
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 04**

**O ENSINO DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME E UNIFORMEMENTE
VARIADO SOB A PERSPECTIVA SEMIÓTICA DE DUVAL**

ISMAEL FREIRE BATA

**MANAUS- AM
2025**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS- IFAM
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS- UFAM
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA- SBF
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 04**

ISMAEL FREIRE BATA

**O ENSINO DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME E UNIFORMEMENTE
VARIADO SOB A PERSPECTIVA SEMIÓTICA DE DUVAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação MNPEF polo 04, como requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. **Área de concentração:** Ensino de Física. **Linha de Pesquisa:** Física no Ensino Fundamental

Orientador: Prof. Dr. Jose Galúcio Campos.

MANAUS- AM

2025

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

B328e Bata, Ismael Freire.

O ensino do movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado sob a perspectiva semiótica de Duval / Ismael Freire Bata. – Manaus, 2024.

116 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2024.

Orientador: Prof. Dr. José Galúcio Campos.

1. Física – ensino. 2. Movimento Retilíneo Uniforme - ensino. 3. Movimento Retilíneo Uniformemente Variado - ensino. I. Campos, José Galúcio. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530.07

ISMAEL FREIRE BATA

**O ENSINO DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME E UNIFORMEMENTE
VARIADO SOB A PERSPECTIVA SEMIÓTICA DE DUVAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação MNPEF polo 04, como requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. **Área de concentração:** Ensino de Física. **Linha de Pesquisa:** Física no Ensino Fundamental

Aprovada em 25 de abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. José Galúcio Campos
Presidente - IFAM


Prof. Dr. Cirlande Cabral da Silva
Membro Externo – IFAM/CMC


Prof. Dr. Igor Tavares Padilha
Membro Interno - UFAM



INSTITUTO FEDERAL
AMAZONAS

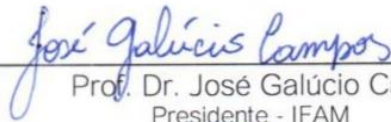
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
PROGRAMA NACIONAL DE MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

Ata da 76ª Defesa de Dissertação

Aos vinte e cinco dias do mês de abril, do ano de dois mil e vinte e cinco, às 10 horas, no Auditório Mini III do IFAM-CMC, ocorreu a Defesa da Dissertação do mestrando **Ismael Freire Bata**, intitulado: **"METODOLOGIA E AVALIAÇÃO DO ENSINO DE MOVIMENTO UNIFORME E UNIFORMEMENTE VARIADO SOB A PERSPECTIVA SEMIÓTICA DE DUVAL"**, do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das Instituições de Ensino Superior: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pelo Prof. Dr. José Galúcio Campos (IFAM), Prof. Dr. Cirlande Cabral da Silva (IFAM) e Prof. Dr. Igor Tavares Padilha (UFAM). O Professor Doutor José Galúcio Campos, Presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. O Presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou o mestrando para fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, o Presidente da banca comunicou ao interessado que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, uma (01) via impressa e encadernada no formato capa dura, e uma via(01) digital em formato PDF, para os trâmites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução Nº.47 – CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente Ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.


Prof. Dr. José Galúcio Campos
Presidente - IFAM


Prof. Dr. Cirlande Cabral da Silva
Membro Externo – IFAM/CMC


Prof. Dr. Igor Tavares Padilha
Membro Interno - UFAM

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa e filho. Com vocês compartilhei minha felicidade por ter aprendido algo novo, conversei sobre minhas frustrações, inseguranças e alegrias ao longo desse processo, cada uma das emoções intensas que vivi ao longo dos dois últimos anos e sempre encontrei o que eu precisava em suas palavras e reações. Vocês são os amores da minha vida.

Aos meus pais que mesmo sem a experiência da educação formal, acreditaram no poder transformador da educação. Este trabalho é um testemunho da fé que depositaram em mim. Amo vocês e obrigado pelo apoio e incentivo. Vocês estavam certos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de saúde, força, doador de vida e liberdade, pela oportunidade de concluir uma etapa significativa. Sentir-me conectado a Deus é o que eu mais quero, por isso agradeço imensamente à minha esposa, Elzilene Paiva Garcia, ao meu filho, João Benjamim Garcia Bata, e a minha amiga, Poliana Barros, por me ajudarem a estudar diariamente a palavra de Deus. Minhas amigas, Leoni Silva, Kellém Pinheiro e Sergio Pinheiro por se esforçarem em me fazer viver o evangelho. Estive próximo de Deus em meio as inúmeras tarefas, graças a vocês.

Concluir uma etapa difícil requer esforços e sacrifícios. Agradeço a minha esposa e filho pela compreensão e por se sacrificarem por mim. Nós fizemos isso juntos, vocês são a minha força motriz. Se Hoje sou mestre é, em grande parte, graças ao amor que nos une.

Meus sinceros agradecimentos aos amigos que considero irmãos: Ivana Costa e Adenilson Silva, pela presença constante e pelos momentos de lazer compartilhados; ao Leonardo Balieiro e Rosivan Magave, pelo apoio inestimável em momentos delicados.

No âmbito profissional, agradeço ao Colégio Militar da Polícia Militar do Amazonas 1 (CMPM I), em nome do Tenente Coronel Diogo Albuquerque e da Capitã Selma Regina, por viabilizarem minha frequência nas disciplinas obrigatórias. Aos meus alunos de 2023 e 2024, em especial aos 3º1 ao 4 de 2023, aos 8º7, 8º8, 9º4 e 9º5 de 2024, manifesto minha gratidão e profundo carinho. Lecionar para vocês foi um privilégio.

Agradeço aos meus colegas de turma. Em especial, ao Joel Câmara, por me incentivar a ingressar no programa; ao Nelson Rezende que me proporcionou inúmeras conversas de cunho pessoal e profissional, tornando-se um grande irmão; ao Rafael Cordeiro pelos questionamentos que aprimoraram minhas ideias; e ao Ludmilson Marinho pela gentileza, ternura e momentos especiais proporcionados a turma.

Expressar minha gratidão aos membros da banca examinadora, Dr. Igor T. Padilha e Dr. Cirlande Cabral da Silva, pelas valiosas contribuições e pelo tempo dedicado a este trabalho.

Aos professores do PPG, agradeço o empenho em minha jornada acadêmica. Em especial, ao Dr. Galúcio Campos, por escrever vários “breviúsculos”, criar cronogramas, delimitar tarefas, tirar dúvidas e me transformar em um pesquisador; ao Dr. José Ricardo pelo seu amor por lecionar e pela Física que contagiam; ao Dr. José Roberto por me inspirar a criar os momentos curiosidade científica e groselha em minhas aulas; ao Dr. Marcel Bruno pelas leituras oportunizadas, reflexões e cuidado com a minha formação.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

“[...] na ciência, é imperativo duvidar; é absolutamente necessário, para o progresso da ciência, ter a incerteza como parte fundamental da natureza íntima. Para avançar no entendimento, temos de permanecer modestos e admitir que não sabemos. Nada é certo nem provado além de toda e qualquer dúvida. Investigamos por curiosidade, porque é desconhecido, não porque saibamos a resposta. E, conforme desenvolvemos mais informações nas ciências, não é que estejamos descobrindo a verdade, mas sim que isso ou aquilo é mais ou menos provável. (Feynman, 2015, p. 316)”

RESUMO

Esta pesquisa caracterizasse como uma pesquisa translacional de abordagem qualitativa e de campo, cujo principal objetivo é o objetivo de investigar a contribuição da utilização de diferentes representações do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) para o processo de ensino-aprendizagem conceitual e a resolução de problemas para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II. Os resultados desta investigação decorrem da implementação de uma Sequência Didática, com metodologia de ensino fundamentada na Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) de Raymond Duval, a 72 alunos de duas turmas do 9º ano do Colégio Militar da Polícia Militar do Amazonas I (CMPM I), denominados de grupo de intervenção. Para responder à questão, comparou-se o ganho de aprendizagem em dois testes, entre o grupo de intervenção, e o grupo de controle, formado por 78 alunos de duas turmas do mesmo colégio, que recebeu o ensino tradicional por meio do ganho normalizado de Hake. Adicionalmente, verificou-se a evolução da aprendizagem no grupo de intervenção ao longo do processo de ensino-aprendizagem, resultante da implementação da metodologia baseada na TRRS. A análise dos resultados foi realizada por meio da técnica denominada de análise de conteúdo, com o objetivo de examinar e interpretar os significados presentes nas respostas dos alunos. O fator de Hake evidenciou um ganho médio de aprendizagem no grupo de intervenção em relação ao de controle. Ademais, a evolução dos resultados do grupo de intervenção entre o teste 1 e o teste 2 sugere que a TRRS representa um caminho metodológico promissor para o ensino de Física, especialmente em conteúdos que admitem múltiplas representações. Por fim, apresenta-se como produto educacional, uma Sequência Didática (SD), desenvolvida e reformulada, visando superar as dificuldades de aprendizagem identificadas tanto na literatura quanto no ambiente de aprendizagem no qual implementamos sua versão preliminar.

Palavras-chave: ensino de física; teoria dos registros de representação semiótica; ensino de movimento retilíneo uniforme; ensino de movimento retilíneo uniformemente variado; processo de ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

This research is characterized as a translational and field study with a qualitative approach, whose main objective is to investigate the contribution of using different representations of Uniform Rectilinear Motion (URM) and Uniformly Varied Rectilinear Motion (UVRM) to the conceptual teaching-learning process and problem-solving for 9th-grade students of Elementary School II. The results of this investigation stem from the implementation of a Didactic Sequence, with a teaching methodology grounded in Raymond Duval's Theory of Semiotic Representation Registers (TSRR), applied to 72 students from two 9th-grade classes of the Colégio Militar da Polícia Militar do Amazonas I (CMPM I), designated as the intervention group. To answer the research question, the learning gain in two tests was compared between the intervention group and the control group, consisting of seventy-eight students from two classes of the same school who received traditional teaching, using Hake's normalized gain. Additionally, the learning evolution within the intervention group was verified throughout the teaching-learning process resulting from the implementation of the TSRR-based methodology. The analysis of the results was conducted using the technique known as content analysis, aiming to examine and interpret the meanings present in the students' responses. The Hake factor demonstrated an average learning gain in the intervention group compared to the control group. Furthermore, the evolution of the intervention group's results between test 1 and test 2 suggests that the TSRR represents a promising methodological path for physics teaching, especially in content that allows for multiple representations. Finally, a Didactic Sequence (DS), developed and reformulated to overcome the learning difficulties identified in both the literature and the learning environment where we implemented its preliminary version, is presented as an educational product.

Keywords: physics teaching; theory of semiotic representation registers; teaching of uniform motion; teaching of uniformly varied motion; teaching-learning process

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação triádica fundamental da semiótica geral.	31
Figura 2 - Aspectos envolvidos na percepção de um signo.....	32
Figura 3 - A construção da representação e do conhecimento.	33
Figura 4 - Relação entre sistema semiótico e registro de representação.	35
Figura 5 - Alguns dos tipos de registros da teoria duvaliana.	35
Figura 6 - Atividades cognitivas na teoria dos registros de representação.....	37
Figura 7 - A aprendizagem de acordo com a teoria dos registros de representação.....	40
Figura 8 - sistema de coordenadas cartesiano.	43
Figura 9 - Representação de um vetor.	46
Figura 10 - Representação do módulo de um vetor.....	46
Figura 11 - Como definimos a direção de um vetor.	47
Figura 12 - Rosa dos ventos com direções definidas a partir da definição de direção para vetores.	47
Figura 13 - Ilustração de Vetores em diferentes sentidos.....	48
Figura 14 - Exemplificando a determinação do valor de cada posição do espaço	49
Figura 15. (a) As diferentes possibilidades de deslocamento de uma torre em um tabuleiro de xadrez, (b) A posição da torre após mover-se duas casas para a esquerda.....	51
Figura 16 - As trajetórias de um objeto abandonado de dentro de um avião	52
Figura 17 - Gráfico da posição pelo tempo de um móvel qualquer.	53
Figura 18 - Comparação entre a trajetória real (linha em roxo) e a reta que a inclinação determina a velocidade média (linha em azul) entre duas posições de um observável.....	53
Figura 19 - Gráfico da velocidade em função do tempo para um corpo.	54
Imagem 20 - Gráfico da posição em função do tempo de um movimento retilíneo uniforme	103
Imagem 21 - Gráfico da velocidade em função do tempo para os automóveis 1 e 2.....	103

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - As diferentes trajetórias da esfera vistas pelos observadores dentro do trem e na estação.	44
Imagem 2 - Resposta participante 211 à questão 1 do teste 2 (determinando como a posição varia ao longo do tempo), apresentando os erros característicos 1, 2, 8 e 11.....	69
Imagem 3 - Resposta participante 118 à questão 2 do teste 2 (construção do gráfico a x t do MUV), apresentando os erros característicos 3, 4 e 6.	69
Imagem 4 - Resposta participante 516 à questão 2 do teste 2 (construção do gráfico a x t do MUV), apresentando os erros característicos 5 e 7	69
Imagem 5 - Resposta do 216 à questão 1 do teste 2 (determinando como a velocidade varia ao longo do tempo no MU), apresentando o erro característico 9.	70
Imagem 6 - Resposta do participante 101 à questão 3 do teste 1 (determinando como a velocidade varia ao longo do tempo), apresentando o erro característico 10.....	70
Imagem 7 - Resposta do participante 101 à questão 1 do teste 2 (determinação de como a velocidade varia ao longo do tempo) apresentando os erros característicos 1 e 2.	70
Imagem 8 - Resposta participante 512 à questão 1 do teste 1, usando o registro em linguagem materna.	84
Imagem 9 - Resposta participante 507 à questão 1 do teste 2, usando o registro em linguagem materna.	84
Imagem 10 - Resposta participante 405 à questão 1 do teste 1, usando o registro algébrico...84	
Imagem 11 - Resposta participante 514 à questão 1 do teste 2, usando registro em linguagem materna e registro algébrico.	84
Imagem 12 - Reposta participante 407 à questão 1 do teste 2, exemplificando o erro característico 9.....	86
Imagem 13 - Reposta participante 533 à questão 1 do teste 2, exemplificando o erro característico 9.....	86
Imagem 14 - Reposta participante 409 à questão 1 do teste 2, exemplificando o erro característico 9.....	86
Imagem 15 - Reposta participante 523 à questão 1 do teste 2, exemplificando o erro característico 9.....	86
Imagem 16 – Resposta participante 431 à questão 2 do teste 1, conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico.	88

Imagem 17 - Resposta participante 506 à questão 2 do teste 1, conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico.	88
Imagem 18 - Resposta participante 407 à questão 2 do teste 2, conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico.	88
Imagem 19 - Resposta participante 524 à questão 2 do teste 2, conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico.	88
Imagem 20 - Resposta participante 505 à questão 3 do teste 1, conversão entre o registro gráfico e o algébrico utilizando registro auxiliar.	91
Imagem 21 - Resposta participante 417 à questão 3 do teste 2, conversão entre o registro gráfico e o algébrico utilizando registro auxiliar.	91
Imagem 22 - Resposta participante 412 à questão 3 do teste 1, conversão entre o registro gráfico e o algébrico utilizando registro auxiliar.	91
Imagem 23 - Resposta participante 423 à questão 3 teste 1, exemplificando o erro 10.	92
Imagem 24 - Resposta participante 536 à questão 3 teste 1, exemplificando o erro 10.	92
Imagem 25 - Resposta participante 511 à questão 3 teste 1, exemplificando o erro 10.	92
Imagem 26 - Resposta participante 511 à questão 3 teste 2, exemplificando o erro 10.	92
Imagem 27 - Resposta participante 521 à questão 3 teste 2, exemplificando o erro 10.	92
Imagem 28 - Gráfico da velocidade em função do tempo de um movimento retilíneo uniformemente variado.	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Elementos que constituem o signo.....	31
Quadro 2 - Quadro sintético das aulas.....	66

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Resultados obtidos pelos alunos do grupo de controle no teste 1.	73
Tabela 2- Resultados obtidos pelos alunos do grupo de intervenção no teste 1.....	74
Tabela 3- Resultados obtidos pelos alunos do grupo de controle no teste 2.	75
Tabela 4- Resultados obtidos pelos alunos do grupo de intervenção no teste 2.....	76
Tabela 5- Discriminação do quantitativo de erros característicos por questão do grupo de controle no teste 1.....	77
Tabela 6- Discriminação do quantitativo de erros característicos por questão do grupo de intervenção no teste 1.	79
Tabela 7. Discriminação do quantitativo de erros característicos por questão do grupo de controle no teste 2.....	80
Tabela 8. Discriminação do quantitativo de erros característicos por questão do grupo de intervenção no teste 2.	82
Tabela 9 - Aproveitamento de nota dos alunos do grupo de intervenção nas questões discursivas.	85
Tabela 10 - Valores de $S \times t$ apresentados no registro gráfico da questão e do teste 1.	90
Tabela 11 - Possível registro auxiliar para a transição entre o registro gráfico e o algébrico ..	90
Tabela 12 - Totais de erros característicos referentes a questão 3 do teste 1 e 2 no grupo de intervenção.....	93
Tabela 13 – Desempenho do grupo de intervenção na questão 4 dos testes 1 e 2.	94
Tabela 14 - Nota média dos grupos de intervenção e controle nos testes.	97
Tabela 15. Valores da posição e do tempo de um movimento retilíneo uniforme.	102
Tabela 16 - Valores da velocidade e duração de cada intervalo.....	102
Tabela 17 – Relação entre os valores da velocidade e do tempo ao longo do movimento. ...	105
Tabela 18 – Intervalos, duração, início e término de cada intervalo e a sua aceleração ao longo do movimento.	105

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro em linguagem materna e o registro algébrico e/ou materno no MRUV (questão 1 teste 1)	85
Gráfico 2 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro em linguagem materna e o registro algébrico e/ou materno no MRUV- questão 1 teste 2.....	85
Gráfico 3 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico (construção do gráfico da velocidade x tempo no MRU) questão 2 teste 1.....	88
Gráfico 4 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro em linguagem materna para o registro gráfico (construção do gráfico da aceleração x tempo no MRUV) questão 2 teste 2.	88
Gráfico 5 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro gráfico e o registro algébrico no MRUV- questão 3 teste 2 dos erros característicos.....	91
Gráfico 6 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro gráfico e o registro algébrico no MRUV- questão 3 teste 2 dos erros característicos.....	91
Gráfico 7 - Percentual de escolha de cada um dos distratores da questão 5 do teste 1	96

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	OBJETIVOS.....	21
2.1	Geral	21
2.2	Específicos.....	21
3	A SEMIÓTICA DE DUVAL NA OPINIÃO DE ESPECIALISTAS NO ENSINO: INDÍCIOS DE SUA APLICABILIDADE	22
3.1	A TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA.	23
3.2	REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA.....	24
3.3	DIFICULDADES SEMIÓTICAS NA CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS EM CINEMÁTICA	25
3.4	MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA:REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA	26
3.5	INDÍCIOS DE APLICABILIDADE DA SEMIÓTICA AO ENSINO DE FÍSICA..	27
4	SEMIÓTICA	30
4.1	DA SEMIOSE A SEMIÓTICA: O SURGIMENTO DA TEORIA.....	30
4.2	TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS.....	32
4.3	UM METÓDO AVALIATIVO.....	40
5	CINEMÁTICA.....	42
5.1	REFERENCIAL	42
5.1.1	Referenciais inerciais	44
5.1.2	Referenciais não inerciais.....	44
5.2	GRANDEZAS FÍSICAS	45
5.3	NOÇÕES BÁSICAS SOBRE VETORES	46
5.4	SISTEMAS DE COORDENADAS	49
5.5	VETOR POSIÇÃO ($\mathbf{r}$).....	50
5.6	DESLOCAMENTO OU VARIAÇÃO DA POSIÇÃO ($\Delta\mathbf{r}$)	51
5.7	TRAJETÓRIA.....	52
5.8	VELOCIDADE MÉDIA E INSTANTÂNEA	53
5.9	ACELERAÇÃO MÉDIA E INSTANTÂNEA	54
5.10	MOVIMENTO E REPOUSO	55

5.11	PONTO MATERIAL E CORPO EXTENSO	56
5.12	ALGUNS DOS TIPOS DE MOVIMENTOS DESCRITOS PELA FÍSICA.....	56
5.13	MOVIMENTO UNIDIMENSIONAL	57
5.14	MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU)	57
5.15	MOVIMENTO RETÍLINEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV)	58
6	METODOLOGIA DE PESQUISA	60
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
7.1	CARACTERIZANDO A ANÁLISE DE DADOS	67
7.2	PRÉ-ANÁLISE	67
7.3	DESCRIÇÃO ANALÍTICA.....	72
7.4	INTERPRETAÇÃO INFERENCIAL	83
8	CONCLUSÃO.....	98
9	REFERENCIAS	99
10	APÊNDICE A: TESTE 1 DE VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	102
11	APÊNDICE B: TESTE 2 DE VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	105
12	APÊNDICE C: CARTA DE ANUÊNCIA	108
13	APÊNDICE D: TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)	109
14	APÊNDICE E: TERMO CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	112

1 INTRODUÇÃO

Compreender a física vai muito além de decorar fórmulas; é desvendar os mistérios da natureza e desenvolver um olhar crítico sobre o mundo ao nosso redor. No ciclo básico, o ensino da física lança as bases para o raciocínio lógico e a capacidade de solucionar problemas, habilidades essenciais para toda a vida. E é na cinemática, o estudo do movimento, que muitos estudantes têm seu primeiro contato formal e estruturado com essa ciência fascinante. Uma apresentação clara e envolvente dos conceitos de cinemática nesse momento inicial não apenas facilita a aprendizagem dos temas futuros da física, mas também nutre a curiosidade científica e o prazer pela descoberta, pavimentando um caminho de sucesso no aprendizado desta disciplina fundamental.

Na literatura encontramos dificuldades inerentes ao processo de ensino-aprendizagem desse conteúdo como conectar os conceitos a experiências concretas, abstrair, distinguir conceitos (Souza; Donangelo, 2012), conectar aspectos matemáticos aos conceitos físicos, construir gráficos a partir de tabelas (Nascimento; Oliveira, 2020) e construir e interpretar gráficos a partir de enunciados escritos e equações (Araújo; Viet; Moreira, 2019). Além destas, uma dificuldade comum, ao ambiente de aprendizagem no qual desenvolveu-se essa pesquisa é a aplicação dos conceitos e descrições estudadas a resolução de situações problemas.

Diante desse cenário, identificar uma metodologia de ensino eficaz para promover a aprendizagem significativa deste tópico revela-se um desafio complexo e relevante, visto que o primeiro contato pode definir como os alunos encararão a disciplina de física ao longo de todo o ensino médio.

Este trabalho desenvolveu-se com alunos do 9º do Ensino Fundamental II do 1º Colégio da Polícia Militar do Estado do Amazonas (CMPM I) gerido pela polícia militar do estado em parceria com a secretária de educação do estado, onde analisamos o processo de ensino e aprendizagem sobre o movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado a luz da teoria dos Registro de representação semiótica, com o intuito de contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de física no ensino fundamental e médio.

A teoria dos registros de representação semiótica de Duval, chamada daqui por diante de teoria duvaliana ou TRRS, demonstra-se muito eficaz em relação a umas das maiores problemáticas no que tange ao processo de ensino aprendizagem de estudantes de física, a dificuldade inerente a resolução de situações problemas. Através desta teoria avaliaremos de maneira direta, por meio de exercícios, a transformabilidade, que se divide em duas atividades

cognitivas a conversão entre diferentes tipos de registros e o tratamento realizado dentro de um mesmo registro, e indiretamente a atividade de formação de um registro.

Está teoria torna evidente a necessidade de repensarmos a forma como avaliamos ou pelo menos a forma como elaboramos os nossos enunciados que por inúmeras vezes não se atentam ao que Duval (2009) denomina de regras de congruência, que discorre sobre a possibilidade do próprio enunciado em si, tornar a resolução do mesmo extremamente difícil, e em alguns casos, até impossível cognitivamente.

Duval (2009) salienta que o processo de resolução de problemas em física – como escrever um gráfico a partir de uma equação ou vice-versa, ou seja, partir de uma representação para outra, atividade cognitiva denominada por ele de transformabilidade – não é trivial nem óbvio, apesar de aparentar ser para quem tem domínio. Filho, Laburu e Barros (2011) corroboram com tal percepção, apontando dificuldades características dos alunos ao investigar as dificuldades semióticas envolvidas na construção de gráficos cartesianos.

A teoria duvaliana é um ajuste psicológico que se mostra extremamente relevante a situações em que o objeto de conhecimento, no contexto da física o fenômeno físico, possa ser descrito em pelo menos dois diferentes tipos de registros de representação semiótico. Neste trabalho nos ateremos a pelo menos três tipos de registros, o em linguagem materna, o algébrico e o gráfico (Henriques; Almoulod, 2016).

De 2010 em diante é crescente os trabalhos que verificam a aplicabilidade da teoria duvaliana, desenvolvida inicialmente para o ensino de matemática, ao ensino de Física como podemos constatar no trabalho de Lima (2018) que produziu um estado da arte sobre o tema em sua Tese. Logo a busca por evidências que permitam constatar o impacto dela no ensino de Física torna-se importante, em especial, em assuntos que podem ser descritos, representados por mais de uma forma, como cinemática, eletrodinâmica, óptica entre tantos outros. Mediante o exposto investigaremos:

Como as diferentes formas de descrever o movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado, presentes no ensino de cinemática para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II, à luz da teoria de Duval, contribuem para a compreensão dos alunos sobre o movimento e para a sua capacidade de resolver problemas?

Para responder a essa questão, adotaremos a pesquisa de campo, como guia para planejar, agir, observar e refletir. Realizaremos uma análise qualitativa por meio da análise de conteúdo.

Essa dissertação está estruturada com 7 seções. Na seção 1, uma introdução para justificar o uso da TRRS como base metodológica para o ensino de Física; na seção 2, o objetivo geral e os específicos. Na seção 3, uma breve revisão de literatura que apresentasse as metodologias e ferramentas que são utilizadas no ensino de cinemática, e indícios da aplicabilidade da teoria duvaliana ao ensino de física. Na seção 4, a fundamentação teórica da aprendizagem em pauta: a TRRS. Na seção 5, o objeto de conhecimento da Física a ser explorado: movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado. Na seção 6, a metodologia de pesquisa, delimitando e fundamentando o tipo de pesquisa, a abordagem, os instrumentos de coleta de dados, a forma de análise, o regime e critérios de validade dos dados, e os critérios éticos da pesquisa. Na seção 7, os resultados e discussões e o processo de implementação da SD. Nos apêndices, os testes de aprendizagem sobre MRU e MRUV, a carta de anuência do sistema de ensino onde implementamos a pesquisa, o modelo dos termos de assentimento livre e esclarecido (TALE) e consentimento livre e esclarecido (TACE) assinados pelos alunos, os testes conceituais utilizados a cada aula e a cada momento, e o produto educacional desenvolvido: Uma Sequência Didática (SD) (Zabala, 1998).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a efetividade da Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Duval como ajuste psicológico para ocorrência da aprendizagem de conceitos cinemáticos para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II.

2.2 ESPECÍFICOS

a. Elaborar e aplicar uma proposta de sequência didática, fundamentada na Teoria de aprendizagem dos Registros de Representação Semiótica de Duval, para o ensino de conceitos cinemáticos no 9º ano do Ensino Fundamental II.

b. Analisar as respostas dos alunos às situações-problema, investigando como a utilização de diferentes registros de representação semiótica (linguagem natural, algébrico, gráfico, figural) se relaciona com o desempenho;

c. Analisar as dificuldades dos alunos na conversão entre diferentes registros de representação semiótica no estudo da cinemática, identificando os principais erros e equívocos cometidos.

d. Comparar o desempenho de alunos submetidos à sequência didática elaborada com o desempenho de alunos submetidos ao ensino tradicional de cinemática, por meio da análise de testes de verificação de aprendizagem.

e. Elaborar um produto educacional: Uma Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA) para o ensino dos conceitos cinemáticos na perspectiva da teoria duvaliana.

3 A SEMIÓTICA DE DUVAL NA OPINIÃO DE ESPECIALISTAS NO ENSINO: INDÍCIOS DE SUA APLICABILIDADE

A semiótica de Raymond Duval, com sua ênfase nos registros de representação semiótica, oferece um arcabouço teórico promissor para o ensino de física. No entanto, a aplicação dessa teoria na área ainda é incipiente, conforme apontam as pesquisas preliminares. Três fatores principais parecem contribuir para essa lacuna:

1º Origem da teoria: A semiótica de Duval tem suas raízes na didática francesa, um campo de estudo mais explorado na formação de professores de matemática do que de física;

2º Novidade da abordagem: A aplicação da semiótica ao ensino de ciências exatas, como física, química e matemática, é relativamente recente, o que pode gerar resistência e desconfiança entre os educadores.

3º Complexidade teórica: A profundidade epistemológica, linguística e metodológica da semiótica exige um estudo aprofundado para sua aplicação prática no ensino.

Ao evidenciar a escassez de estudos que exploram a semiótica de Duval no ensino de física, este trabalho se posiciona como um estudo pioneiro e necessário. Esta breve revisão de literatura integrativa (Souza; Silva; Carvalho, 2010; Dantas; *et al.*, 2021) busca analisar o panorama atual das pesquisas para propor uma aproximação entre a teoria de Duval e o ensino de Física.

A breve revisão de literatura integrativa seguiu as seguintes delimitações:

Período de busca: Artigos publicados nos últimos dez anos.

Palavras-chave: "semiótica", "ensino de física", "mecânica", "teoria dos registros de representação semiótica", "ensino de ciências".

Bases de dados: Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP e SciELO Brasil.

Critério de exclusão: Estudos que não abordam a semiótica de Duval no contexto do ensino de física.

A busca resultou em quatro trabalhos que atenderam aos critérios de inclusão. Cada trabalho será analisado individualmente, com um breve resumo detalhando seus objetivos, metodologia e resultados.

3.1 A TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA¹.

Neste artigo analisa-se os símbolos próprios da física à luz da semiótica de Duval, visando sugerir novos caminhos para o processo de ensino aprendizagem mais eficiente, pois de acordo com os dados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) o país ocupa as últimas posições entre os 70 países que participam, o que evidencia a necessidade de buscar alternativas.

Lima (2019), destaca a importância dos signos científicos no desenvolvimento da ciência e a dificuldade dos alunos em compreendê-los evidenciado que em alguns casos, como o da mecânica quântica, não há critérios para relacionar os símbolos matemáticos aos símbolos da linguagem cotidiana produzindo um vazio didático e impossibilitando a realização da conversão entre esses dois sistemas semióticos distintos.

O autor ainda destaca a relação entre signo e símbolo enfatizando que o signo precede o símbolo, visto que antes de um símbolo representar um conceito, há um processo de mediação na sua formação. Ademais, — prossegue o autor —, toda forma de pensamento ou representação cognitiva é um signo. Evidenciando a necessidade de construção do signo durante os processos de ensino e aprendizagem para que possa ser utilizado na construção do conhecimento em pauta, não por uma única linguagem ou único registro de representação; o professor deve ter o cuidado de ensinar os alunos a transitar entre diferentes signos e de registros de representação.

No artigo é possível ver diversos exemplos retirados da obra de Duval (2009) para enfatizar a não trivialidade entre as conversões de um tipo de registro para o outro, seja entre a soma de números com diferentes escritas, ou, entre a conversão de um gráfico para uma expressão algébrica, elencando possibilidades de critérios a serem estabelecidos na conversão entre diferentes registros.

O autor também dá ênfase à descrição das unidades significativas, que são a combinação dos elementos significantes (são os componentes básicos do conteúdo mental que representam os conceitos ou unidades de informação), podendo ser entendidos neste contexto como os parâmetros relevantes para a resolução dos problemas. Além disso, as unidades significativas

¹ LIMA, L. G. A teoria dos registros de representação semiótica: contribuições para o ensino e aprendizagem da física. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 24 (3), p. 196-221, 2019.

nos possibilitam determinar se há ou não congruência² entre dois diferentes registros, isto é, se há a possibilidade de realizar-se a atividade de conversão³ entre eles.

No que concerne ao ensino de física, o autor analisa em miúdo a resolução de cinco problemas canônicos de física relativos à: cinemática, o teorema do trabalho-energia, a conservação de energia mecânica, a calorimetria, a ondulatória e a lei de Coulomb para cargas pontuais.

Na conclusão do artigo, em específico, na análise do problema de calorimetria, o autor verificou que, se respeitado os critérios de congruência, há indícios de que no processo de conversão, alguns passos contidos nessa atividade cognitiva são compreendidos e automatizados pelos alunos. Em porcentagem isso correspondeu a um aumento da taxa de acerto de 28,5% para 85%.

Na análise do problema que envolvia ondulatória o autor constatou que a discriminação/segmentação⁴ das unidades significantes também aumentou a taxa de acerto de 28,5% para 89,3%, concluindo que o entendimento dos alunos está estritamente relacionado à descrição adequada das unidades significativas.

A transposição da teoria educacional duvaliana, desenvolvida para o ensino de matemática, para o ensino de física, possui pelo menos uma barreira em relação a sua aplicabilidade que está associada a determinação adequada das unidades significativas no contexto da física, da definição e limitação delas na descrição das teorias físicas e principalmente da descrição dessas unidades em enunciados de situações problemas. Todavia, é válido salientar que a aplicabilidade desta teoria ao ensino de Física uma vez que o próprio Duval estabelece critérios para a definição dessas unidades significantes.

3.2 REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA⁵

Neste artigo investiga-se as potencialidades e as limitações que o domínio matemático gera no ensino de física, analisando três problemas sobre o movimento retilíneo uniforme, às

² Delimita a dificuldade ou até mesma a possibilidade de ser o não possível realizar a atividade de conversão. Possuindo três critérios que nos possibilitam perceber a sua satisfação ou não, estando os mesmos relacionados as unidades elementares.

³ Nome dado a atividade cognitiva de passagem de um registro de representação a outro.

⁴ Discriminação/segmentação, é o termo técnico utilizado para referir-se ao detalhamento dos signos característicos de cada representação, as unidades significantes.

⁵ SANTOS, Cintia Ap. Bento; CURI, Edda. Registros de representação semiótica e suas contribuições para o ensino de física. Revista Ensaio, Belo Horizonte, V. 14, n. 03, p. 85-95, set-dez, 2012.

luzes da teoria duvaliana. Objetivando compreender a dificuldade da conexão dos conhecimentos matemáticos na resolução de tarefas, as dificuldades que o enunciado trazia ou não a resolução do problema, as dificuldades em trabalhar com diferentes registros e a transformabilidade entre eles para um único objeto matemático, a equação do primeiro grau que é utilizada para descrever o movimento retilíneo uniforme.

Através da análise de três situações problemas, que não atendem os critérios de congruência, estudou-se qualitativamente o processo de transformabilidade e as dificuldades relatadas pelos alunos. Os alunos relataram dificuldades para entender o que deveria ser feito na atividade que exigia a conversão da representação em gráfico para a representação em registro algébrico (função) e facilidade na que exigia a conversão do registro algébrico no registro gráfico.

Santos; Curi, (2012) concluiu que esse fato é decorrente da não usualidade da “operação inversa” que significa sair de um gráfico para uma expressão algébrica, e o sucesso é devido a familiaridade com a conversão do registro algébrico para o gráfico. No entanto, de acordo com a teoria de Duval, poderíamos atribuir ambas as conclusões à não satisfação dos critérios de congruência.

3.3 DIFICULDADES SEMIÓTICAS NA CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS EM CINEMÁTICA⁶

Este trabalho é parte de uma dissertação e um estudo de caso realizado com 5 alunos, do terceiro e quarto ano, de licenciatura e bacharelado em física de uma universidade estadual pública do estado do Paraná. Sustenta-se na teoria duvaliana e na teoria dos níveis de processamento da informação gráfica de Postigo e Pozo.

Utilizando dados experimentais tabelados, desenvolvidos especificamente, para o estudo de caso da posição, da velocidade e da aceleração em função do tempo, enfatizando as dificuldades relacionadas ao modo que esse tipo de registro é produzido, por meio das atividades cognitivas de formação (eixos cartesianos ortogonais e título), tratamento (comportamento da curva, taxa de variação e novos pares ordenados) e conversão (variáveis envolvidas, escalas, par de coordenadas, legenda, descrição formal e elaboração de explicações).

⁶ FILHO, P. S. C.; LABURU, C. E.; BARROS, M. A. Dificuldades semióticas na construção de gráficos cartesianos em cinemática. Caderno Brasileiro Ensino Física. V. 28, n. 03, p. 546-563, dez, 2011.

Os autores concluem que os alunos apresentaram dificuldades em relação à atividade de formação, visto que eles não compreenderam a necessidade de se traçar as linhas dos eixos coordenados, não se atentaram aos principais valores da escala. Em contrapartida, apresentaram facilidade na assimilação das grandezas independentes e dependentes e seus respectivos significados físicos. Este resultado evidencia que a assimilação da atividade de formação não implica em uma assimilação da atividade de conversão que é, sem dúvidas, cognitivamente mais complexa.

3.4 MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA: REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA⁷

Este trabalho é uma dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas-IEMCI da Universidade Federal do Pará- UFPA, onde se enfatiza a necessidade do uso das distintas representações semióticas para que a aplicação das representações matemáticas no ensino de Física não seja apenas algo mecânico, evidenciando que as mesmas são imprescindíveis para o ensino de Física pelo uso do ambiente gerado pelo processo de modelagem matemática como uma alternativa pedagógica, criando um ambiente propício para a mobilização entre diferentes tipos de registros de representação.

O principal objetivo deste trabalho é propor uma reflexão sobre a mobilização de registro de representação semiótica, baseado em 06 atividades que envolvem a modelagem de fenômenos físicos relacionados a mecânica (cinemática, dinâmica e energia) e a óptica. Destas atividades analisadas, três foram realizadas e desenvolvidas por outros pesquisadores:

- A primeira delas foi realizada com alunos do quinto semestre de licenciatura plena em Física do Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo, problema proposto por Lozada e Magalhães (2008).
- A segunda com alunos de um curso pré-vestibular da cidade de Belém-PA por Souza e Espírito Santo (2008).
- A terceira proposta por Daroit; *et al.* (2009) a estudantes da 3ª série do Ensino Médio.
- Por fim, as demais são propostas para serem aplicadas a turmas de ensino médio e superior.

⁷ SOUZA, E. S. R. **Modelagem Matemática no Ensino de Física: Registros de Representação Semiótica**. 2010. 123 p. Dissertação (Mestrado em ensino de física) - Instituto de Educação Matemática e Ciências, Universidade Federal do Pará, Belém.

Analisando estes problemas, o autor concluiu que essa teoria tem grande aplicabilidade no que se refere à aquisição conceitual durante a construção de modelos matemáticos no ensino de Física, tal afirmação se sustenta na afirmação do próprio Duval sobre o fato da TRRS “[...] pode servir de base para a apreensão de qualquer conhecimento que requeira a utilização de sistemas de expressão e de representação, como é o caso do conhecimento em Física” (SOUZA, 2010, p.116).

Uma das maiores potencialidades da teoria duvaliana ao ensino de física, sem dúvidas, é a ênfase que ela dá aos diferentes registros de representação semiótica e a conversão entre eles, pois no contexto da física esses diferentes registros são diferentes formas de modelar um fenômeno observável, isto é, nos fornece um método para trabalharmos os conteúdos (apresentar diferentes registros). Além disso, poderemos avaliar a aprendizagem utilizando o próprio método de ensino, poderemos verificar se os alunos são capazes de perceber os diferentes registros que se referem ao mesmo fenômeno observável.

3.5 INDÍCIOS DE APLICABILIDADE DA SEMIÓTICA AO ENSINO DE FÍSICA

Nesta seção tentaremos aproximar a TRRS ao ensino de física, através da inferência de algumas obras, da evidência de pequenos indícios. Nosso **primeiro ponto** baseia-se em uma possível ***aproximação entre a didática da matemática e a didática da física***, a semelhança existente entre o processo de ensino e aprendizagem dessas disciplinas:

A teoria duvaliana foi construída e pensada para o ensino de matemática e tem como um de seus principais aspectos a riqueza de representações que um mesmo conteúdo possui. Na física, de acordo com Filho; Laburu (2011, p. 548) “os modelos [...] e as relações por eles expressas com a natureza devem ser produzidas em diferentes modos” que podem ser compreendidos como diferentes representações. Em outras palavras, o ensino de ambas as disciplinas precisa levar em conta as diferentes formas de representação que um mesmo objeto, conteúdo, pode assumir. Este fato é um pequeno indício da aplicabilidade desta teoria ao ensino de física.

Além disso, Santos; Curi (2012) afirmam que:

“os registros de representação semiótica são representações referentes a um sistema de significação, ou seja, são uma forma de tornar algo acessível a alguém, comunicando uma ideia que parte de uma formulação mental. Assim, Duval (1993) define as representações semióticas como produções que empregam signos de um sistema de representação”

Em física, buscamos ensinar um modelo, uma representação de uma formulação mental, desenvolvido para descrever um fenômeno da natureza. Nesse contexto as representações usadas no ensino de física seriam representações semióticas.

O processo de ensino aprendizagem da Física em muito se assemelha ao a processo da disciplina de matemática uma vez que a aprendizagem em matemática é

“(...) um campo de estudos privilegiado para a análise de atividades cognitivas fundamentais como a conceitualização, o raciocínio, a resolução de problemas e mesmo a compreensão de textos. A particularidade da aprendizagem das matemáticas considera que essas atividades cognitivas requerem a utilização de sistemas e expressão e de representação além da linguagem natural ou das imagens: sistemas variados de escritas para os números, notações simbólicas para o objeto, escrituras algébricas e lógicas que contenham o estatuto de línguas paralelas a língua natural para exprime as relações e as operações, figuras geométricas, representações em perspectivas, gráficos cartesianos, redes, diagramas, esquemas, etc. (Duval, 2009, p. 12)”

Apoiado nesta ideia de aprendizagem de matemática, e considerando que as teorias físicas em algum grau podem ser consideradas como formulações mentais que visam descrever fenômenos da natureza que desejamos compreender, explorar, manipular ou simplesmente comunicar a um interlocutor (nossos alunos), temos mais um pequeno indício de que uma teoria desenvolvida para o processo de ensino aprendizagem de matemática é aplicável ao ensino de física.

Nosso **segundo argumento** sustenta-se no fato de que toda teoria semiótica é uma teoria voltada ao estudo de linguagem, e a **Física é, em algum grau, uma linguagem**. Essa afirmação se sustenta em dois aspectos.

O primeiro consiste no fato de podermos definir a língua como um sistema de valores específico que se utilizar da combinação de elementos para estabelece sentido e significado que dependem da comunidade linguística e social (Nicolau; *et al.*, 2010).

O segundo aspecto que nos permite trata a Física como uma linguagem é a perspectiva de Lima (2019, p. 197-198) ao afirmar que “em física entendemos um símbolo, um signo, como uma forma de apresentar uma representação conceitual, a comunidade científica atribui um significado a um símbolo físico”. Nesse contexto a semiótica teria uma contribuição significativa, pois não temos nenhum poder de pensar cientificamente sem o domínio dos signos científicos.

Por fim, reforçamos que a física pode ser estuda a partir da semiótica pois na perspectiva de (Santaella, 1983), a semiótica é a ciência que tem por objeto de investigação todas as linguagens possíveis. Sendo a Física um modelo que busca descrever fenômenos da natureza, podemos tratá-la como uma linguagem dos fenômenos naturais, logo a mesma poderia ser

estudada pelo ponto de vista da semiótica. Adicionalmente, (Carvalho, 2021) expõe que no início quando as linguísticas eram tidas comparatistas, elas se assemelhavam muito a linguagem das ciências da natureza.

Nosso **terceiro argumento** baseia-se na necessidade de tornar evidente a ***distinção entre os fenômenos e suas representações***, sobretudo no contexto em que essas representações, em sua grande maioria, são representações simplificadas.

Duval (2009), ressalta que é importante não confundir os objetos matemáticos com suas representações, por exemplo: números, funções e retas com suas representações decimais ou fracionárias, os gráficos e os traços de figuras. Pois, há diversas representações para um mesmo objeto, em física também é possível e necessário distinguir o objeto de sua representação, por exemplo:

- A corrente elétrica é o movimento ordenado dos portadores de carga elétrica, e algumas de suas representações são, a expressão algébrica (registro simbólico, de acordo com Duval (2009)) ou um gráfico (registro gráfico de acordo com Duval (2009)), idem para o movimento retilíneo uniforme;

- A propagação da luz pode ser representada por segmentos de retas orientadas (registro figural) ou por uma equação de onda (registro simbólico).

Os registros de representação elencados acima são perfeitamente distinguíveis no processo de ensino aprendizagem na perspectiva da TRRS, realizando a atividade cognitiva denominada de transformabilidade que deve ser feita de acordo com as informações que pretendemos analisar. Assim como em matemática, no ensino de Física, é o objeto que importa e não suas diferentes representações semióticas.

4 SEMIÓTICA

4.1 DA SEMIOSE A SEMIÓTICA: O SURGIMENTO DA TEORIA

A teoria da semiótica ou teoria dos signos que inicialmente foi, a rigor da luz do método científico, desenvolvida pela necessidade de se padronizar os estudos linguísticos, tendo como uma de suas raízes os trabalhos de Ferdinand de Saussure, que o levaram a criação da Teoria do Signo Linguístico ou Semiologia Linguística (Carvalho, 2021). Posteriormente, essa teoria foi desenvolvida paralelamente, simultaneamente e independentemente em diferentes locais do globo, passando a ter como um de seus principais percussores Charles Sanders Peirce (Nicolau; *et al.*, 2010).

De acordo com Santaella (1983), a semiótica pode ser definida como uma ciência que estuda os signos humanos, a língua humana, que é construída a partir da interação social, diferente da linguagem da natureza, que independe da interação do homem.

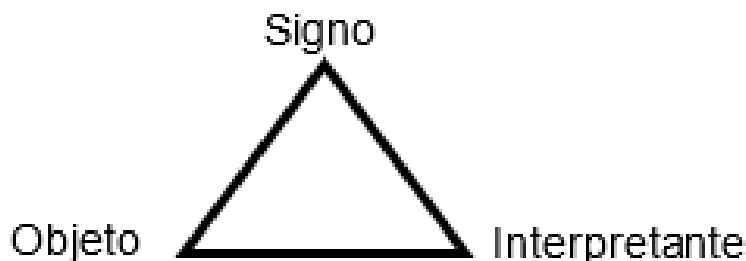
Facilmente encontramos na literatura trabalhos da teoria semiótica aplicada a diversas áreas como: arquitetura e design de interiores, análise do desenvolvimento de inteligências artificiais, análise linguística e ao ensino de matemática, entre outros, no entanto, nos ateremos apenas aos dois últimos citados. O principal conceito por trás de toda teoria semiótica é o signo. Ainda não há uma definição única sobre esse conceito, sobre a natureza dele, aliás, o que difere as distintas aplicações desta teoria é justamente como se define um signo e suas eventuais particularidades.

No caso dos estudos linguísticos, para Saussure, por exemplo, objetos, sons, imagens, frases, podem assumir essa função, sendo assim a união do som com o sentido atribuído ao mesmo. O grande mérito dos trabalhos de Saussure está no seu procedimento metodológico, a sistematização necessária para se estudar uma linguagem (Carvalho, 2021).

Na semiótica de Peirce não há preocupação com a definição do signo, todavia, preocupa-se em explicar a sua funcionalidade no processo de comunicação. Nesse contexto, signo é tudo aquilo que podemos atribuir ou designar um significado perante um acordo social que nos permita estabelecer comunicação uns com os outros. O signo tem por função significar algo para alguém, fazer-nos imediatamente lembrar de algo ou posteriormente, após o primeiro contato. Entretanto, de acordo com o próprio Peirce define-se signo como qualquer coisa que de um lado é determinada por um objeto e, de outro, assim determina uma ideia na mente de uma pessoa, esta última determinação, denominamos de interpretante do signo, é, desse modo,

imediatamente determinada por aquele objeto. Um signo tem assim uma relação triádica com seu objeto e com seu interpretante.

Figura 1 - Relação triádica fundamental da semiótica geral.



Fonte: Autoria própria (2025).

No contexto da semiótica de Peirce, em Física, por exemplo, as letras são signos, a letra S nos remete a posição/ espaço, ela tem um significado para a comunidade científica, ela tem a função de comunicar que um certo valor, junto com sua unidade medida, deve nos remeter a uma quantidade associada a grandeza física posição/espaço.

Enfim, a compreensão da semiótica está diretamente associada à compreensão de signo, seja na teoria semiótica de Peirce, de Saussure ou na Teoria dos Registros de Representações de Duval. Compreender exatamente o que é um signo, seja para defini-lo ou para entender seu funcionamento, não é uma tarefa trivial. Visando facilitar este entendimento, temos a semiose, uma área dedicada a definir como o signo funciona. Naturalmente seu comportamento/ compreensão não possui uma característica única, esse processo depende do intérprete, o sujeito que recebe a informação, a quem comunicamos. O signo como dito anteriormente tem como uma de suas funções nos fazer lembrar, assim definiremos que os elementos de um signo são:

Quadro 1- Elementos que constituem o signo.

Signo	objeto, coisa que queremos lembrar
	o significado, aquilo que é construído a partir do signo
	o interpretante, o efeito de sentido dado pelo intérprete

Fonte: Autoria própria (2025).

É na construção do interpretante que podemos gerar um “ruído” de comunicação pois ao falarmos manga, por exemplo, nada garante que o interpretante será o mesmo para todos. Alguns podem pensar na camisa, outros na fruta, outros nos diferentes tipos de manga e assim sucessivamente, em outras palavras, o intérprete vai dar o significado final ao signo. Assim, o signo não é algo somente cognitivo, automático, pode apresentar fatores emocionais, éticos, entre outros.

Durante uma comunicação o signo substitui algo que é evocado a comunicação, mas este não está presente, por isso ele é evocado pelo signo. A fenomenologia dele, a nossa

percepção/compreensão da realidade de um objeto e como o intérprete processa essa informação, acontece pela compreensão/aquisição humana sobre ele conectado a um contexto sociocultural. Para Peirce, nossa percepção de mundo é uma percepção modular, de tal forma que essa percepção pode ocorrer em três níveis, assim definiremos mais uma tríade fundamental para a compreensão das teorias semióticas e dos signos, a tríade da percepção. Conforme figura abaixo:

Figura 2 - Aspectos envolvidos na percepção de um signo.



Fonte: Autoria Própria (2025).

- A **primeiridade** que é a relação do signo com o objeto, onde a relação dar-se-á primeiramente por uma conexão direta do signo com o objeto, uma relação de qualidade, uma característica ou uma propriedade intrínseca ao mesmo de acordo com uma percepção sensorial;
- A **secundidade**, está associada à existência do objeto em si, uma parte dele ou uma relação de causa e efeito, e por último;
- A **terceiridade**, a relação dar-se-á por uma atribuição, uma lei significativa, um símbolo, algo que nos foi imposto.

Essa fenomenologia se torna importante uma vez que a semiótica busca categorias universais para tentar explicar essa percepção que temos entre um signo, um objeto e um interpretante. Não é uma pretensão definir o que é um signo. Por outro lado, é fundamental estabelecer suas características e sua funcionalidade no intuito de tornar a comunicação mais precisa quanto possível for, pois a dificuldade em estabelecê-la afeta drasticamente qualquer processo que a envolva, em especial o de ensino.

4.2 TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS

Dentro do campo das teorias semióticas, surge a Teoria das Representações dos Registro Semióticos propostas pelo Filósofo e Psicólogo Raymond Duval, criada no intuito de compreender o processo de aprendizagem por meio de representações e investigar os processos

cognitivos fundamentais durante o processo de assimilação de conceitos, resolução de problemas e raciocínio.

Na perspectiva da psicologia educacional, os signos propostos nas teorias de semióticas de Peirce e Saussure, não possibilitam o estudo da aquisição de conhecimento, visto que eles exercem apenas a função de comunicação. Entretanto, de acordo com Martinelli (2013) *apud* Duval (2003) as representações da TRRS tornam possível o estudo com relação à construção do conhecimento, pois elas exercem pelo menos três funções: comunicação, tratamento de informações e a objetivação ou tomada de consciência, trazendo à tona uma tríade, uma característica intrínseca de todas as teorias semióticas.

Observe a figura 3, que busca exemplificar como ocorre a construção do conhecimento por meio da TRRS.



Fonte: Autoria própria (2025).

De acordo com essa ilustração, devemos entender que toda representação visa estabelecer comunicação, tratamento de informação e objetivação, que juntas geram conhecimento, contudo, conhecimento gera representações, assim como toda representação gera conhecimento.

A definição de representação surgiu inicialmente com Piaget ao explicar sobre o nascimento da inteligência na criança, onde ele define representação como evocação de objetos ausentes, mas na teoria de Duval a definição de representação é distinta e torna-se então fundamental para a compreensão dela. Definindo-se como a

“(...) forma sob a qual uma informação pode ser descrita e considerada em um sistema de tratamento. Isso não tem nada a ver com uma evocação de objetos ausentes, as quais retornam à consciência vivida de um sujeito. Trata-se ao contrário, de uma codificação da informação.” (Duval, 2009, p. 31.)

Peirce diferentemente de Duval não se preocupava com o papel desempenhado pelas variedades de representações em relação ao pensamento, muito menos no quão trivial ou não seria a conversão/transformação entre essas diferentes representações, tampouco sobre o par

conhecimento-representação que se torna central na TRRS (Duval, 2009). Esse par, conhecimento e representação, poderia facilmente ser convertido em uma tríade (conhecimento, representação e interpretante), evidenciando que a representação semiótica é no fim uma atividade cognitiva, pois depende deste modo do intérprete, sujeito que assimila ou produz conhecimento.

Imbuído da preocupação de como ocorre o processo de conversão/ transformação dos registros, surge na teoria duvaliana os sistemas semióticos que de acordo com Queiroz (2010) “é aquele que produz, transmite e interpreta signos de diferentes tipos”, é um conjunto de representações de um determinado objeto que devem então possibilitar o desenvolvimento cognitivo de três atividades:

- Relacionar aspectos perceptíveis com a representação de algo, de um objeto, de um conteúdo;
- Estabelecer regras para a transformação de uma representação que nos permitam a aquisição de conhecimento quando comparado às representações iniciais e;
- Por fim, ser capaz de fazer a conversão entre as representações.

Importante notarmos as semelhanças destes aspectos com os conceitos de primeiridade, secundidade e terceiridade da teoria semiótica de Peirce, salientando que não é mera coincidência, e sim um fato que nos permite constatar mais uma vez que toda teoria semiótica tem como uma de suas principais preocupações estabelecer a funcionalidade dos signos e a comunicação. Na teoria de Duval, essa funcionalidade está associada à necessidade de permitir perceber e estabelecer a construção do conhecimento.

A partir da definição de sistema semiótico como uma atividade cognitiva, “deve-se especificar uma morfologia de sistemas” (Queiroz, 2010, p. 7), ou seja, o contexto em que estamos definindo os signos, no que tange a teoria de Duval chamaremos de **Registro de Representação Semiótica**, que é entendido como “os graus de liberdade que um sujeito pode dispor para objetiva a si próprio uma ideia ainda confusa, um sentimento latente, para explorar informações ou simplesmente para poder comunicá-las a um interlocutor” (Duval, 2009, p. 37).

Em outras palavras todo sistema semiótico que permite estabelecer as atividades cognitivas de percepção de conteúdo, regra de conversão, e correlacionar diferentes representações, será considerado como um registro de representação semiótica, que pode ser definido como “[...] um sistema dotado de signos que permitem identificar uma representação de um objeto de saber” (Henriques; Almouloud, 2016, p. 468).

A relação entre sistema e registro de representação semióticos pode ser simplificada pela figura 4.

Figura 4 - Relação entre sistema semiótico e registro de representação.



Fonte: Autoria própria (2025).

Com o desenvolvimento da teoria, surgiram diferentes tipos de registros para o ensino de matemática, pois antes mesmo da construção da teoria duvaliana sabia-se que as linguagens em geral constituem diferentes tipos de registros. Nesse contexto, toda linguagem é um potencial formador de registros de representação, seja a linguagem materna (natural), a linguagem matemática ou até mesmo a linguagem da Física. Essa capacidade de produzir uma diversidade de representação podem facilitar a análise do desenvolvimento e da assimilação do conhecimento, bem como superar os obstáculos encontrados nesse processo. (Duval, 2009, p. 37-38).

Na literatura atual, podemos destacar pelo menos quatro tipos de registros de representação na educação matemática.

Figura 5 - Alguns dos tipos de registros da teoria duvaliana.



Fonte: Henriques; Almouloud (2016).

Os **registros em linguagem materna** são textos que usam a escrita para expressar uma ideia, um objeto, um conteúdo que se tenha na mente, como veremos mais adiante, esse **registro** caracteriza, geralmente, uma representação externa.

Os **registros algébricos** são decorrentes do uso de signos como letras e números que nos permitem elaborar equações e expressões que descrevem algo, em geral, o comportamento de um fenômeno observável, objetivando estabelecer relação entre as variáveis (signos) do modelo com o fenômeno, seja para compreendê-lo ou para comunicá-lo, esse tipo de registro é muito comum em matemática e em física, apesar de que na física essas noções não são evocadas durante seu tratamento, fato que gerar um vazio didático, acarretando na não consolidação da aprendizagem (Henriques, Almouloud, 2016, p. 467).

Os **registros gráficos** combinam elementos de um sistema figural ou **registro figural** como retas, setas, entre outros e representações que constituem o **registro algébrico**, gerando o que chamamos de gráfico. Em matemática podemos citar o plano cartesiano e em física o gráfico da posição pelo tempo, como exemplos de **registros gráficos**. Esse registro também é corriqueiramente empregado no estudo das mais variadas áreas de humanas e de ciências, e na física não seria contrário.

“De acordo com García e Palácios (2007), diversos pesquisadores reconhecem que as representações gráficas são importantes formas de comunicação científica e ferramentas úteis no campo das ciências experimentais, principalmente na análise de situações físicas nas disciplinas laboratoriais.” (Filho; Laburu, 2011, p. 549)

O **registro numérico** é formado pelos diferentes conjuntos de números (signos) e formas de representá-los. Destaco ainda que **este registro** nos facilitará o entendimento do que Duval chama de tratamento que são os diferentes tipos de representação contidos no mesmo registro, facilitando assim a manipulação de uma determinada representação.

Um dos focos desta teoria são os processos cognitivos por trás da assimilação/ aquisição de informações, e neste caso, diferente das teorias semióticas de linguística, torna-se necessário definir a natureza da representação e é nesse contexto que se faz necessário também distinguir o tipo e a função de uma representação.

As representações semióticas são aquelas de tipo consciente, isto é, são caracterizadas pelo modo como o intérprete interage com um objeto, essa relação de consciência estabelecida como o objeto se opõe a relação inconsciente em reação ao mesmo, aquilo que não se percebe, o ato de tornar-se consciente em relação a algum aspecto é definido como objetivação, sendo assim um ato cognitivo.

A representação semiótica tem duas funções:

- **Externa** que é caracterizada por ser produzida por um sujeito ou um sistema, tendo a função de estabelecer uma comunicação.

- **Cognitiva (interna)** que é caracterizada de acordo com Duval (2009) pela objetivação e pela existência de dois tratamentos complementares, o **quase-instantâneo** que produz a percepção que cada intérprete tem do objeto, baseada no acúmulo de conhecimentos prévios, na competência que o interpretante desenvolve, tal que, quanto maior for, maior é a possibilidade de apreensão de informações instantaneamente, e o **intencional** as informações assimiladas após a representação criada quase instantaneamente pelo intérprete.

Para Duval (2009) “toda a atividade cognitiva humana repousa sobre a complementaridade desses dois tipos de tratamento”. Destacar-se que a distinção entre os dois tratamentos é o tempo que cada um levar devido ao aumento de informações e significações dada a um objeto, enquanto no tratamento instantâneo esse tempo é o mesmo, no intencional esse tempo aumenta (Duval, 2009, *apud* Schneider; Schiffrein, 1977).

Por fim, os registros de representações semióticas pressupõem o desenvolvido de três atividades cognitivas, a tríade cognitiva, visto que estas atividades em certo grau são todas complementares, são elas a **formação**, a criação de uma representação semiótica, e as atividades de transformabilidades: que podem ser denominadas de **conversão** ou **tratamento**.

Figura 6 - Atividades cognitivas na teoria dos registros de representação.



Fonte: Autoria própria (2025).

A **formação** é a atividade cognitiva associada a criação de uma representação semiótica, no processo de construção destas representações, de acordo com Duval (2009, p. 57) “[...] implica a seleção de certo número de caracteres de um conteúdo percebido, imaginado ou já representado em função de possibilidades de representações próprias ao registro escolhido”. Além disso, podemos destacar que a:

“Formação de representação semiótica é um recurso a um (ou muitos) signo(s) para atualizar a atenção voltada para um objeto ou para se substituir essa atenção. [...] os signos utilizados pertencem a um sistema semiótico já constituído e já utilizado por outros [...] (Duval, 2009, p. 54-55).”

A criação de um registro de representação semiótica como já citado anteriormente perpassa pela formação de um sistema semiótico que por sua vez possui limitações e regras,

sobre as quais é possível destacar pelo menos 3 regras de conformidade para a sua construção, de acordo com Duval (2009, p. 55) são elas:

- A determinação das unidades elementares: símbolos, vocabulários;
- As combinações admissíveis das unidades elementares para formar unidades de nível superior, unidades significativas: regras de formação para um sistema formal e;
- As condições para que uma representação de ordem superior seja uma produção pertinente e completa: regras canônicas próprias a um gênero literário ou a um tipo de produção num registro.

Poderíamos concluir que para a formação de um sistema semiótico precisamos definir as suas unidades significativas, os elementos que caracterizam um determinado registro e nos permitem identificar o objeto (o conteúdo) que está sendo representado, definir regras que permitam perceber o limite desse registro, isto é, quando estamos realizando uma atividade de tratamento ou de conversão. Toda via, de acordo com Duval (2009, p. 56) a formação de representações semióticas é mais complexa que a aplicação das regras de conformidade.

As atividades de transformabilidades, **conversão** e **tratamento**, são duas atividades distintas. Sendo:

- a. A **conversão** é a atividade cognitiva caracterizada pela mudança do tipo de registro. De acordo com Duval (2009, p. 59):

“Converter é transformar a representação de um objeto, de uma situação ou de uma informação dada em um registro em uma representação desse mesmo objeto, dessa mesma situação ou da mesma informação em um outro registro. [...] são operações que a uma representação de um registro dado fazem corresponder uma outra representação num registro. [...] é uma transformação externa em relação ao registro da representação de partida.”

- b. O **tratamento** é a atividade cognitiva caracterizada pelo surgimento de uma nova representação, mas sem que haja a mudança no registro de representação podemos ainda dizer essa atividade está associada a possibilidade do interpretante (o sujeito) por um processo produzir algumas mudanças na representação visando tornar para si uma ideia confusa em uma ideia mais clara, para comunicá-la ou explorar novas informações. Duval (2009, p. 57-58) acrescenta ainda que:

“Um Tratamento é a transformação de uma representação obtida como dado inicial em uma representação considerada como terminal em relação a uma questão, a um problema ou a uma necessidade, [...]. Um tratamento é uma **transformação de representação interna a um registro** de representação ou a um sistema. O “cálculo” é um tratamento interno a um registro simbólico de algarismos e de letras: ele substitui novas expressões em expressões dadas no mesmo registro de escritura de números”

No contexto da física poderíamos entender esse “cálculo” como sendo uma conversão de unidade de medida. Valido salientar que Duval chama a atenção para o termo “cálculo”, pois nem sempre essa atividade é uma atividade de tratamento, em geral, o cálculo é uma combinação da atividade de conversão com a de tratamento. Por exemplo, quando a partir do enunciado de um problema obtemos informações sobre o valor de algumas variáveis (registro em linguagem materna) a serem associados a uma equação que descreve um fenômeno específico (registro algébrico), realizamos a atividade de conversão, mas em geral sempre precisamos fazer um cálculo para determinar o valor de uma grandeza não informada, nesse momento estaríamos realizando a atividade de tratamento.

De acordo com Duval (2009, p. 61) “A distinção dessas três atividades ligadas a *semiósis* é essencial, tanto para a análise cognitiva das tarefas quanto para a das condições de uma aprendizagem conceitual.” Além deste problema a atividade de conversão tem problemas atrelados a própria formação dos diferentes registros utilizados para um determinado objeto (conteúdo), sendo os principais deles a discriminação (especificação) das unidades significantes e a atividade de congruência, que se refere a possibilidade de se partir de um registro e chega em um novo registro com as informações que foram fornecidas.

A não satisfação dos critérios de congruência podem tornar a atividade de conversão impossível ou conduzir ao fracasso na tentativa da realização dela. Existem três critérios que nos permite estabelecer a congruência ou não entre dois registros de acordo com Duval (2009, p.68):

- a. Primeiro; a possibilidade de estabelecer uma correspondência de sentido entre os elementos significantes do registro de partida com os elementos significantes, esse critério ocorre quando o número de signos no registro de partida é o mesmo que no registro de chegada.
- b. Segundo: a univocidade semântica terminal: Esse critério exige que, nos problemas, deva existir uma só operação de correspondência entre os elementos significantes de cada registro.
- c. E, por fim, a organização das unidades significantes: as organizações respectivas das unidades significantes de duas representações comparadas conduzem a apreender nelas as unidades em correspondência semântica segundo a mesma ordem nas duas representações. Esse critério é útil para se comparar frases e fórmulas literais, sendo observado quando lemos o registro de partida no mesmo sentido que escrevemos o registro de chegada.

4.3 UM MÉTODO AVALIATIVO

Um olhar adequado à TRRS nos fornece pronto uma forma de mensurar o processo de aprendizagem dos discentes.

(...). A passagem de um sistema de representação semiótica a um outro ou a mobilização simultânea de vários sistemas de representação no decorrer de um mesmo percurso, fenômenos tão família e frequente no processo de ensino de física, não tem nada de evidente e de espontâneo para a maior parte dos alunos. Estes, frequentemente, não reconhecem o mesmo objeto através das representações que lhes podem ser dadas (...).” (Duval, 2009.)

Essas características e dificuldades sobre o ensino, apresentado na perspectiva do ensino de matemática, são comuns e inerentes ao ensino de física, os fenômenos físicos estudados e descritos, podem apresentar um registro de representação semiótica simbólico (algébrico), gráfico ou figural (ilustrativo). No entanto, os alunos não conseguem perceber que essas diferentes representações, diferentes sistemas semióticos, tratam do mesmo fenômeno e menos ainda que é possível sair de uma representação para a outra. Que existe uma conversão, uma equivalência entre essas representações. Todavia, essa equivalência torna-se espontânea quando há:

- Percepção do fenômeno e de suas características que podem ser representadas.
- Distinção de todas as características de cada representação contida em cada registro;
- Uma correspondência unívoca entre as unidades significantes de entrada e saída.

A constatação dessa aquisição, o desenvolvimento dessa capacidade cognitiva, definida por Duval (2009 p. 32) como operação cognitiva de conversão das representações, nos possibilitará concluir se houve aprendizagem por parte do aluno.

Portanto, a aprendizagem é consolidada quando o aluno consegue perceber as diferentes representações dadas a um mesmo objeto, mais uma vez conforme toda a construção da teoria semiótica temos uma tríade a qual chamarei de tríade da aprendizagem, conforme a figura 7.

Figura 7 - A aprendizagem de acordo com a teoria dos registros de representação.



Fonte: Autoria própria (2025).

Nesse contexto todo assunto que possui uma gama de representações poderá ser ensinado tendo como ajuste psicológico, mecanismo que favorece a ocorrência de aprendizagem a teoria duvaliana, pois de acordo com Duval (2009, p. 80).

“A diversificação dos registros de representação semiótica é a constante do desenvolvimento dos conhecimentos tanto sobre o ponto de vista individual quanto científico ou cultural. Sua importância para o funcionamento do pensamento é geralmente explicada pelas diferenças de custo ou de limitação para a função de tratamento, e por aquelas possibilidades de apresentar para a função de comunicação, que existem entre os registros.”

5 CINEMÁTICA

“O trabalho de muitas gerações demonstrou a existência de ordem e de regularidade nos fenômenos naturais, daquilo que chamamos de leis da Natureza. O estudo que ora iniciamos pode ser empreendido pelos mais diversos motivos, mas uma de suas maiores recompensas é uma melhor apreciação da simplicidade, beleza e harmonia dessas leis. É uma espécie de milagre, como disse Einstein: “O que a natureza tem de mais incompreensível é o fato de ser compreensível.” (Nussenzveig, 2002, p. 2).”

Ao estudarmos o movimento de sistemas físicos, podemos dividi-lo em duas partes, visando facilitar o entendimento, a primeira seria se preocupar com o porquê do movimento, o que gera o movimento, porque ele apresenta tal comportamento, essa parte denominamos de **Dinâmica**, a segunda parte seria uma análise que independe do porquê, do que gera o movimento, dando ênfase apenas ao que caracteriza esse movimento, essa parte denominamos de **Cinemática**.

Essas duas áreas unidas formam um conjunto de conhecimento desenvolvido, em grande parte, por Newton e Galileu entre o século XVII e o final do século XIX denominados de **Mecânica Clássica**, o estudo do movimento e as suas causas. Essa área da Física possui pelo menos três descrições matemáticas importantíssimas para as análises que se pretende fazer, a de Isaac Newton que foi reformulada por Leonhard Euler, a de Joseph-Louis Lagrange e a de William Rowan Hamilton.

Antes de estudarmos o porquê de um sistema físico se movimentar de certa forma e sua descrição matemática, é conveniente que saibamos como caracterizar e estudar um movimento. Nesse sentido definiremos os conceitos fundamentais da *cinemática*, do estudo do movimento sem levar em consideração as suas causas.

5.1 REFERENCIAL

Este conceito permite compreender todos os demais conceitos de cinemática e suas relativizações, de maneira simples, podemos defini-lo como o ponto a partir do qual realizamos observações. Por exemplo:

- Para os seres humanos o referencial são os sentidos. É a partir da visão, por exemplo, que observamos as características físicas (estatura, biotipo corporal, a forma e cor do cabelo etc.) de uma pessoa, toda via, também seria possível realizar essa observação, não com a mesma assertividade, usando o tato.

Na física o conceito de referencial teve sua definição ajustada ao longo da história, mas como destacaremos todas tem algo em comum, um ponto para o qual ou a partir do qual os objetos se movem. Uma das concepções mais antigas da qual se tem registro é a de Aristóteles,

onde o referencial era um “lugar natural” para onde os objetos tendiam a se mover, para o fogo por exemplo esse lugar era o ar, para as pedras e objetos pesados em geral era o centro da terra, ou seja, pra ele o referencial era algo absoluto (Leite; Andrade-Neto, 2023).

As concepções mais modernas e atualmente aceitas pela comunidade científica definem um referencial como sendo “um sistema de referência (ou referencial) é um padrão relativo ao qual o movimento e o repouso de corpos podem ser medidos” (Leite; Andrade-Neto, 2023, p. 4).

A grande diferença entre as concepções antigas de referencial como a de Aristóteles para as contemporâneas de Copérnico, Descartes e Newton é que o movimento pode ser igualmente descrito por observadores em diferentes pontos, isto é, da Terra ou do Sol, ou seja, o referencial não é algo absoluto.

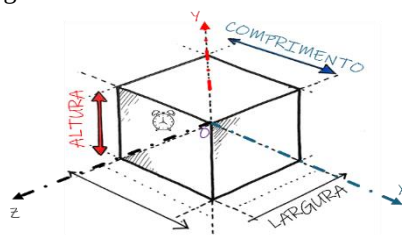
De maneira mais adequada para a cinemática, referencial é um observador, alguém ou algo capaz de realizar medidas a partir de uma certa localização espacial em relação a um observável, aquilo que está sendo visto, por exemplo:

- Tempo, deslocamento, distância, velocidade e aceleração.

Essas grandezas físicas, que definiremos mais a frente, nos permitirão caracterizar os movimentos uniforme e uniformemente variável e só podem ser definidas a partir de um referencial.

Comumente usamos um sistema de coordenadas⁸ cartesianas para realizarmos essas observações. Por exemplo, é a partir do sistema cartesiano podemos aferir as três medidas espaciais, chamadas no dia a dia de comprimento, largura e altura. Definimos um ponto de partida, um zero, e uma unidade de medida para o comprimento, em geral linhas sólidas, e a partir do zero realizamos as medidas em x (comprimento), y (largura) e z (altura). Portanto a única limitação que temos para o referencial não está associado ao lugar no espaço, mas apenas ao fato de que as grandezas envolvidas no movimento como espaço e tempo precisam ser grandezas observáveis, conforme ilustrado na figura 8.

Figura 8 - sistema de coordenadas cartesiano.



Fonte: Autoria própria (2025).

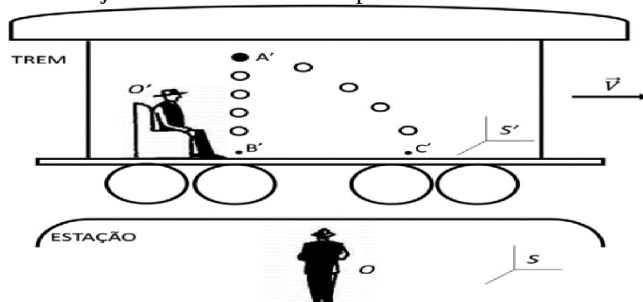
⁸O conceito de sistema de coordenadas será discutido mais adiante.

A possibilidade de descrever o mesmo fenômeno a partir de diferentes pontos de vista leva à constatação de que a descrição do movimento feita por um observador parado ou por um observador em movimento retilíneo uniforme é equivalente. Esse conjunto de observadores constitui o que chamamos de referencial inercial.

5.1.1 Referenciais inerciais

É o nome dado aos observadores que se movem com velocidade constante ou encontram-se em repouso em relação àquilo que é observável. Todavia, dado um certo referencial inercial, qualquer outro referencial que se mova com velocidade constante em relação ao primeiro é também um referencial inercial, isto é, a lei de inércia é válida no novo referencial. Assim torna-se necessário definir o que é intrínseco ao fenômeno e o que relativo ao observador, para explicarmos essas implicações utilizaremos o exemplo de Leite; Neto (2023). Observemos a figura 9.

Imagem 1 - As diferentes trajetórias da esfera vistas pelos observadores dentro do trem e na estação.



Fonte: Leite; Andrade-Neto (2023)

Para o observador a bordo do trem o objeto realiza uma trajetória retilínea sai do ponto A' e cai em B', para o observador fora do trem o objeto realiza uma trajetória em arco de parábola sai de A' e cai em C', isto é, a trajetória é relativa ao observador, todavia o tempo de queda do objeto é igual para os dois, logo ele seria intrínseco ao fenômeno.

Por fim, a outro grupo de referenciais, os ditos não inercias.

5.1.2 Referenciais não inerciais

Os não inerciais, são observadores que possuem aceleração não nula (Costa; Campomanes; Heidemann, 2024).

Um exemplo de referencial não inercial é a própria terra ela está girando em torno de si mesmo (rotação) e está transladando no entorno do Sol (translação). Esses referenciais apresentam como uma de suas principais consequências o surgimento de forças fictícias.

Todavia, esses referencias não são objetos de investigação em dá presente dissertação. Assim, encerramos esta discussão.

Em física para definirmos uma localização espacial, um ponto no espaço, é necessário o auxílio de um sistema de coordenadas. Antes, de nos aprofundarmos na temática, é necessário definirmos o que é grandeza física e os seus tipos.

5.2 GRANDEZAS FÍSICAS

A palavra grandeza é utilizada para qualquer coisa que se possa contar ou medir.

Definimos grandezas físicas como sendo tudo aquilo que se pode medir ou contar dentro de um fenômeno físico ou químico. Por exemplo:

- Volume; Comprimento; Tempo; Deslocamento; Velocidade e; Aceleração.

Essas grandezas físicas são divididas em dois grupos:

a. Grandezas físicas escalares são aquelas que conseguem fornecer uma informação completa com apenas um número e uma unidade de medida, o que definimos como módulo ou intensidade, exemplo:

- *Júlia possui uma garrafinha de água de 500 ml. Com essa informação, o número 500 e a unidade de medida ml, temos a informação completa sobre a capacidade do volume de água que a garrafinha dela pode armazenar.* Isto é, para darmos uma informação completa sobre essa grandeza basta informamos o módulo dela, portanto é uma grandeza escalar.

b. Grandezas físicas vetoriais são aquelas que necessitam de um módulo, de uma direção e de um sentido para fornecer uma informação completa. Por exemplo:

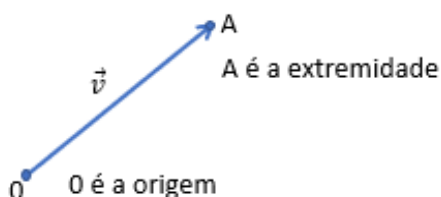
- Suponhamos que na maior avenida de Manaus-AM, avenida Governador José Lindoso, tenha em cada uma de suas extremidades, respectivamente uma igreja e um shopping. Suponha agora que uma pessoa está no meio desta avenida, num ponto a partir do qual a distância para chegar ao shopping ou a igreja é a mesma, ao andar 3 km, ela estará mais próxima da igreja ou do shopping? É impossível responder essa pergunta porque apenas o módulo não é capaz de fornecer uma informação completa sobre uma grandeza vetorial, neste caso o deslocamento.

No estudo de movimento, do ponto de vista físico, umas das principais ferramentas matemáticas utilizadas são os vetores, que são utilizados para representar as grandezas físicas vetoriais.

5.3 NOÇÕES BÁSICAS SOBRE VETORES

Definimos um vetor como sendo um segmento de reta orientado, objetivando unir dois pontos quaisquer e nos fornece a ideia de qual foi o ponto de partida (a origem) e o ponto de chegada (o fim). Além disso, denota-se (representa-se) também uma grandeza vetorial por uma letra com uma seta, conforme figura 10.

Figura 9 - Representação de um vetor.



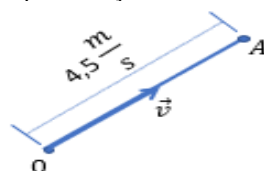
Fonte: Autoria própria (2025).

Na figura 10, o $\vec{v}$ serve para denotar que estamos falando da grandeza física vetorial denominada de velocidade, essa seta sobre a letra que representa a grandeza física tem a função de nós informa que está grandeza física é uma grandeza vetorial. O vetor (a representação gráfica/ desenho do segmento de reta com a seta), tem por uma de suas finalidades nos informa a extremidade, local para onde a seta está apontando, e a origem, lado oposto a seta.

Essa representação gráfica, é utilizado para representar as três características de uma grandeza física vetorial, seu módulo, sua direção e seu sentido. Cada um dos três elementos que constituem um vetor, o comprimento do segmento de reta, o segmento de reta em si e a seta, são utilizados para representar uma das características de uma grandeza vetorial.

a. **MÓDULO OU INTENSIDADE:** É comumente representada por um número e uma unidade de medida. No caso da representação por meio de vetores, ela é representada pelo comprimento da reta, conforme figura 11.

Figura 10 - Representação do módulo de um vetor



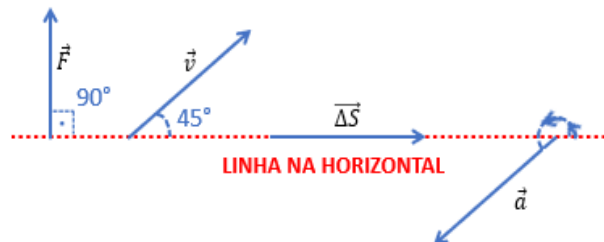
Fonte: Autoria própria (2025).

O valor numérico do módulo ou intensidade, é representado pela distância entre a origem (ponto O) e a extremidade do vetor (ponto A), conforme a figura 9 ilustra. Para representados que estamos falando apenas do módulo de uma grandeza física, usamos duas

representações $|\vec{v}|$ ou simplesmente v , isto é a representação vetorial da grandeza com o símbolo do módulo ou apenas a letra que representa a grandeza física.

b. **DIREÇÃO:** É representada pelo ângulo que o segmento de reta do vetor faz com a reta horizontal, conforme figura 12.

Figura 11 - Como definimos a direção de um vetor.

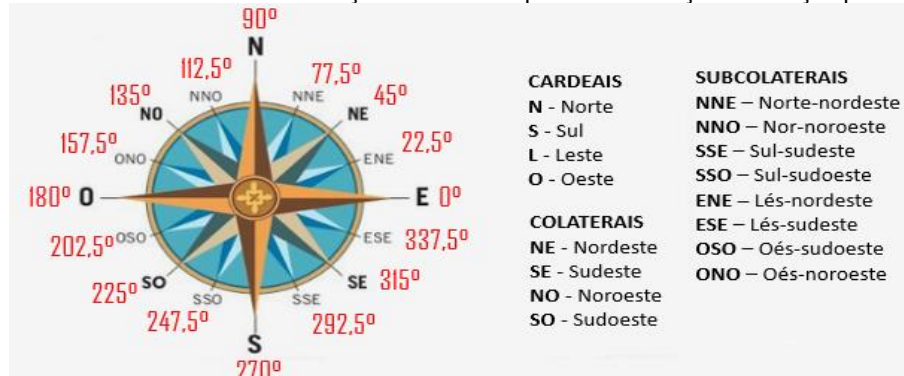


Fonte: Autoria própria (2025).

Para definirmos o ângulo que o vetor formar com a horizontal, traçamos um arco de círculo, partindo da direita da reta horizontal, após o ponto onde o vetor se origina, até chegarmos à semirreta que formar o vetor, conforme feito para o vetor $\vec{a}$, figura 12. Quando o vetor está sob a horizontal, como $\overrightarrow{AS}$ na figura 12, o ângulo entre o mesmo e a horizontal será 0° ou 180° , e em ambos os casos diremos que o vetor está na direção horizontal. Semelhantemente, falaremos que o vetor está na direção vertical, como o $\vec{F}$ na figura 12, quando o vetor formar um ângulo de 90° ou 270° com a horizontal.

O uso da ideia de direção é muito comum em nosso dia a dia, porém usamos esse conceito de maneira intuitiva e quase que automática. Um exemplo da aplicação do uso deste conceito, é a definição das direções usando os pontos cardeais. A direção vertical, por exemplo, é a reta que une os polos (pontos cardeais) norte e sul, enquanto a direção horizontal é a reta que une os polos (pontos cardeais) leste e oeste, conforme a figura 13.

Figura 12 - Rosa dos ventos com direções definidas a partir da definição de direção para vetores.



Fonte: Autoria própria (2025).⁹

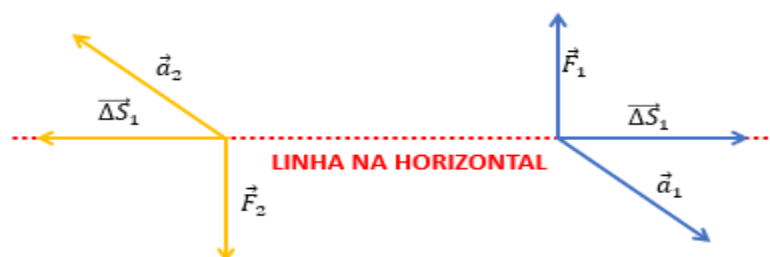
⁹ Montagem a partir da imagem retirada disponível em <https://br.pinterest.com/pin/716705728173641344/>, acessada em 17 de março de 2024.

Note que o vetor que tem origem no Oeste e aponta para o leste está na direção 0° , isto é, quando definimos direção em física, implicitamente estamos falando em algo semelhante aos deslocamentos sobre a superfície terrestre que definimos ao estudarmos os pontos cardeais em geografia.

c. **SENTIDO:** É indicado pela ponta da seta que forma o vetor. Em física a ideia de sentido é indissociável da ideia de direção, sendo o sentido o lado para o qual estamos nos movimentando dentro de uma direção, imaginemos a rosa dos ventos da figura 13, na direção Norte-Sul ou simplesmente direção vertical, podemos ir para o norte ou para o sul, para cima ou para baixo, na direção Leste-Oeste ou horizontal, podemos ir para leste ou para o sul, para esquerda ou para direita. Note que em toda direção é possível se movimentar em dois sentidos.

No contexto da física, definimos sentido como sendo positivo ou negativo, para definirmos este fato convencionamos que para direita, cima e frente, o sentido é positivo, para esquerda, baixo e trás, o sentido é negativo. Observemos a figura 14.

Figura 13 - Ilustração de Vetores em diferentes sentidos



Fonte: Autoria própria (2025).

Os vetores $\vec{F}_1$, $\overrightarrow{\Delta S}_1$, estão no sentido positivo, e os vetores $\vec{F}_2$, $\overrightarrow{\Delta S}_2$, estão no sentido negativo em suas respectivas direções. Para definirmos o sentido dos vetores $\vec{a}_1$ e $\vec{a}_2$, precisaríamos entender que todo vetor pode ser escrito com a soma de outros dois vetores, sendo um na direção horizontal e outro na vertical, mas como não estudaremos o movimento bidimensional (em duas dimensões) não entraremos em muitos detalhes.

Podemos ter uma noção muito assertiva sobre como definimos o sentido para vetores que não estão completamente sobre a horizontal ou sobre a vertical, sabendo que definimos o sentido para horizontal e para vertical de forma independente. Pois como bem afirmar o Princípio de Galileu ou simplesmente Princípio de independência dos movimentos que afirma haver independência entre os movimentos que ocorrem em diferentes direções, desde que não haja interações entre eles. Isto é, o deslocamento simultâneo de um objeto em mais de uma direção, podem ser tratados separadamente, como se fossem dois movimentos independentes.

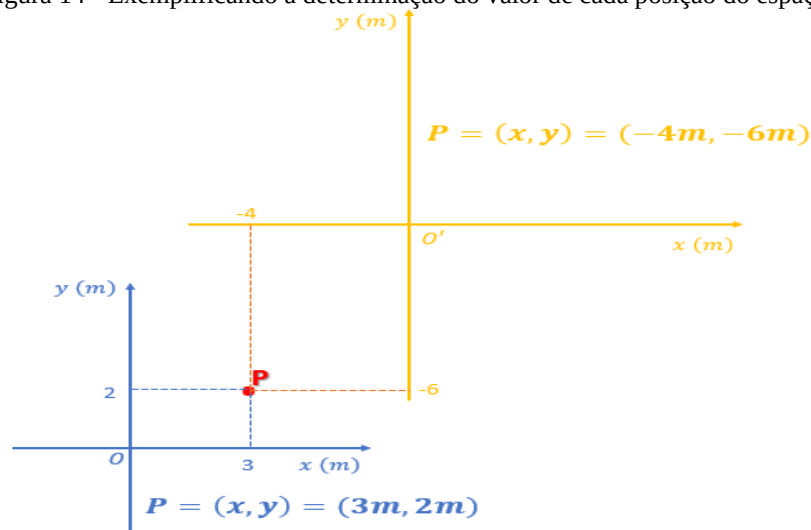
Na figura 13, por exemplo, diríamos que em relação a horizontal $\vec{a}_1$ está no sentido positivo e $\vec{a}_2$ no sentido negativo. Assim como dizemos que em relação a vertical o vetor $\vec{a}_2$ está no sentido positivo e $\vec{a}_1$ no sentido negativo.

5.4 SISTEMAS DE COORDENADAS

Como dito anteriormente, para medirmos distâncias, ângulos, posição, entre outros, é necessário fixar a posição de um ponto no espaço, em relação a um referencial, para tal intuito utilizaremos um **sistema de coordenadas** que de maneira sucinta pode ser definido como uma regra que nos permite quantificar, atribuir valor, a cada ponto do espaço um valor específico, medindo a distância entre a origem do sistema de coordenadas e o ponto em observação, por exemplo.

Um dos casos mais simples de se fazê-lo é o do movimento em duas dimensões, bidimensional, para facilitar a visualização, o movimento em uma superfície plana, que supõe familiaridade com o plano cartesiano, onde escolhe-se arbitrariamente uma origem O e duas retas, perpendiculares entre si, de tal forma que este ponto O é o ponto de interseção entre as retas. Essas retas dão origem ao eixo das abscissas, eixo X , uma reta na horizontal, e o eixo das ordenadas, o eixo Y , uma reta na vertical. Determinarmos a posição de um outro ponto P qualquer, usando como referencial o ponto O , medindo a distância do ponto P em relação ao ponto O na horizontal e na vertical, essa é a regra que o sistema de coordenadas cartesiano define para atribuímos um valor para a posição de um ponto qualquer, conforme a imagem abaixo.

Figura 14 - Exemplificando a determinação do valor de cada posição do espaço



Fonte: Autoria própria (2025).

Na imagem acima temos para a posição P, adotando como referencial o ponto O, $P = (x, y) = (3m, 2m)$ e para o referencial O' $P = (x, y) = (-4m, -6m)$.

É válido salientar novamente, que na física ir para cima, seria ir para o sentido (+) e ir para baixo seria ir para o sentido (-), este fato é apenas uma conversação baseada em como os números aparecem no sistema de coordenadas cartesianas a partir do número zero, para cima eles são positivos e para baixo eles são negativos. Usando essa mesma lógica definimos que direita, é o sentido positivo, e esquerda é o sentido negativo, como já frisamos anteriormente.

É importante salientar que se a distância entre o sistema de coordenadas e o observador não se alterar, a observação feita por ambos será a mesma, logo podemos adotar o sistema de coordenadas como o nosso referencial, a partir do momento em que escolhemos um sistema de coordenadas, por conseguinte definimos um referencial. Além disso, o ponto de origem escolhido arbitrariamente é o nosso **referencial**, ponto a partir do qual realizamos observações.

5.5 VETOR POSIÇÃO ($\vec{r}$)

Apesar dos conceitos de referencial, sistema de coordenadas e posição estarem intimamente relacionados, é válido salientar que são conceitos distintos. A posição é somente o valor que cada ponto do espaço recebe de acordo com um sistema de coordenadas. Notemos que este conceito é relativo ao referencial. Logo um mesmo ponto no espaço, dado diferentes sistema de coordenadas, pode receber diferentes valores, dependendo do referencial.

Quando analisamos fenômenos associados ao movimento, automaticamente estamos analisando um conjunto de dados que relaciona o valor da posição com o valor do tempo, isto é, um conjunto de dados $\vec{r}(t)$, onde:

$$\vec{r}(t) \equiv \text{posição em um dado instante de tempo}$$

Para o caso do sistema de coordenadas cartesiano, em 3 dimensões definiremos nosso vetor posição:

$$\vec{r}(t) \equiv (x, y, z) \quad \text{eq. (1)}$$

ou

$$\vec{r}(t) = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k} \quad \text{eq. (2)}$$

Onde:

x é a componente do vetor na direção X, $\hat{i}$ é a vetor unitário da direção X

y é a componente do vetor na direção Y, $\hat{j}$ é a vetor unitário da direção Y

z é a componente do vetor na direção Z, $\hat{k}$ é a vetor unitário da direção Z

De maneira mais geral, definimos:

$$x = r_1; y = r_2; z = r_3; \hat{i} = \hat{e}_1; \hat{j} = \hat{e}_2; \hat{k} = \hat{e}_3$$

Assim, podemos reescrever o vetor posição da equação (2), como sendo:

$$\vec{r}(t) = \sum_{i=1}^3 r_i \hat{e}_i \quad eq. (3)$$

Ou simplesmente considerando a conversão de Einstein, que impõe que a repetição do índice i sugere um somatório que vá de 1 a 3, assim:

$$\vec{r}(t) = r_i \hat{e}_i \quad eq. (4)$$

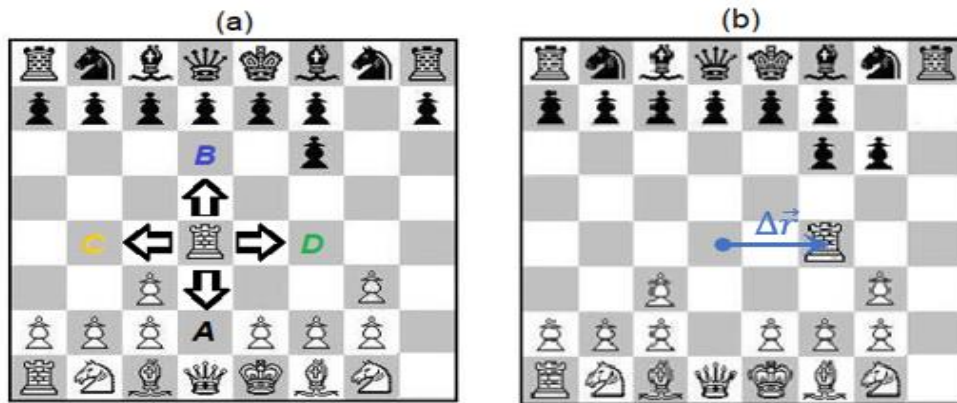
5.6 DESLOCAMENTO OU VARIAÇÃO DA POSIÇÃO ($\Delta\vec{r}$)

É a diferença entre a posição final $\vec{r}(t)$, a posição no instante qualquer de tempo, e a posição inicial $\vec{r}(t_0)$, a posição no início do movimento, medido a partir de um referencial escolhido. Analiticamente:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}(t) - \vec{r}(t_0) \quad eq. (5)$$

Note que essa é uma grandeza física vetorial, pois para fornecer uma informação completa, ela necessita de um módulo, uma direção e um sentido. Suponhamos, por exemplo, uma partida de xadrez, conforme a figura 16 (a), ao afirmarmos que a torre, na posição X, irá se mover duas casas, considerando as regras do jogo, não poderíamos precisar em qual posição ela iria parar, pois existirão, de acordo com a imagem, quatro possibilidades, os pontos A, B, C e D. Mas se dissermos que a torre se moverá por duas casas para a esquerda poderíamos precisar que ela chegaria na posição D, conforme a figura 16 (b).

Figura 15. (a) As diferentes possibilidades de deslocamento de uma torre em um tabuleiro de xadrez, (b) A posição da torre após mover-se duas casas para a esquerda.



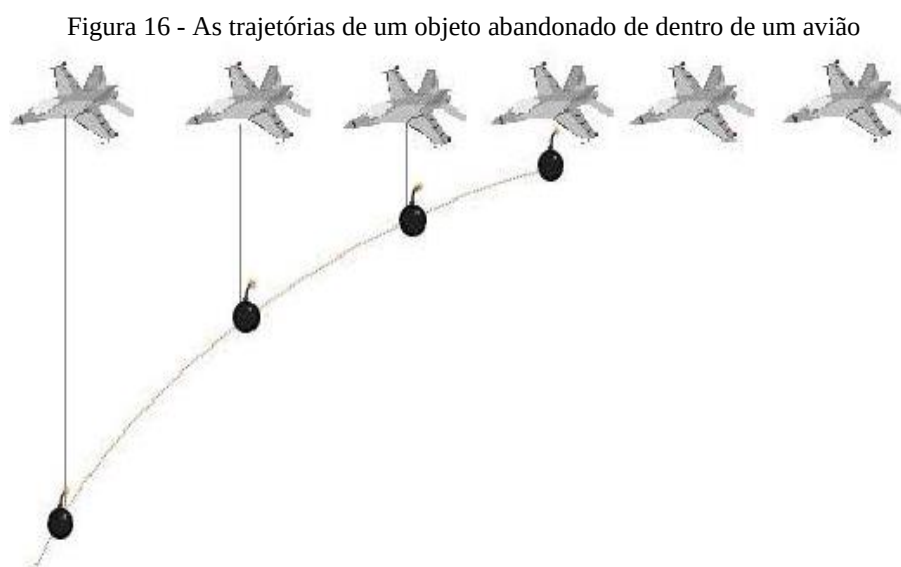
Fonte: Autoria própria (2025).¹⁰

¹⁰ Montagem a partir da imagem existente, disponível em <<https://encr.pw/ZZyLK>>, acessada em 18 de março de 2024.

Apesar de não termos falado explicitamente sobre direção, precisamos lembrar que quando falamos de sentido (esquerda ou direita, subir ou descer, frente ou trás) estamos implicitamente falando de direção, visto que o sentido são as duas distintas possibilidades de se mover em uma direção.

5.7 TRAJETÓRIA

É a linha que une todos as posições ocupadas por um corpo ao longo do espaço, este conceito também é relativo a um referencial, um exemplo muito comum para ilustrar essa situação é a observação da queda de dentro de um avião. Adotando como referencial, o avião, notamos que o corpo realiza uma trajetória retilínea, adotando como referencial um observador em repouso em relação à terra, observamos uma trajetória parabólica. Conforme a imagem abaixo.



Fonte: <https://acesse.one/J6Rul> (2024)

Experimentalmente ainda não há mecanismo que nos possibilitem saber a trajetória por completo, no máximo o que conseguimos fazer em laboratório, é tornar o intervalo de tempo que levamos para observar as posições em sequência muito curto, na casa dos milésimos de segundos. Todavia, teoricamente essa não é uma missão tão complexa utilizando as Leis de Newton, podemos fazer isto em inúmeros casos.

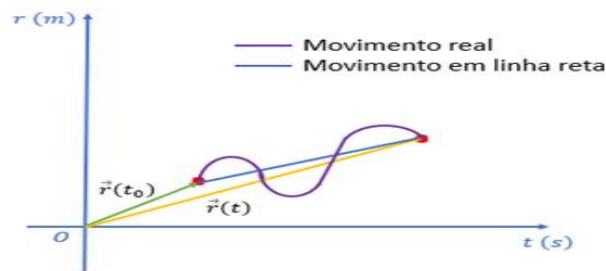
5.8 VELOCIDADE MÉDIA E INSTANTÂNEA

Suponhamos que tenhamos a informação sobre a trajetória de um corpo entre dois instantes de tempo, linha em roxo figura 18. Definiremos velocidade média ($\vec{v}_m$) como a variação da posição num dado instante de tempo, analiticamente:

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad \text{eq. (6)}$$

Geometricamente a velocidade média é a inclinação da linha reta que une as posições iniciais e finais, a linha em azul na figura 18.

Figura 17 - Gráfico da posição pelo tempo de um móvel qualquer.

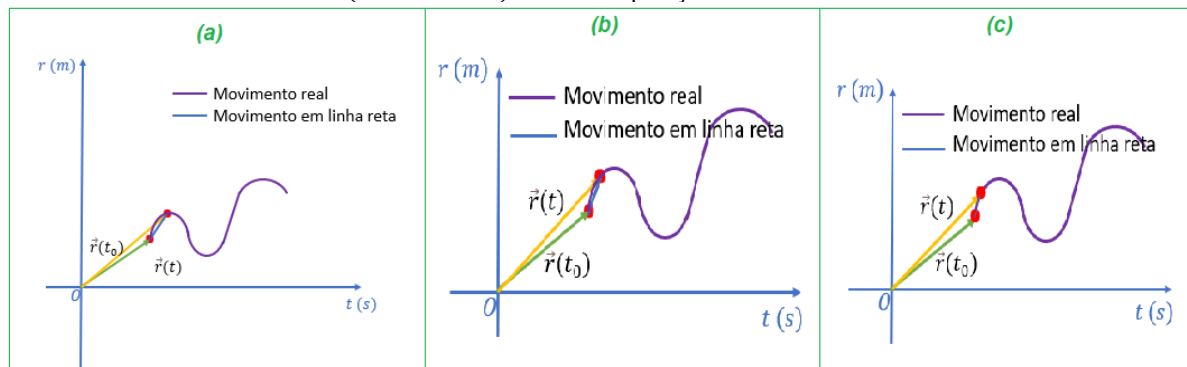


Fonte: Autoria própria (2025).

Todavia, não sabemos o que aconteceu entre os instantes iniciais e finais, em outras palavras podemos dizer que velocidade média seria a velocidade que deveríamos manter constante entre as posições, a fim de realizarmos este deslocamento no intervalo de tempo decorrido. Para entendermos o que aconteceu entre esses dois instantes de tempo, seria necessário determinar a velocidade instantânea ($\vec{v}(t)$), a velocidade em cada um dos pontos da trajetória real.

De maneira objetiva se o movimento real do corpo fosse descrito pela linha em azul, e não pela linha roxo, não haveria essa necessidade. Observemos a figura 19.

Figura 18 - Comparação entre a trajetória real (linha em roxo) e a reta que a inclinação determina a velocidade média (linha em azul) entre duas posições de um observável.



Fonte: Autoria própria (2025).

De acordo com as figuras 19 (a), 19 (b) e 19 (c) ao diminuirmos a distância entre as posições, percebemos que a reta que descreve o movimento real (linha em roxo) e a reta cuja inclinação fornece a velocidade média do movimento (linha em azul) tendem a se sobrepor como na figura 19(c). Partindo dessa observação geométrica podemos definir, analiticamente, que a velocidade instantânea é dada por:

$$\vec{v} = \lim_{t \rightarrow t_0} \frac{\vec{r}(t) - \vec{r}(t_0)}{t - t_0} \quad eq. (7)$$

Definindo:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} \quad eq. (8)$$

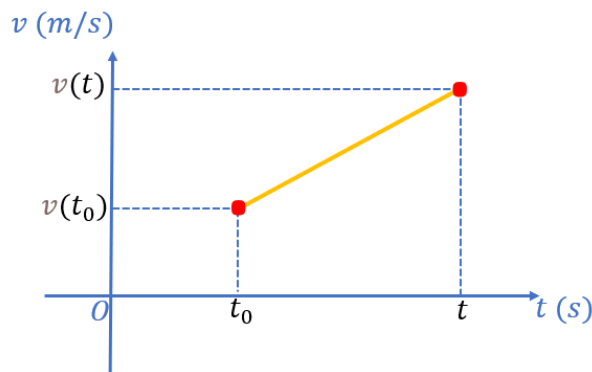
Essa é a definição analítica de velocidade instantânea, a taxa de variação da posição. Geometricamente podemos definir a velocidade instantânea com a inclinação da reta que tangência a curva que descreve o movimento ponto a ponto.

5.9 ACELERAÇÃO MÉDIA E INSTANTÂNEA

A aceleração é uma grandeza física essencial para entender tanto o movimento com a origem do movimento, através desta determinamos tanto a cinemática quanto a dinâmica simultaneamente.

Na cinemática buscamos compreender a evolução temporal do movimento. Em geral, tanto a posição como a velocidade, grandezas que nos permitem descrever um movimento, podem variar ao longo do tempo. Ao analisarmos, por exemplo, o gráfico que descreve a evolução temporal da velocidade de um determinado sistema físico, conforme a figura 20.

Figura 19 - Gráfico da velocidade em função do tempo para um corpo.



Fonte: Autoria Própria (2025).

Na figura 20, percebemos uma variação da velocidade ao longo do tempo. Em física, a **aceleração** é a grandeza que quantifica a variação da velocidade em função do tempo. Sabemos que conhecendo o valor inicial de uma grandeza e a forma como ela varia é possível determinar

seu valor em qualquer instante de tempo. Analogamente ao raciocínio estabelecido para construir a noção de velocidade média, podemos empregar para definirmos a média de como a velocidade varia, a **aceleração média** ($\vec{a}_m$), isto é:

Fixando um intervalo de tempo (Δt), podemos observar como a velocidade muda. Considerando que conheçamos os pares velocidades e tempo no instante inicial e final, teríamos:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}(t) - \vec{v}(t_0)}{t - t_0} \quad (eq. 9)$$

Geometricamente, a aceleração média é a inclinação da reta que liga a velocidade no tempo inicial e a velocidade no instante final. Observamos por outro, lado que assim como acontece com a velocidade e a velocidade instantânea que passa a ser a inclinação da mesma reta à medida que reduzimos o intervalo de tempo entre as velocidades iniciais e finais, acontece com a aceleração média e a **aceleração instantânea** ($\vec{a}$), à medida que diminuimos o tempo entre a aceleração entre dois instantes quaisquer, a inclinação da reta que descreve a aceleração média e a que descreve a aceleração instantânea passa a ser a mesma. Algebricamente temos:

$$\vec{a} = \lim_{t \rightarrow t_0} \frac{\vec{v}(t) - \vec{v}(t_0)}{t - t_0} \Rightarrow \vec{a} = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} \quad (eq. 10)$$

Geometricamente, a aceleração instantânea é a inclinação da reta que tangencia a curva do gráfico ($v \times t$) em um ponto qualquer.

Geometricamente a segunda derivada da posição é um ponto de mínima ou de máxima. Analisando o gráfico da posição pelo tempo, concluiremos que a concavidade para cima indica que a aceleração é positiva e a concavidade está voltada pra baixo a aceleração é negativa, quando não houve concavidade neste gráfico significa que a aceleração é nula.

5.10 MOVIMENTO E REPOUSO

No cotidiano o termo movimento está associado ao ator de se mexer, mover-se, de modificar sua posição, e a termo repouso está associado ao ator de estar descansando, parado, inerte. Assim, são termos absolutos e expressam ideias opostas. Em física estes conceitos também expressão ideias opostas, no entanto, no contexto da física esses conceitos são relativos e não absolutos. Estes termos são relativos a um referencial, isto é, não podemos definir se um corpo está em movimento ou em repouso sem definirmos um referencial. Na Física, definimos que um corpo está em **movimento** quando a distância entre o referencial e o observável varia ao longo do tempo, e em **repouso** quando a distância entre o referencial e o observador não se alterar.

Apesar dessa ideia fugir do nosso senso comum, de acordo com a nossa definição torna-se possível que observadores distintos afirmem que um corpo está ao mesmo tempo em repouso e em movimento, pois isto depende do observador, para um o corpo pode estar em repouso e para o outro o corpo pode estar em movimento, exemplo:

- Uma moto é conduzida por um rapaz que leva uma garota na garupa da moto, do ponto de vista da física o rapaz está em repouso em relação a moça, pois a distância entre os dois não se altera. Entretanto, para um rapaz sentado em um banco de uma praça que consegue ver a moto passando pela avenida ou rua, ele estará em movimento.

5.11 PONTO MATERIAL E CORPO EXTENSO

Ao estudarmos o movimento estaremos observando corpos em movimento, corpos esse que em muitos momentos chamamos de móvel ou objeto, e todo objeto possui dimensões ocupa lugar no universo, mas quando falarmos em movimento estaremos observando um corpo se movendo em relação a uma determinada trajetória, percorrendo distâncias. Ao compararmos as dimensões dos objetos com a trajetória que ele percorreu ou irá percorrer, poderemos chegar a duas conclusões:

- a. As dimensões são muito menores, isto é, desprezíveis. Estes corpos chamaremos de **ponto material** ou;
- b. As dimensões dos corpos não serão desprezíveis. Estes corpos chamaremos de **corpo extenso**.

5.12 ALGUNS DOS TIPOS DE MOVIMENTOS DESCRITOS PELA FÍSICA

A Física explora uma variedade de formas de movimento, desde o deslocamento ordenado de objetos até o comportamento aleatório de partículas. O **movimento retilíneo uniforme (MRU)**, caracterizado por um corpo deslocando-se em linha reta com velocidade constante, como um trem em um trecho reto e plano com velocidade inalterada, representa a forma mais simples de descrever matematicamente, envolvendo apenas a relação direta entre distância, velocidade e tempo. Em seguida, o **movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV)** introduz a aceleração constante ao longo de uma trajetória reta, como um carro acelerando ou freando de maneira uniforme, cuja descrição matemática inclui a variação da velocidade com o tempo.

Outra forma fundamental é o **movimento circular uniforme (MCU)**, onde um corpo descreve uma trajetória circular com velocidade escalar constante, exemplificado pela órbita

(aproximadamente circular) de um satélite ao redor da Terra. O **movimento harmônico simples (MHS)** descreve oscilações periódicas, como o vai e vem de uma massa presa a uma mola. Adicionalmente, existe o **movimento browniano**, que se refere ao movimento aleatório e ziguezagueante de partículas microscópicas suspensas em um fluido (líquido ou gás), resultado das colisões com as moléculas do fluido em constante agitação térmica, como grãos de pólen na água observados ao microscópio. Embora o movimento browniano seja estatístico e aparentemente caótico, ele também pode ser descrito e modelado pela Física, embora com ferramentas probabilísticas. Contudo, o MRU e o MRUV permanecem os mais básicos e acessíveis à descrição matemática inicial no estudo da cinemática.

5.13 MOVIMENTO UNIDIMENSIONAL

Sempre que pretendemos estudar qualquer sistema física, buscamos dar a ele o maior número de simplificações possíveis para torná-lo o menos complexo possível, a fim de determinar a solução do sistema para o caso mais simples. Partindo desta resposta conhecida, aumenta-se gradativamente a complexidade do sistema, pois nossas respostas deveram ser condizentes com o caso mais simples o que nos permitirá verificar se nossa proposta de solução está adequada ou não.

No caso do estudo do movimento, o caso mais simples é movimento em uma dimensão ou unidimensional (1D) é o nosso ponto de partida, uma vez que de acordo com o princípio de galileu descoberto em seus estudos de movimentos bidimensionais, o movimento em cada uma das dimensões é independente, logo poderemos analisá-los de maneira isolada.

A fim de descrevermos qualquer tipo de movimento, é necessário de definirmos um referencial, “no caso unidimensional, é simplesmente uma reta orientada em que se escolhe a origem 0, e a posição da partícula em um instante t qualquer será a abscissa correspondente $x(t)$.” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 23). Nesse contexto de uma dimensão, do movimento em linha reta poderíamos reescrever as equações (4), (8), (10), como segue:

$$\vec{r}(t) = x(t) = x \quad eq. 11$$

$$\vec{v}(t) = \dot{x}(t) = \dot{x} \quad eq. 12$$

$$\vec{a}(t) = \ddot{x}(t) = \ddot{x} \quad eq. 13$$

5.14 MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU)

O movimento retilíneo uniforme é caracterizado pelo fato de o vetor velocidade instantânea ser constante, isto é, ele não muda nem seu módulo, nem sua direção, nem seu

sentido. Mais essencialmente poderíamos dizer que percursos iguais, são descritos em intervalos de tempos iguais. O fato dá velocidade ser constante, nos permite inferir que a velocidade média é igual a velocidade instantânea. Considerando o caso unidimensional teríamos:

$$\dot{x} = \frac{x - x_0}{t - t_0} \quad eq. 14$$

A eq. 14 pode ser reescrita como:

$$x = x_0 + \dot{x}(t - t_0) \quad eq. 15$$

A equação (15) é definida como a função horária da posição para o MU. Ao analisamos o gráfico da posição pelo tempo, perceberemos que o resultado obtido para a área do gráfico, também pode ser obtida pela manipulação da equação (15), fato que nos permite concluir que a área subscrita no gráfico x por t é numericamente igual a variação da posição.

5.15 MOVIMENTO RETÍLINEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV)

Este movimento é caracterizado pelo fato de a aceleração ser constante e diferente de zero ao longo do tempo, isto é:

$$\ddot{x} = a = \text{constante}$$

Assim, sendo a aceleração instantânea passa a ser a própria aceleração média, portanto:

$$\ddot{x} = \frac{\dot{x} - \dot{x}(t_0)}{t - t_0} \quad eq. 16$$

Definindo que:

$$\dot{x}(t_0) = v_0 \equiv \text{velocidade inicial}$$

Podemos reescrever a equação como sendo uma EDO linear de primeira ordem, como segue:

$$\dot{x} = v_0 + a(t - t_0) \quad eq. 17$$

A equação (17) é interpretada como a equação horária da velocidade no MUV. Além de explicitar que a velocidade é uma função linear do tempo neste tipo de movimento.

Geometricamente ao analisarmos o gráfico da aceleração em função do tempo, conforme a figura ao lado, constatamos que o resultado obtido para a área abaixo do gráfico é o mesmo obtido pela manipulação da equação (17) quando reescrita de modo a explicitar a variação da velocidade. Portanto, a área abaixo da curva do gráfico a x t é a variação da velocidade no MUV.

A velocidade média para este movimento pode ser obtida a partir da média aritmética das velocidades nos extremos dos instantes de tempo, isto é:

$$v_m = \frac{v(t_1) + v(t_2)}{2} \quad eq.18$$

Para resolvermos a EDO que representa a função horária da velocidade, podemos aplicar o método de separação de variáveis, do qual obteremos:

$$\int_{x(t_0)}^{x(t)} dx = v_0 \int_{t_0}^t dt' + a \int_{t_0}^t (t' - t_0) dt' \quad eq.19$$

$$x(t) - x(t_0) = v_0(t - t_0) + \frac{a}{2}(t - t_0)^2 \quad eq.20$$

Podemos reescrever a eq. (20) como segue:

$$x(t) = x(t_0) + v_0(t - t_0) + \frac{a}{2}(t - t_0)^2 \quad eq.21$$

Está é a equação horária da posição em função do tempo no MUV. Explicitando a dependência quadrática da posição pelo tempo. Interessante salientar que ao analisarmos o gráfico da velocidade pelo tempo para MUV, notamos que a área abaixo do gráfico $v \times t$, resulta exatamente nos permite obter a mesma função que obtemos ao manipularmos a equação (21). O que nos permite concluir que a interpretação geométrica do gráfico $v \times t$ é a variação da posição do MUV.

6 METODOLOGIA DE PESQUISA

A investigação proposta tem enfoque qualitativo, visando entender, descrever e explicar os ganhos no processo de ensino aprendizagem proposto oriundos de uma metodologia de ensino baseada na teoria de aprendizagem de Raymond Duval. Para isso, analisou-se os resultados da implementação dessa metodologia em um ambiente real de aprendizagem, as interações e comunicações que se desenvolveram neste ambiente (Gibbs, 2009).

Para desenvolvermos esse estudo, utilizou-se uma abordagem de pesquisa de campo. Nest investigação prezamos pela contextualização para a compreensão do problema de pesquisa, pois a investigação tem como eixo central os desdobramentos decorrentes do processo de ensino-aprendizagem imersa no contexto educacional que lhe é própria: a sala de aula (Leite; Vasconcellos, 2007). Além disso, a imersão no ambiente de aprendizagem permitiu a observação direta dos desdobramentos do processo de ensino-aprendizagem e investigar a relação entre professor, método de ensino e a aprendizagem do aluno, elementos centrais da pesquisa de campo (Kroef; Gavillon; Ramm, 2020).

No que concerne aos instrumentos de coleta aplicamos dois testes de verificação de aprendizagem, intitulados “Avaliando a aprendizagem do movimento retilíneo uniforme à luz da teoria dos registros de representação semiótica”, apêndice A, e “Avaliando a aprendizagem do movimento retilíneo uniformemente variado à luz da teoria dos registros de representação semiótica”, apêndice B. Composto por 3 questões discursivas e 2 questões objetivas. Os testes visam fornecer indícios de aprendizagem de acordo com a teoria duvaliana, permitindo estudar as atividades cognitivas de conversão, tratamento e coordenação.

A pesquisa foi realizada no 1º Colégio Militar da Polícia Militar do Amazonas que pertence a rede pública do estado do Amazonas e está localizado na Rua Antônio Passos de Miranda, s/n, esquina da Codajás- Petrópolis- Manaus-AM- 69063-180. Os alunos participantes desta foram do 9º do ensino fundamental II que compuseram dois grupos: **grupo de intervenção**, formado por duas turmas cada uma com 36 alunos, e o **grupo de controle**, formado por duas turmas, uma com 36 e outra com 38 alunos. Todos os alunos destas turmas tinham idade entre 13 e 15 anos, todos estudando a pelo menos 3 anos na escola.

A escolha dessas turmas se deu pela semelhança em suas médias na disciplina de Iniciação à Física durante o ano letivo de 2024, garantindo a equivalência entre os grupos de controle e intervenção. Como critério adicional, selecionamos duas turmas que tinham dois tempos seguidos por semana, o que acreditamos ser um facilitado a implementação da metodologia de ensino baseada na teoria de aprendizagem de Duval.

A análise dos testes foi realizada por meio da **Análise de Conteúdo**, método eficaz para examinar os dados de comunicação e interpretar os significados presentes nas mensagens, aprofundando a análise além da leitura superficial (Cardoso; De Oliveira; Ghelli, 2021, p. 99). Para além disso:

“O método da análise de conteúdo aparece como uma ferramenta para a compreensão da construção de significado que os atores sociais exteriorizam no discurso. Analisada no presente estudo sob o enfoque da teoria das Representações Sociais e da teoria da Ação na perspectiva fenomenológica. O que permite ao pesquisador o entendimento das representações que o indivíduo apresenta em relação a sua realidade e a interpretação que faz dos significados a sua volta. (silva; Gobbi; Simão, p. 74, 2005).”

Este método nos permitir analisar materiais obtidos a partir de comunicação não verbal de materiais como códigos semióticos, isto é, comunicações não linguísticas e dotadas de significações, como os registros de representação semióticos que serão analisados nos testes de aprendizagem (Cardoso; De Oliveira; Ghelli, 2021 *apud* Bardin, 1977). A análise desse material divide-se em três fases (Silva; Gobbi; Simão, 2011):

— ***Pré-análise:*** consiste na

“organização do material, quer dizer de todos os materiais que serão utilizados para a coleta dos dados, assim como também como outros materiais que podem ajudar a entender melhor o fenômeno e fixar o que o autor define como corpus da investigação, que seria a especificação do campo que o pesquisador deve centrar a atenção (Silva; Gobbi; Simão, 2005, p. 75).

Suscintamente, nessa fase nos ateremos a organização dos materiais, a coleta de dados, e a unidade de análise;

— ***Descrição analítica ou Análise do material:*** Codificamos, categorizamos e apresentamos os resultados dos dados analisados de tal forma que os dados coletados passem a ser passíveis de análise. Para (Cardoso; De Oliveira; Ghelli, 2021, p. 105 *apud* Bauer, 2008, p. 199) “a codificação e, conseqüentemente, a classificação dos materiais colhidos na amostra, é uma tarefa de construção, que carrega consigo a teoria e o material de pesquisa.”

Além disso, a codificação corresponde a “transformação dos dados brutos do texto, por processos de decomposição, classificação, agrupamento e enumeração, que permitem atingir uma representação do conteúdo, ou da sua expressão, suscetível de esclarecer o analista acerca das características do texto” (Cardoso; De Oliveira; Ghelli, 2021, p. 105).

— ***Interpretação Inferencial:*** Analisamos os resultados buscando relacioná-los com o contexto e a teoria da pesquisa, a fim de garantir a validade dos resultados.

Delimitamos o regime de validade externa e possibilitaremos a reutilização do conhecimento gerado apresentando uma descrição detalhada do ambiente de aprendizagem

onde o estudo foi realizada (Collective, 2003; Leach; Ametller; Phill, 2010). Adicionalmente, comparamos o "estado final" cognitivo dos alunos dos diferentes grupos para verificarmos se o ensino do professor baseado na TRRS é mais eficaz para a ocorrência da aprendizagem dos alunos do que os métodos de ensino denominado de tradicional¹¹.

Visando delimitar a validação interna da SD “iluminaremos os percursos cognitivos dos alunos ao longo de todo o processo de ensino-aprendizagem adotaremos” (Méheut; Psillos, 2009, p. 522, tradução nossa) e averiguaremos “a eficácia da sequência em relação aos objetivos iniciais” (Méheut; Psillos, 2007, p. 523, tradução nossa).

Embora a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa não seja obrigatória para o programa, baseado na resolução 510/2016 obtivemos a anuência da escola onde a pesquisa se desenvolveu, apêndice C. Para respalda os participantes e validar os dados coletas elaboramos o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE- apêndice D) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE- apêndice E).

Por fim, faz-se necessária salientarmos as etapas da investigação que foram quatro distintas fases interconectadas:

a. ***Imersão na literatura especializada:*** a meta desta fase é tomar conhecimento das opiniões dos especialistas acerca da utilização da semiótica de Raymond Duval (2009), que se preocupa com o papel desempenhado pelas variedades de representações em relação ao pensamento vindo ao auxílio dos processos de ensino e de aprendizagem em física. Para tanto, far-se-á uma breve revisão de literatura integrativa (Souza; Silva; Carvalho, 2010; Dantas; *et al.*, 2022).

b. ***Exploração didática:*** antes da preparação do material didático e da pesquisa empírica, convém realizar uma pesquisa exploratória a fim de conhecer o nível de conhecimento intelectual dos alunos que irão participar da pesquisa, logo, a meta desta etapa será determinar tal nível de conhecimento, a saber: como os alunos entendem as informações físicas quando disponíveis em forma de gráficos, de equações, de enunciados entre outros registros semióticos. Para tanto, aplicar-se-á um questionário.

c. ***Didática:*** nesta fase há duas metas a serem cumpridas; a primeira consistirá em preparar a sequência didática, as estratégias de ensino de cinemática básica e os materiais didáticos a serem utilizados em tempo breve; a segunda será conduzir as aulas à luz da Teoria

¹¹ Entendemos por ensino tradicional aquele onde não há a preocupação com a procura por um ajuste psicológico mais adequado ao conteúdo específico, visando ganhos na eficiência do processo de ensino aprendizagem.

dos Registros de Representações Semióticas de Duval. Isso significa que, enquanto professor, dever-se-á recorrer a diferentes registros de representação semióticos com significados físicos específicos de modo consciente e sabendo até onde se pode chegar com cada um deles.

d. ***Empírica e analítica:*** as metas desta etapa são as seguintes: aplicar o produto educacional, coletar os dados (testes de aprendizagem), e analisá-las conforme as etapas analíticas da análise de conteúdo (Cardoso; De Oliveira; Ghelli, 2021).

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de respondermos ao questionamento central desta pesquisa, *Como as diferentes formas de descrever o movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado, presentes no ensino de cinemática para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II, à luz da teoria de Duval, contribuem para a compreensão dos alunos sobre os conceitos e para a sua capacidade de resolver situações problemas?* Levantou-se dados a partir de dois testes de verificação de aprendizagem, intitulados, respectivamente, de *Avaliando a aprendizagem do movimento retilíneo uniforme à luz da teoria dos registro de representação semiótica*, apêndice A, e *Avaliando a aprendizagem do movimento retilíneo uniformemente variado à luz da teoria dos registro de representação semiótica*, apêndice B.

O conteúdo específico de física abordado em cada um dos testes são, respectivamente, o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e Uniformemente Variado (MRUV). Cada um dos testes era composto de 3 questões discursivas e 2 questões objetivas.

O objetivo geral da referida pesquisa é avaliar a efetividade da Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Duval no processo de ensino aprendizagem de conceitos cinemáticos para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II. Com intuito de alcançarmos tal objetivo aplicou-se testes de verificação da aprendizagem a dois grupos distintos:

— *Grupo de intervenção:* Duas turmas do ano 9º do ensino Fundamental II do ano letivo de 2024 do Colégio Militar da Polícia Militar do Amazonas CMPM I, as quais foram submetidas a aulas expositivas, cuja metodologia de ensino predominante foi desenvolvida à luz da Teoria dos Registro de Representação Semiótica, isto é, focamos o processo de ensino em apresentar as diferentes formas e as unidades significantes que a constituem. Na descrição gráfica, foca-se em apresentar a construção dos eixos coordenados, a origem e a orientação desses eixos, esboçar os pares necessários à construção do comportamento gráfico e como conectá-los. Na descrição algébrica, os símbolos e suas representações.

— *Grupo de controle:* Duas turmas do 9º ano do ensino Fundamental II do ano letivo de 2024 do Colégio Militar da Polícia Militar do Amazonas CMPM I, as quais foram submetidas a aulas expositivas, cuja metodologia de ensino predominante foi à denominada de ensino tradicional, aquele onde não se preocupa com a procura por um ajuste psicológico mais adequado a um conteúdo específico para que haja ocorrência de aprendizagem.

Para delimitar o regime de validade dos resultados e discussões, apresentaremos uma descrição detalhada do ambiente de aprendizagem onde a pesquisa foi realizada. Essa etapa é

fundamental para a produção de conhecimento reutilizável (COLLECTIVE, 2003); (LEACH; AMETLLER; SCOTT, 2010).

Os dados foram coletados em quatro turmas da 9ª série do Ensino Fundamental II do 1º Colégio da Polícia Militar do Amazonas- CPM I, colégio público do Estado do Amazonas, administrado pela Polícia Militar do Amazonas em parceria com a Secretária de Educação e Desporto do Estado do Amazonas (SEDUC-AM), localizado na Avenida Codajás, S/N, Petrópolis, Manaus-AM. Esta escola pode ser caracterizada como uma escola conteudista e o principal ajuste psicológico utilizado visando à ocorrência de aprendizagem é o neobehaviorismo, o novo comportamentalismo.

Os alunos destas turmas tinham idade entre 13 e 15 anos, todos estudando a pelo menos 3 anos na escola, as do grupo de controle eram formadas cada uma por 36 alunos, enquanto as do grupo de intervenção eram, respectivamente, por 36 e 38 estudantes.

Nesta instituição, em oposição ao que acontece na maioria das escolas da rede estadual, existe a disciplina de Iniciação à Física, Iniciação à Química e Iniciação à Biologia e a não a disciplina de Ciências no 9º ano do ensino fundamental II. A disciplina de iniciação à física tem carga horária de 02 aulas de 45 minutos por semana.

O principal motivo para a escolha dessas turmas foi a semelhança em suas médias durante o ano letivo de 2024, visando garantir a equivalência entre os grupos de controle e intervenção. Como critério adicional, selecionamos duas turmas que tinham dois tempos seguidos por semana, o que acreditamos ser um facilitado a implementação da metodologia de ensino baseada na teoria de aprendizagem de Duval.

Nosso primeiro objetivo específico era elaborar e aplicar uma Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA) para o ensino do MRU e MRUV. Inicialmente as aulas haviam sido elaboradas para cumprir à realidade educacional do ambiente de aprendizagem ao qual ela se destina, utilizando 4 tempos de aula para ministrar o conteúdo de cada unidade temática, 1 para revisão e fixação do conteúdo e 1 para coleta de dados, totalizando 6 por unidade e 12 para o que se propunha a SEA.

Todavia, a fim de possibilitar a adequação desta SEA ao 1º ano do Ensino Médio, que também contempla as unidades temáticas (de acordo com a RCA do Estado do Amazonas e os PCN's), modificamos o número de aulas. Nesses contextos educacionais, há apenas uma aula por semana, conforme o Novo Ensino Médio (Lei nº 13.415/2017). Assim, utilizamos apenas 4 aulas por unidade, sendo 1 para a coleta de dados.

As aulas foram ministradas conforme o quadro sintético 2:

Quadro 2 - Quadro sintético das aulas

N. DA AULA	TÍTULO DA AULA 	OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM 	HABILIDADES (BNCC) 
1	Compreendendo os conceitos fundamentais da metodologia de ensino e do objeto de conhecimento.	a. Explicar os conceitos de referencial, movimento, repouso e velocidade; b. Utilizar os conceitos apresentados a situações do cotidiano e a situações problemas; c. Comparar os conceitos de referencial, movimento, repouso e velocidade.	EM13CNT204
2	Descrições do MRU.	a. Interpretar a função horária e os gráficos característicos do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU); b. Resolver a função horária; c. Utilizar os gráficos do MRU; d. Comparar os elementos da função horária e dos gráficos do MRU	EM13CNT101 EM13CNT204
3	Revisão.	a. Relembrar os conceitos do MRU; b. Implementar os conceitos do MRU na resolução de situações problemas; c. Justificar a utilização das representações escolhidas para a resolução dos itens.	EM13CNT101 EM13CNT301
4	Avaliação Somativa das Aprendizagens Sobre O MRU.	a. Implementar os conceitos do MRU na resolução de situações problemas; b. Justificar a utilização das representações escolhidas para a resolução dos itens.	EM13CNT101 EM13CNT204 EM13CNT301
5	Fundamentos, características e descrição do MRUV	a. Exemplificar a aceleração média e instantânea principal característica do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV); b. Utilizar os conceitos do MRUV na resolução de situações problemas. c. Contrastar a função horária associadas ao MRU e MRUV.	EM13CNT101 EM13CNT204 EM13CNT301
6	Descrições gráficas do MRUV.	a. Interpretar graficamente o MRUV b. Implementar a descrição gráfica do MRUV na resolução de situações problemas; c. Organizar os elementos que compõe a descrição gráfica do MRUV.	EM13CNT204 EM13CNT301
7	Revisão	a. Relembrar os conceitos do MU; b. Implementar os conceitos do MU na resolução de situações problemas; c. Justificar a utilização das representações escolhidas para a resolução dos itens.	EM13CNT204 EM13CNT301
8	Avaliação Somativa das Aprendizagens Sobre O MRUV.	a. Implementar os conceitos do MRUV na resolução de situações problemas; b. Justificar a utilização das representações escolhidas para a resolução dos itens.	EM13CNT101 EM13CNT204 EM13CNT301

Fonte: Autoria própria (2025)

O detalhamento de como as aulas foram desenvolvidas para satisfazerem a metodologia de ensino construída a luz da TRRS, está contido no produto educacional nas subseções: Aula 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

7.1 CARACTERIZANDO A ANÁLISE DE DADOS

Uma vez que a pesquisa aqui realizada é qualitativa, poderíamos adotar alguns métodos de análise como Análise Textual do Discurso (ATD), Grounded Theory etc. Todavia, os dados obtidos a partir dos testes serão analisados a partir do método denominado de **Análise de Conteúdo**, uma vez que:

“Dentre esses métodos, a Análise de Conteúdo pode ser uma excelente opção quando o objetivo for analisar os dados provenientes das comunicações, buscando compreender os significados e os sentidos das mensagens, que vão além de uma leitura comum (Cardoso; De Oliveira; Ghelli, 2021).”

Para além disso:

“O método da análise de conteúdo aparece como uma ferramenta para a compreensão da construção de significado que os atores sociais exteriorizam no discurso. Analisada no presente estudo sob o enfoque da teoria das Representações Sociais e da teoria da Ação na perspectiva fenomenológica. O que permite ao pesquisador o entendimento das representações que o indivíduo apresenta em relação a sua realidade e a interpretação que faz dos significados a sua volta. ((Silva; Gobbi; Simão, 2011).”

A análise do discurso se divide em três fases (Silva; Gobbi; Simão, 2011):

- **Pré-análise:** Atemo-nos a organização dos materiais e coleta de dados, escolhemos a unidade de análise;
- **Descrição analítica:** Codificamos, categorizamos e apresentamos os resultados dos dados analisados e;
- **Interpretação Inferencial:** Analisamos os resultados buscando relacioná-los com o contexto e a teoria da pesquisa, a fim de garantir a validade dos resultados.

7.2 PRÉ-ANÁLISE

Fase em que elaboramos os pré-testes, instrumentos de coleta de dados, de acordo com os objetivos de pesquisa pré-definidos.

Os testes foram elaborados de tal forma que fosse possível verificar se os alunos eram capazes de realizar as atividades intrínsecas a ocorrência da aprendizagem na perspectiva da teoria duvaliana, isto é, se os mesmos conheciam os diferentes tipos de registros a serem utilizados como respostas para uma mesma questão, questão 1 do teste, objetivo específico b), se os mesmos eram capazes de realizar conversões (transitar entre diferentes registros) e tratamentos (extrair informações dentro de um mesmo registro), objetivos específicos b) e c), por fim a atividade de coordenação (transitar entre as diferentes representações e perceber as unidades significantes de cada registro).

A unidade de análise é as respostas dos alunos a cada uma das questões nos testes. A partir da análise dos dados, buscamos padrões e temas recorrentes, com o propósito de categorizar e codificar as repostas aos testes.

Analizamos as respostas discursivas dos alunos, identificando os principais erros com o propósito de estabelecermos, de acordo com a perspectiva de (Cardoso; De Oliveira; Ghelli, 2021), uma Análise Categorical que sirva de base para descrever as principais fases da Análise de Conteúdo. As fases da Análise de Conteúdo podem ser divididas em duas partes:

I- Análise das questões discursivas: Para essa análise estabeleceu-se 11 critérios, categorias, erros encontrados repetidas vezes em diversos testes que serviram para indicar a existência de indícios de aprendizagem nas questões discursivas e permitiram a construção da tabela 1, ao mesmo tempo que possibilitaram a percepção de erros na compreensão dos registros de representação semióticos. Além disso, nos possibilitaram estabelecer respostas corretas, parcialmente corretas e erradas, fazendo com que as questões variassem de 0 a 1.

Quadro 1 - Caracterização dos erros e associação as questões.

N. DO ERRO	DESCRIÇÃO DO ERRO	ERRO ASSOCIADO A QUESTÃO			PENALIDADE NA NOTA
		1	2	3	
1	Usar erroneamente ou suprimir a unidade de medida;	X		X	10%
2	Identificar erroneamente a grandeza física ou dissociar o valor numérico e sua unidade de medida (módulo) com sua representação (símbolo) adequada;	X		X	10%
3	Associar erroneamente os valores de (s x t), (v x t) ou (a x t);		X		10%
4	Inobservância de todos os pares ordenados na construção do gráfico (s x t), (v x t) ou (a x t);		X		10%
5	Usar reta inapropriada (reta não continua) para conectar os pontos que representam os valores (s x t), (v x t) ou (a x t);		X		20%
6	Usar reta inapropriada (reta não tracejada) para conectar os valores de (s x t), (v x t) ou (a x t);		X		20%
7	Identificar erroneamente ou suprimir a identificação dos eixos do gráfico (variável ou/e unidade medida);		X		10%
8	Efetuar erroneamente as operações matemáticas	X		X	10%

Continua

N. DO ERRO	DESCRIÇÃO DO ERRO	ERRO ASSOCIADO A QUESTÃO			PENALIDADE NA NOTA
		1	2	3	
9	Responder quase apropriadamente o problema: pequenos desvios do raciocínio adequado a construção de uma representação em um determinado registro;	X		X	30%
10	Estabelecer raciocínio adequado, mas não concluiu a resposta ou concluir erroneamente.	X		X	30%
11	Atribuir/ substituir valores erroneamente ou não atribuir o valor quando necessário a uma determinada grandeza física	X		X	10%

Fonte: Autoria própria (2025)

Na construção da tabela 1, considera-se que erros são desvios das respostas corretas, pois há mais de uma resposta correta devido a pluralidade de registros usados na descrição do MU e do MUV e, equívocos como desvios da linha de raciocínio correta.

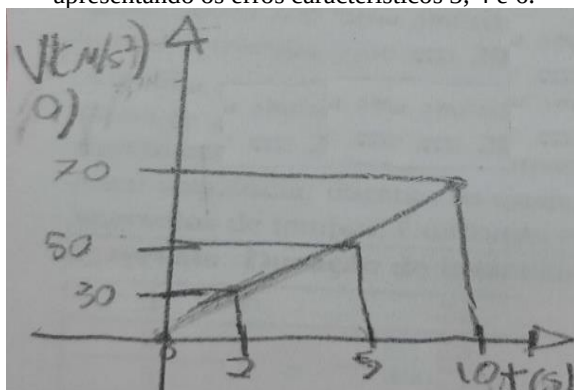
Essas categorias emergiram naturalmente da análise dos dados coletados, conforme podemos ver nas imagens de 2 a 7 que a ilustram a existência desses erros.

Imagem 2 - Resposta participante 211 à questão 1 do teste 2 (determinando como a posição varia ao longo do tempo), apresentando os erros característicos 1, 2, 8 e 11.

$$v_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} \rightarrow \frac{V-V_0}{t-t_0} = \frac{5-1}{32-20} = \frac{4t}{12(m/s)} \rightarrow 0,3(m/s)$$

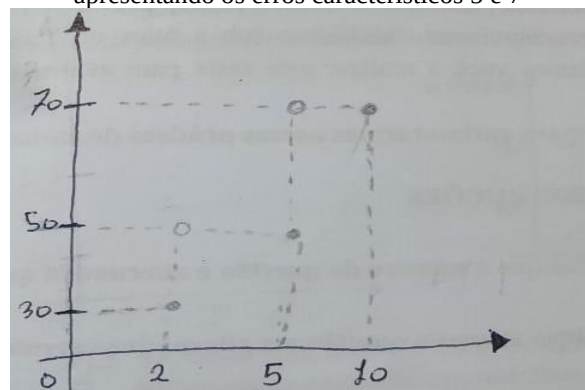
Fonte: Participante 211 (2025).

Imagem 3 - Resposta participante 118 à questão 2 do teste 2 (construção do gráfico a x t do MUV), apresentando os erros característicos 3, 4 e 6.



Fonte: Participante 118 (2025).

Imagem 4 - Resposta participante 516 à questão 2 do teste 2 (construção do gráfico a x t do MUV), apresentando os erros característicos 5 e 7.



Fonte: Participante 516 (2025).

Imagem 5 - Resposta do 216 à questão 1 do teste 2 (determinando como a velocidade varia ao longo do tempo no MU), apresentando o erro característico 9.

1) A equação aí é que o tempo é segundo né tipo 1, 2, 3, 4, 5 aí nessa questão o (m/s) né a velocidade aumenta em 3 em 3 até 32 começando em 20 né então deve ser isso, então a equação deve ser a cada 1 segundo aumenta em 3 a velocidade.

Fonte: Participante 216 (2025).

Imagem 6 - Resposta do participante 101 à questão 3 do teste 1 (determinando como a velocidade varia ao longo do tempo), apresentando o erro característico 10.

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{60 - 90}{0,5 - 1}$$

$$V_m = \frac{30}{0,5} = 60 \text{ km/h}$$

Fonte: Participante 101 (2025)

Imagem 7 - Resposta do participante 101 à questão 1 do teste 2 (determinação de como a velocidade varia ao longo do tempo) apresentando os erros característicos 1 e 2.

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{3 \text{ m/s}}{1} = 3 \text{ m/s}$$

Fonte: Participante 101 (2025)

Além disso, é necessário salientar que a(s) penalidade(s) atribuída(s) a cada erro característico foi estabelecida levando em consideração a forma como Duval (2009) descreve a aprendizagem. Com base nessa perspectiva podemos associar os erros característicos a atividade cognitiva de:

Formação do Registro: Os erros característicos 1, 2, e 7, são decorrentes da não compreensão da existência de algumas unidades elementares ao registro, considerados aqui como erros de fácil correção, como a ausência da unidade de medida ou a desassociação do valor em módulo ao símbolo que representa a referida grandeza, por isso a penalidade de 10% na nota.

Formação do Registro: Os erros característicos 5, 6 também são decorrentes de erro no processo de “assimilação” do registro, porém nesses casos o erro não é decorrente da inexistência de uma unidade significativa, e sim, do fato do uso incorreto de uma das unidades

significativas do registro, considerados aqui como erros de fácil correção, por isso a penalidade de 10% na nota.

Vale destacar que os erros associados a compreensão da formação do registro estão sendo considerados erros de fácil correção, porque o próprio Duval no seu modelo de aprendizagem atribuir maior relevância as atividades de tratamento e conversão.

Tratamento do Registro: Os erros característicos 3, 4 e 11 também são decorrentes da extração de informações a partir do registro gráfico e do registro algébrico. Na perspectiva de aprendizagem duvaliana, o tratamento é atividade inicial a ser verificada na busca pela obtenção de indícios de aprendizagem, uma vez que por meio dela é possível determinar e/ou dar ênfase as unidades significantes do registro. Assim, essa atividade pode ser entendida como um primeiro passo para executar-se a atividade de coordenação entre diferentes tipos de registro, portanto a esses erros associamos um decréscimo de 20% na questão ou item a ser corrigida.

Conversão sem coordenação: Os erros característicos 9 e 10, indicam que o aluno conseguiu fazer parcialmente a conversão entre diferentes registros, aliás, significa dizer que o aluno não relacionou todas as unidades significantes do registro de partida com as unidades significantes do registro de chegada, faltou o que Duval chama de coordenação, realizar a conversão e estabelecer uma correspondência entre os elementos significantes do registro de chegada com o de saída. Portanto a esse tipo de erro associamos um decréscimo de 30% da pontuação.

II- Análise das questões objetivas: Para essa análise estabeleceu-se 4 distratores e 1 gabarito, tal que fosse possível perceber erros de compreensão sobre a formação, o tratamento e a conversão dos registros de representação semióticos característicos do ensino de conceitos cinemáticos a partir das escolhas dos distratores.

7.3 DESCRIÇÃO ANALÍTICA

Após a determinação dos critérios de correção iniciamos a correção dos testes de verificação da aprendizagem:

- *Grupo de controle:* 66 testes de aprendizagem sobre o movimento retilíneo uniforme e 60 testes de aprendizagem sobre o movimento retilíneo uniformemente variável e;
- *Grupo de intervenção:* 39 testes de aprendizagem sobre o movimento retilíneo uniforme e 51 testes de aprendizagem sobre o movimento retilíneo uniformemente variável.

Foram 216 testes de verificação de aprendizagem corrigidos. O número de testes corrigidos é menor do que o número de participantes desta pesquisa e isto ocorreu por dois fatores:

- *Não presença dos participantes nas aulas:* alguns faltaram durante algumas das 3 aulas que antecederam o teste ou durante a aplicação do teste, e estes não terão seus resultados contabilizados para os resultados e discussões aqui propostos, só contabilizamos os resultados dos alunos que tiveram 100%;
- *Não empenho dos participantes:* alguns mostraram-se descompromissados com a pesquisa, apesar de aceitarem participar e de concordarem em se empenhar dormiram durante as aulas, estes testes não foram contabilizados.

Essa postura foi adotada a fim de que pudéssemos dar mais confiabilidade aos dados coletados e aos resultados e discussões que serão apresentados. Vale salientar os cuidados tomados a fim de não gerar constrangimento aos mesmos, como:

- *Correção dos testes:* estes participantes tiveram seus testes corrigidos, assim como os demais e;
- *Realização do feedback:* A esses alunos também foi oferecida a descrição de seus erros em cada questão e apresentada sua nota no teste.

A correção tinha dois objetivos:

- *Atribuir nota:* A cada uma das questões e a cada um dos respectivos testes, a fim de determinarmos o desempenho médio dos grupos e o desempenho individual e;
- *Delimitar os erros característico:* Associados a cada uma das questões e a cada uma das atividades cognitivas propostas na teoria de aprendizagem de Duval.

Os resultados estão condensados nas tabelas de 2 a 9.

Tabela 1- Resultados obtidos pelos alunos do grupo de controle no teste 1.

Identificação do aluno na pesquisa	Questões					Nota no Teste 2	Identificação do aluno na pesquisa	Questões					Nota no Teste 2
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
101	0,90	0,70	0,80	1,00	0,00	3,40	204	0,90	0,70	0,90	1,00	0,00	3,50
102	0,90	0,00	0,00	1,00	0,00	1,90	205	0,90	0,70	0,00	1,00	0,00	2,60
103	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	206	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
104	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,40	207	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
106	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	209	0,60	0,00	0,50	1,00	0,00	2,10
107	0,90	0,60	0,00	1,00	0,00	2,50	210	0,60	0,50	0,00	0,00	0,00	1,10
108	0,90	0,50	0,70	1,00	0,00	3,10	211	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	1,80
110	0,60	0,00	0,60	1,00	0,00	2,20	212	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
111	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	213	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
112	0,80	0,50	0,50	1,00	0,00	2,80	214	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	1,60
113	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	215	0,00	0,20	0,90	1,00	0,00	2,10
116	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	216	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
117	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	217	0,90	0,30	0,90	1,00	0,00	3,10
118	0,60	0,30	0,60	1,00	0,00	2,50	218	0,80	0,70	0,80	1,00	0,00	3,30
119	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,70	219	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
120	0,60	0,50	0,00	1,00	0,00	2,10	220	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
121	0,90	0,00	0,00	1,00	0,00	1,90	221	0,90	0,50	1,00	0,00	0,00	2,40
123	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	222	0,90	0,70	1,00	1,00	0,00	3,60
124	0,60	0,50	0,50	1,00	0,00	2,60	223	0,90	0,90	1,00	1,00	0,00	3,80
125	0,90	0,90	0,90	1,00	0,00	3,70	224	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
126	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	226	0,90	0,20	0,00	1,00	0,00	2,10
127	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	227	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00
128	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	228	0,90	0,00	0,00	1,00	0,00	1,90
130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	229	0,80	0,80	0,70	1,00	0,00	3,30
131	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	230	0,70	0,60	0,00	1,00	0,00	2,30
132	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	231	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
133	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
135	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	233	0,60	0,70	0,80	1,00	0,00	3,10
136	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	234	0,60	0,70	0,00	1,00	0,00	2,30
137	0,90	0,00	0,00	1,00	0,00	1,90	235	0,60	0,60	0,60	1,00	0,00	2,80
201	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	236	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
202	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	237	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
203	0,60	0,70	0,90	1,00	0,00	3,20	238	0,00	0,70	1,00	1,00	0,00	2,70

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 2- Resultados obtidos pelos alunos do grupo de intervenção no teste 1.

Identificação do aluno	Questões					Nota no Teste 2	Identificação do aluno na pesquisa	Questões					Nota no Teste 2
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
402	0,90	0,00	0,00	1,00	1,00	2,90	504	0,90	0,30	0,65	1,00	0,00	2,85
403	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	3,00	505	0,90	0,50	1,00	1,00	0,00	3,40
405	1,00	0,90	1,00	1,00	0,00	3,90	506	0,70	0,90	0,00	1,00	0,00	2,60
407	1,00	0,30	0,70	1,00	0,60	3,60	507	0,60	0,50	0,00	1,00	1,00	3,10
408	0,60	0,50	0,00	1,00	0,00	2,10	509	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	3,00
409	0,60	0,30	0,00	1,00	0,00	1,90	510	0,00	0,90	0,00	1,00	1,00	2,90
410	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00	511	0,40	0,60	0,50	0,00	1,00	2,50
411	0,90	0,30	0,90	1,00	0,00	3,10	512	0,90	0,90	0,00	1,00	0,00	2,80
412	0,90	0,90	1,00	1,00	0,00	3,80	513	0,00	0,90	0,60	1,00	0,00	2,50
417	0,90	0,50	0,60	1,00	0,00	3,00	514	0,00	0,70	0,00	1,00	0,00	1,70
423	0,00	0,30	0,60	1,00	0,00	1,90	515	0,60	0,80	0,00	1,00	1,00	3,40
424	0,90	0,70	1,00	1,00	0,00	3,60	516	0,60	0,30	0,00	1,00	0,00	1,90
425	0,80	0,40	0,60	0,00	0,00	1,80	521	0,60	0,30	0,00	1,00	0,00	1,90
426	0,80	0,70	0,00	1,00	0,00	2,50	523	0,60	0,70	0,00	1,00	0,00	2,30
428	0,40	0,50	0,60	1,00	0,00	2,50	524	0,90	0,90	0,60	1,00	0,00	3,40
429	0,80	0,30	0,90	1,00	0,00	3,00	529	0,60	0,90	0,00	1,00	0,00	2,50
431	0,90	0,70	1,00	1,00	0,00	3,60	530	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,60
432	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	532	0,60	0,70	0,40	1,00	0,00	2,70
436	0,70	0,30	0,00	1,00	0,00	2,00	535	0,60	0,70	0,40	1,00	0,00	2,70
							536	0,60	0,30	0,50	1,00	0,00	2,40

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 3- Resultados obtidos pelos alunos do grupo de controle no teste 2.

Identificação do aluno na pesquisa	Questões					Nota no Teste 2	Identificação do aluno na pesquisa	Questões					Nota no Teste 2
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
101	0,60	0,30	0,00	1,00	0,00	1,90	203	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00
102	0,00	0,40	0,00	1,00	0,00	1,40	204	0,70	0,70	0,80	1,00	0,00	3,20
103	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	205	0,70	0,50	0,30	1,00	1,00	3,50
104	0,60	0,70	0,30	1,00	0,00	2,60	206	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,60
105	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	207	0,60	0,00	0,00	0,00	1,00	1,60
106	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	209	0,70	0,00	0,45	1,00	0,00	2,15
107	0,70	0,00	0,00	1,00	0,00	1,70	210	0,70	0,50	0,00	0,00	0,00	1,20
110	0,00	0,50	0,40	1,00	1,00	2,90	212	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
111	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	213	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
112	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	214	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	1,60
113	0,00	0,00	0,45	1,00	1,00	2,45	215	0,90	0,60	1,00	1,00	0,00	3,50
114	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	216	0,70	0,00	0,35	1,00	1,00	3,05
116	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	1,60	218	0,70	0,80	0,75	1,00	1,00	4,25
117	0,60	0,50	0,35	1,00	0,00	2,45	219	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
118	0,60	0,50	0,75	1,00	1,00	3,85	220	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
119	1,00	0,00	0,40	1,00	0,00	2,40	221	0,60	0,00	0,50	1,00	0,00	2,10
120	0,70	0,60	0,75	1,00	0,00	3,05	222	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	2,00
123	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	1,60	223	0,70	0,40	0,75	1,00	1,00	3,85
124	0,90	0,50	0,00	1,00	1,00	3,40	224	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
125	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	4,50	226	0,70	0,70	0,85	1,00	0,00	3,25
126	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	2,00	227	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
128	0,00	0,20	0,00	1,00	0,00	1,20	228	0,00	0,70	0,45	0,00	0,00	1,15
130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	229	1,00	0,00	0,45	1,00	1,00	3,45
131	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	230	0,00	0,50	0,45	0,00	0,00	0,95
132	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	231	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
133	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
135	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	233	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
136	0,00	0,50	0,20	0,00	0,00	0,70	235	0,70	0,70	0,00	1,00	0,00	2,40
137	0,70	0,00	0,60	1,00	0,00	2,30	237	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
201	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	2,00	238	0,00	0,00	0,45	1,00	1,00	2,45

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 4- Resultados obtidos pelos alunos do grupo de intervenção no teste 2.

Identificação do aluno na pesquisa	Questões					Nota no Teste 2	Identificação do aluno na pesquisa	Questões					Nota no Teste 2
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
402	0,90	0,00	0,00	1,00	1,00	2,90	504	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	3,00
403	1,00	0,20	0,30	1,00	1,00	3,50	505	0,00	0,20	0,00	1,00	1,00	2,20
405	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	506	0,90	0,30	0,80	1,00	0,00	3,00
407	0,60	1,00	0,90	1,00	1,00	4,50	507	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00
408	0,90	0,30	0,00	1,00	1,00	3,20	509	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	2,00
409	0,60	0,20	0,00	1,00	0,00	1,80	510	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
410	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	3,00	511	1,00	0,40	0,00	1,00	1,00	3,40
411	1,00	0,20	0,00	1,00	1,00	3,20	512	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
412	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	4,90	513	0,00	0,50	0,50	1,00	0,00	2,00
416	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	514	1,00	0,90	0,35	1,00	0,00	3,25
417	0,60	0,40	0,90	1,00	1,00	3,90	515	0,00	0,40	0,50	1,00	1,00	2,90
419	0,00	0,20	0,00	1,00	1,00	2,20	516	0,60	0,20	0,00	1,00	1,00	2,80
421	1,00	0,20	0,25	1,00	1,00	3,45	517	1,00	0,20	0,35	1,00	0,00	2,55
422	0,70	0,90	0,50	1,00	1,00	4,10	518	0,50	0,20	0,45	1,00	0,00	2,15
423	0,60	0,40	0,75	1,00	1,00	3,75	519	0,70	0,30	0,75	1,00	1,00	3,75
424	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	520	0,00	0,20	0,75	1,00	0,00	1,95
425	0,60	0,30	0,00	1,00	1,00	2,90	521	1,00	0,20	0,75	1,00	0,00	2,95
426	0,90	0,90	0,90	1,00	0,00	3,70	523	0,60	0,70	0,25	1,00	0,00	2,55
428	0,40	0,20	0,00	1,00	1,00	2,60	524	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00
429	0,70	0,70	0,75	1,00	1,00	4,15	527	0,00	0,20	0,00	1,00	0,00	1,20
431	0,70	1,00	1,00	1,00	0,00	3,70	528	0,00	0,20	0,00	1,00	0,00	1,20
432	0,00	0,60	0,00	1,00	1,00	2,60	529	0,60	0,90	0,00	0,00	1,00	2,50
433	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	530	0,60	0,00	0,85	1,00	1,00	3,45
434	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	533	0,60	0,60	0,45	1,00	0,00	2,65
436	0,50	0,50	0,00	1,00	0,00	2,00	535	0,70	0,80	0,75	0,00	1,00	3,25
							536	0,60	0,50	0,50	1,00	0,00	2,60

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 5- Discriminação do quantitativo de erros característicos por questão do grupo de controle no teste 1.

Identificação do aluno na pesquisa	Questões																								
	1						2					3						4				5			
	1	2	8	9	10	11	3	4	5	6	7	1	2	8	9	10	11	a	b	d	e	a	b	c	e
101	.							.		.			.			.								.	
102	.																					.			
103																							.		
104												.				.	.	.						.	
106																							.		
107	.						.			.	.												.		
108	.						.	.		.	.												.		
110	.				.							.				.							.		
111																							.		
112	.	.					.	.		.	.	.	.	.	.	.	.						.		
113																			.				.		
116																							.		
117																			.				.		
118	.			.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.							.		
119																.			.					.	
120	.				.		.	.	.		.											.			
121	.																					.			
123																							.		
124	.				.		.	.	.		.	.				.	.		.					.	
125	.										.	.											.		
126	.			.															.			.			
128																							.		
132																			.						
137	.																								
201	.					.													.				.		
203	.			.					.		.	.											.		
204	.								.		.	.											.		

Continua

Identificação do aluno na pesquisa	Questões																								
	1					2					3					4					5				
	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10
205	.									.	.										.				
206	.			.														.				.			
207																					.		.		
209	.			.								.		.	.							.			
210																					.		.		
211	.	.																			.				
213																				.					
214	.			.																		.			
215																						.			
216																					.				
217	.						.	.	.	.	.	.										.			
218	.	.							.	.	.	.	.									.			
221	.						.	.	.		.								.			.			
222	.								.	.												.			
223	.										.											.			
224																	.					.			
226	.								.	.												.			
227	.			.		.						.	.	.	.	.	.					.			
228	.																				.				
229	.					.	.				.	.	.	.	.	.					.				
230	.					.	.		.	.												.			
233	.			.				.		.	.					.						.			
234	.			.				.		.												.			
235	.			.		.	.		.	.		.			.							.			
236	.			.																.		.			
237																			.					.	
238								.		.												.			
Total dos erros	32	3	0	10	3	3	11	7	10	10	21	14	1	4	1	8	6	3	4	6	3	11	33	3	1

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 6- Discriminação do quantitativo de erros característicos por questão do grupo de intervenção no teste 1.

Identificação do aluno na pesquisa	Questões																								
	1						2					3						4				5			
	1	2	8	9	10	11	3	4	5	6	7	1	2	8	9	10	11	a	b	d	e	a	b	c	e
403																				.		.			
404																						.			
405											.											.			
407							.	.	.	.	.	.	.	.	.							.			
408		.			.		.	.		.	.														.
409	.			.			.	.	.	.	.											.			
410																						.			
411	.						.	.	.	.	.	.												.	
412	.										.											.			
416																		.				.			
417	.						.	.	.		.					.	.					.			
423							.	.	.	.	.			.		.						.			
424	.								.		.											.			
425	.	.					.	.	.	.				.		.		.				.			
426	.	.								.	.											.			
428	.	.			.	.	.	.	.		.					.	.					.			
429	.	.					.	.	.	.	.	.										.			
431	.								.		.											.			
433																						.			
436	.						.	.	.	.	.											.			
504	.						.	.	.	.	.	.	.	.		.						.			
505	.						.	.	.		.														
506	.										.											.			
507	.			.			.	.		.	.														
509									.		.													.	
510											.														
511				.	.		.		.		.			.		.	.		.						
512	.										.							.					.		
513											.	.				.		.				.			
514										.	.											.			
515	.			.							.														
516	.			.			.	.	.	.	.												.		
520	.			.			.	.	.	.	.							.				.			
521	.			.			.	.	.	.	.											.			
523	.			.						.	.												.		
524	.										.	.				.		.				.			
527	.			.			.	.	.		.												.		
528																						.			
529	.			.							.											.			
530							.			.	.											.			
532	.			.					.		.	.	.			.	.					.			
533																		.				.			
535	.			.						.	.	.	.	.	.	.	.					.			
536	.			.			.	.	.	.	.			.	.	.	.					.			
Total dos erros característicos	27	5	0	13	3	1	20	18	21	19	36	8	3	6	1	10	8	3	4	1	1	6	26	6	1

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 7. Discriminação do quantitativo de erros característicos por questão do grupo de controle no teste 2.

Identificação do aluno na pesquisa	Questões																								
	1						2					3						4				5			
	1	2	8	9	10	11	3	4	5	6	7	1	2	8	9	10	11	a	b	d	e	a	b	c	e
101		.			.			.	.		.													.	
102								.	.															.	
103																								.	
104	.				.				.		.		.	.										.	
106				.																					
110							.	.	.		.	.	.												
111																								.	
112																					.				
113													.												
116	.			.																			.		
117	.			.			.	.	.		.				.								.		
118	.				.		.	.	.		.	.				.	.								
119												.	.											.	
120					.		.	.	.			.				.	.						.		
123	.				.																				.
124	.						.	.	.		.														
125							.	.	.		.														
128							.	.	.		.													.	
132																							.		
133							.	.	.	.	.												.		
136							.	.	.		.								.					.	
137				.			.	.	.	.	.														
203																								.	
204				.					.		.		.	.										.	

Continua

Identificação do aluno na pesquisa	Questões																			
	1					2					3					4				
	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10
205				.			.	.		.	.		.		.					
206								.	.		.								.	.
207	.			.															.	
209				.								.								.
210				.			.	.	.		.							.		.
211	.			.																.
213																		.		.
214	.			.																.
215	.						.													.
216				.											.					
218				.			.				.		.			.	.			
221	.				.														.	
222																			.	
223				.			.	.	.		.		.		.					
224																				.
226	.	.				.	.	.			.	.	.			.			.	
227																			.	
228									.		.		.				.		.	
229												.								
230							.	.	.		.		.					.		.
233																		.		.
235				.			.	.			.									.
236																				
237																		.		.
238													.							
Total dos erros característicos	12	1	0	15	5	1	18	18	18	3	20	6	12	2	5	3	5	1	2	3

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 8. Discriminação do quantitativo de erros característicos por questão do grupo de intervenção no teste 2.

Identificação do aluno na pesquisa	Questões																								
	1						2					3						4				5			
	1	2	8	9	10	11	3	4	5	6	7	1	2	8	9	10	11	a	b	d	e	a	b	c	e
402		.																							
403							.	.	.		.				.		.								
407	.			.													.								
408	.						.	.	.																
409	.			.			.	.	.		.											.			
411							.	.	.		.														
412																	.								
417	.			.			.	.			.						.								
419							.	.	.		.														
421							.	.			.	.													
422				.							.														
423	.			.			.	.			.				.		.								
425	.			.			.	.	.																
426						.					.						.								
428				.			.	.	.		.														
429				.					.		.				.		.								
431				.																			.		
432							.		.		.														
433																							.		
434																		.							
436	.	.		.			.				.												.		
506	.							.	.		.				.		.						.		
507																								.	
509																		.					.		
510																			.				.		
511									.		.														
512																							.		
514											.				.								.		
515									.		.														
516	.			.			.	.	.		.														
518							.	.	.		.				.							.			
520					.		.	.	.			.			.		.								
521	.		.				.	.	.		.	.		.	.								.		
523	.			.			.	.			.					.	.					.			
527							.	.	.		.												.		
528							.	.	.		.												.		
529	.			.			.												.						

Continua

Identificação do aluno na pesquisa	Questões																								
	1						2					3						4				5			
	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10	1	2	8	9	10
530	.			.												.									
533	.			.			.		.		.	.												.	
535	.	.				.			.				.	.		.									
536				.		.	.	.		.														.	
Total dos erros característicos	12	1	0	15	5	1	18	18	18	3	20	6	12	2	5	3	5	1	2	3	3	1	11	18	2

Fonte: Autoria própria (2025).

7.4 INTERPRETAÇÃO INFERENCIAL

A apresentação dos resultados se dará em consonância com os objetivos específicos, os quais foram definidos de forma lógica e sequencial, com o propósito de conduzir o desenvolvimento da pesquisa e alcançar o objetivo geral, permitindo, assim, a resposta ao problema de pesquisa inicialmente formulado.

O objetivo específico que sucede o de elaborar e aplicar uma proposta de SEA, consiste em analisar as respostas dos alunos às situações problemas que possibilitam o uso da multiplicidade de registros, oriundos da teoria duvaliana.

A primeira questão dos testes 1 e 2 solicitava aos alunos que determinassem a relação entre a posição e o tempo em um movimento retilíneo uniforme ([teste 1](#)) e a relação entre a velocidade e o tempo em um movimento retilíneo uniformemente variado ([teste 2](#)). Essas questões permitiam a utilização dos registros em linguagem materna ou algébrico para que os alunos chegassem a respostas ideais, como:

- Resposta ideal a questão 1 do teste 1 utilizando o registro em linguagem materna:

“De acordo com a tabela a posição aumenta em 30cm a cada 1s, isto é, a velocidade é 30cm/s. Logo a posição em X será 260 cm.”

- Resposta ideal a questão 1 do teste 2 utilizando o registro em linguagem materna:

“De acordo com a tabela a velocidade aumenta 3m/s a cada 1s.”

- Resposta ideal a questão 1 do teste 1 utilizando o registro algébrico:

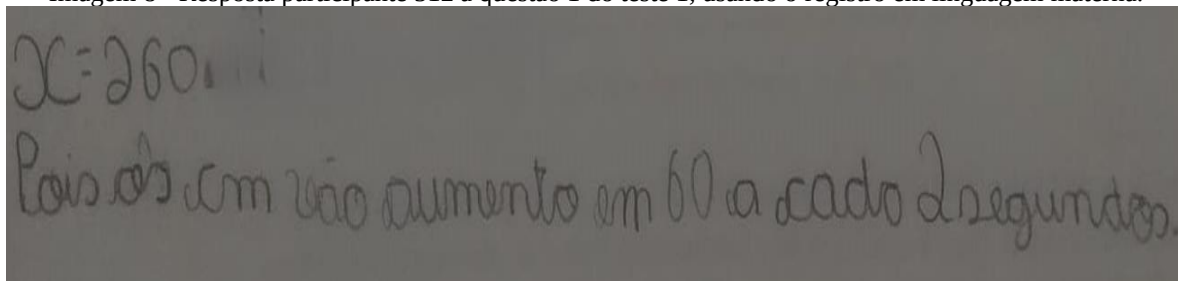
$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{60}{2} = 30 \frac{cm}{s} \rightarrow S = 20 + 30.t$$

- Resposta ideal a questão 1 do teste 2 utilizando o registro algébrico:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3}{1} = 3m/s^2 \rightarrow v = 17 + 3.t$$

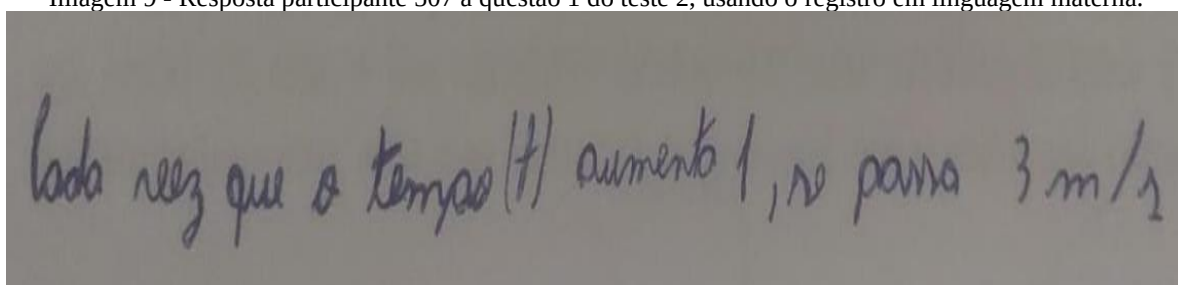
E como mostram as imagens 8, 9, 10 e 11, tivemos alunos que apresentaram respostas de mesmo conteúdo e forma.

Imagem 8 - Resposta participante 512 à questão 1 do teste 1, usando o registro em linguagem materna.



Fonte: Participante 512 (2025)

Imagem 9 - Resposta participante 507 à questão 1 do teste 2, usando o registro em linguagem materna.



Fonte: Participante (2025)

Imagem 10 - Resposta participante 405 à questão 1 do teste 1, usando o registro algébrico.

$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow V_m = \frac{S - S_0}{t - t_0} \rightarrow V_m = \frac{320 - 20}{10 - 0} \rightarrow V_m = \frac{300}{10} \rightarrow V_m = 30 \text{ cm/s}$
pela fórmula da função horária, temos que $S = S_0 + V \cdot t$
 $S = 20 + 30 \cdot 8$
 $S = 20 + 240$
 $S = 260 \text{ cm}$
Portanto, o valor de x é 260 cm.

Fonte: Participante 405 (2025)

Imagem 11 - Resposta participante 514 à questão 1 do teste 2, usando registro em linguagem materna e registro algébrico.

$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V - V_0}{t - t_0} = \frac{320 - 20}{5 - 1} = \frac{300}{4} = 75 \text{ m/s}$
vai de 3 em 3 m/s a cada 1 segundo.

Fonte: Participante 514 (2025)

Ao compararmos a média das notas obtidas pelos alunos do grupo de intervenção em cada questão discursiva, em ambos os testes, conforme a tabela 10, percebemos que foi a questão em que eles tiveram o melhor aproveitamento. Essa era a única questão que fornecia mais de um registro como possibilidade de resposta correta, evidenciando que a multiplicidade

de registros pode ser uma ferramenta de potencialização da aprendizagem, fato afirmado por Duval (2009).

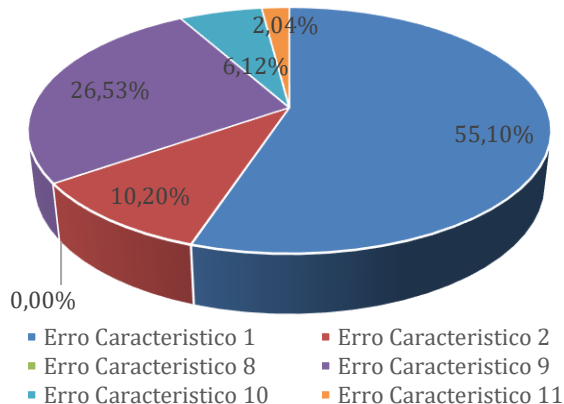
Tabela 9 - Aproveitamento de nota dos alunos do grupo de intervenção nas questões discursivas.

Nota média na questão 1 no teste 1 no grupo de intervenção	Nota média da questão 2 no teste 1 no grupo de intervenção	Nota média da questão 3 no teste 1 no grupo de intervenção
42,58%	22,27%	26,06%
Nota média da questão 1 no teste 2 no grupo de intervenção	Nota média da questão 2 no teste 2 no grupo de intervenção	Nota média da questão 3 no teste 2 no grupo de intervenção
64,62%	53,85%	34,74%

Fonte: Autoria própria (2025)

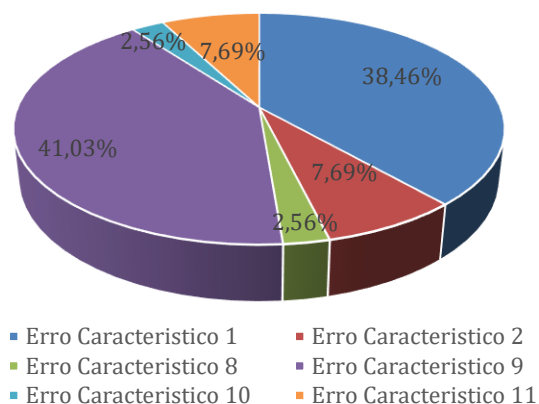
Alguns erros mostraram-se frequentes nas respostas a questão 2 em ambos os testes, conforme os gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro em linguagem materna e o registro algébrico e/ou materno no MRUV (questão 1 teste 1)



Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 2 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro em linguagem materna e o registro algébrico e/ou materno no MRUV- questão 1 teste 2



Fonte: Autoria própria (2025)

Em relação ao erro característico 1, podemos perceber que apesar do registro de partida conter as unidades de medida, uma unidade significativa para ele, os alunos não entenderam esse elemento como uma unidade significativa, como uma parte fundamental do registro de representação. Na perspectiva da teoria da aprendizagem duvaliana, isso poderia ser resolvido pelo tratamento aos registros, pois durante o tratamento as unidades significantes do registro permanecem. Portanto podemos concluir que houve uma falha no processo de ensino, de definição das unidades significantes do registro.

Percebendo o percentual de 55% dos erros estavam associados ao erro característico 1 após a análise do teste 1, adotamos o feedback na perspectiva de (HATTIE, 2017), passando a

efetuar mais o tratamento dentro de cada um dos registro durante o processo de ensino e a essa decisão que atribuímos a melhora percentual de aproximadamente 31%. Isso, significa que os alunos passaram a entender melhor as unidades de medida como unidade significativa nos registros em estudo.

O total de erros característicos para a questão 1, do teste 1 para o 2, diminui de 49 para 39, uma melhora de aproximadamente 22%. O tratamento é de fato uma atividade imprescindível para o processo de aprendizagem (DUVAL, 2009)

O erro característico 9, erro associado a incompletude do registro, do teste 1 para o 2 teve um aumento de aproximadamente 54%. Para analisarmos adequadamente o que houve, analisaremos as imagens 12, 13, 14 e 15.

Imagem 12 - Reposta participante 407 à questão 1 do teste 2, exemplificando o erro característico 9.

$$Q1. a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{32 - 20 \text{ m/s}}{5 - 1 \text{ s}} = \frac{12 \text{ m/s}}{4 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v = 20 + 3 \cdot 1$$

{1, 2, 3, 4, 5}

Fonte: Participante 407 (2025).

Imagem 13 - Reposta participante 533 à questão 1 do teste 2, exemplificando o erro característico 9

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{32 - 20}{5 - 1} = \frac{12}{4} = 3 \text{ m/s}$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v = 20 + 3 \cdot 1$$

$$v = 23 \text{ m/s}$$

Fonte: Participante 533 (2025).

Imagem 14 - Reposta participante 409 à questão 1 do teste 2, exemplificando o erro característico 9.

Q1: A velocidade aumenta no valor 3 m/s em 1 s e 1 segundo m/s

Fonte: Participante 409 (2025).

Imagem 15 - Reposta participante 523 à questão 1 do teste 2, exemplificando o erro característico 9.

Q1 - O tempo está subindo de um em um em quanto o espaço está em baixa em baixa, constante

Fonte: Participante 523 (2025).

As Imagens 12 e 13 revelam dificuldades que tangem a atividade de tratamento. A particularização da função horária da velocidade, a substituição dos valores da velocidade inicial e da aceleração, mostrou-se uma atividade desafiadora. Na perspectiva da teoria de aprendizagem em pauta, o ato de particularizar a função horária é um ato de criar uma representação dentro de um mesmo registro, o algébrico, e essa atividade deveria ser corrigida

pelo processo de tratamento. Apesar de termos trabalhado o tratamento com bastante afinco, durante as aulas que sucederam o teste 1 e antecederam o teste 2 Apesar de termos enfatizado o tratamento, focamos na permanência das unidades de medida, negligenciando a substituição de outras unidades significativas no registro algébrico, o que pode ter prejudicado a aprendizagem.

Destacamos ainda que eles não perceberam estas letras como simples símbolos sem significado, e sim como variáveis que representam quantidades, o que nos dar boas evidências que o processo de ensino em relação a formação do registro algébrico, teve êxito. Todavia, essa dificuldade na substituição de valores, pode indicar que eles não compreenderem o significado físico da função horária da velocidade, fato que pode tornar essa atividade puramente abstrata e sem sentido.

Em relação as imagens 14 e 15, podemos perceber que alguns alunos ainda continuaram suprimindo as unidades de medida do registro em linguagem materna. Erro que, em teoria, não devia ter persistido, visto que enfatizamos esse aspecto durante o tratamento.

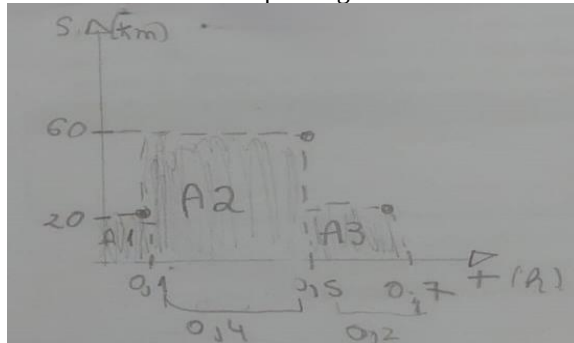
Visando atender o *objetivo específico c)*, analisar as dificuldades durante a conversão entre diferentes registros, elaboramos a questão 2 de ambos os testes que assim como a primeira, seguiam o mesmo teor, só que diferente da primeira o teor e a construção de gráficos de uma grandeza constante ao longo do tempo em 3 intervalos independentes e em sequência tendo como registro de partida a linguagem materna.

Na construção das respostas os alunos deveriam atentar-se as unidades elementares do registro gráfico, dentre os quais destacamos ao longo do processo de ensino:

- a. A construção dos eixos coordenados ($v \times t$) ou ($a \times t$) que deveriam sempre estar acompanhados das unidades de medida;
- b. A origem e a orientação desses eixos;
- c. Esboçar todos os pares ordenados ou os necessários à construção do comportamento gráfico;
- d. Conectar por meio de retas tracejadas os valores de v ou a com os valores de t , destacando o ponto que representava a interseção dos valores no plano $v \times t$ ou $a \times t$;
- e. Conectar os pontos de interseção por meio de retas contínuas.

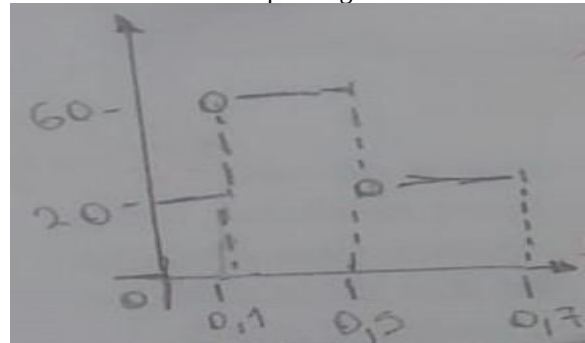
Em média, como apresentado na tabela 3, tivemos aproximadamente 22% e 54% de respostas satisfatórias, que atenderam a esse critério, no teste 1 e no teste 2, respectivamente. Conforme podemos ver nas respostas dos alunos nas imagens 16, 17, 18 e 19.

Imagem 16 – Resposta participante 431 à questão 2 do teste 1, conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico.



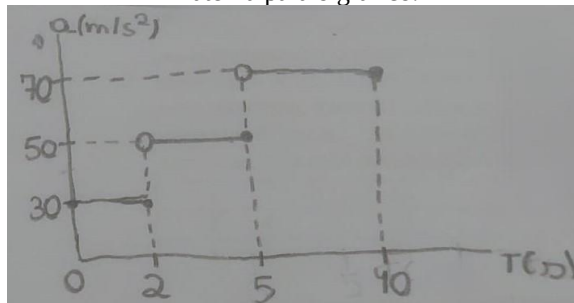
Fonte: Participante 431 (2025)

Imagem 17 - Resposta participante 506 à questão 2 do teste 1, conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico.



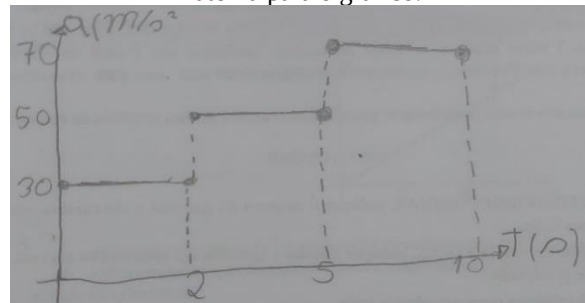
Fonte: Participante 506 (2025)

Imagem 18 - Resposta participante 407 à questão 2 do teste 2, conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico.



Fonte: Participante 407 (2025)

Imagem 19 - Resposta participante 524 à questão 2 do teste 2, conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico.

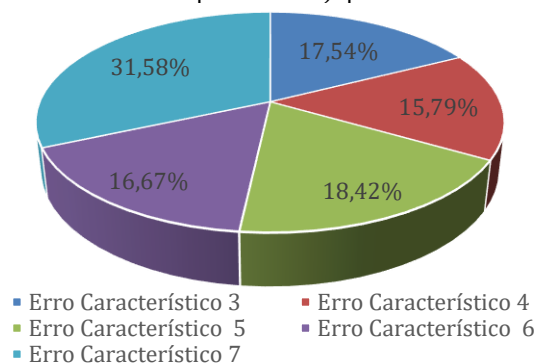


Fonte: Participante 524 (2025)

Podemos considerar que a ênfase nas unidades elementares desse registro provaram-se eficientes ao longo do processo de ensino aprendizagem uma vez que este é um dos conceitos cinemáticos em que os alunos mais apresentam dificuldades (Araujo; Veit; Moreira, 2004; Nascimento; Oliveira, 2020).

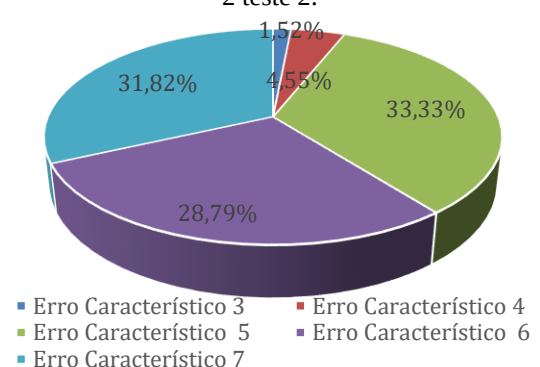
Ainda a despeito dos erros característicos relacionados à questão 2 dos testes 1 e 2, podemos vê-los resumidamente nos gráficos 3 e 4.

Gráfico 3 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro em linguagem materna para o gráfico (construção do gráfico da velocidade x tempo no MRU) questão 2 teste 1.



Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 4 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro em linguagem materna para o registro gráfico (construção do gráfico da aceleração x tempo no MRUV) questão 2 teste 2.



Fonte: Autoria própria (2025)

Percebemos que no teste 1 os erros característicos 3 e 4, que estão intimamente relacionados, somados representavam 33,33% dos erros. Como esses erros impossibilitam a descrição do movimento por meio da representação gráfica, o feedback focou em sua correção, isto é, enfatizamos que a quantidade das unidades significantes no registro de partida (os pares ordenados) precisar ser a mesma do registro de chegada, a atividade de coordenação. Essa estratégia levou a uma melhora de aproximadamente 18%.

No entanto, percebemos que o foco apenas no processo de coordenação acabou se revelando um equívoco, pois negligenciou-se as unidades associadas aos erros característicos 5, 6 e 7 que seriam mais bem corrigidas com ênfase no processo de formação do registro gráfico.

Analisando o percentual desses erros, podemos concluir que os alunos não assimilaram que para conectarmos os valores devemos usar retas tracejadas e que usamos retas contínuas para ligar os pontos de interseção entre os valores de $v \times t$ ou $a \times t$. Essa dificuldade provavelmente decorre da falta de ênfase nesse aspecto do registro gráfico, ou seja, está associado a atividade de formação.

Muitas vezes, professores consideram a existência das unidades de um registro é considerada um aspecto trivial, não as enfatizando como deveriam. A teoria de Duval, porém, orienta a atentarmos-nos de igual modo a todas as unidades significantes do registro ao longo do processo de ensino aprendizagem.

O erro 7, a não assimilação das unidades de medida como unidade significativa do registro gráfico é preocupante, visto que os alunos, de acordo, com o desempenho na questão 1 entenderam que ele faz parte do registro de linguagem materna e do algébrico, por outro lado, isso mostra a importância e a necessidade destes realizarem a atividade de tratamento, pois de acordo com a teoria de aprendizagem em foco, esses elementos tornam-se evidentes após a realização dela.

Em relação à questão 3 de ambos os testes tratava da conversão entre registro gráfico e o registro algébrico, a resposta ideal para essas questões seriam:

— Resposta ideal para a questão 3 do teste 1:

Esperava-se que os alunos calculassem a velocidade e posteriormente determinassem a função horária da posição, isto é:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{30}{0,5} = 60 \frac{km}{h}$$

$$S = S_0 + v \cdot t$$

$$S = 30 + 60 \cdot t$$

Vale salientar que a teoria de Duval possibilitava a criação de um registro auxiliar que facilitasse aos mesmos transitarem entre o registro gráfico e o algébrico, a criação de uma tabela que relacionar-se a posição e o tempo, uma tabela, por exemplo:

Tabela 10 - Valores de S x t apresentados no registro gráfico da questão e do teste 1.

$S \text{ (km)}$	$t \text{ (s)}$
30	0
60	0,5
90	1

Fonte: Autoria própria (2025)

Seguindo esse caminho bastaria aos alunos substituírem os valores S_0 e v , na equação horária da posição. Lembrando-se que a velocidade é o quanto a posição muda ao longo do tempo, isto é, $30/0,5 \text{ km/h}$, o aluno poderia concluir sua resposta como sendo:

$$S = 30 + \frac{30}{0,5} \cdot t$$

— Resposta ideal para a questão 3 do teste 2:

Esperava-se que os alunos calculassem a aceleração e posteriormente determinassem a função horária da velocidade, isto é:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10}{5} = 2 \frac{m}{s}$$

$$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow v = 2 \cdot t$$

Para a teoria de Duval os alunos poderiam criar um registro auxiliar que facilitasse a eles a conversão entre o registro gráfico e o algébrico, a criação de uma tabela que relacionar-se os valores da velocidade e do tempo, uma tabela, por exemplo:

Tabela 11 - Possível registro auxiliar para a transição entre o registro gráfico e o algébrico

$v \text{ (m/s)}$	$t \text{ (s)}$
0	0
10	5
20	10

Fonte: Autoria própria (2025)

Seguindo esse caminho bastaria aos alunos substituírem os valores v_0 e a , na equação horária da posição. Lembrando-se que a velocidade é o quanto a posição muda ao longo do tempo, isto é, $10/5 \text{ m/s}^2$, o aluno poderia concluir sua resposta como sendo:

$$v = 0 + \frac{10}{5} \cdot t$$

$$v = 2t$$

Nesse sentido a teoria de Duval mostrou-se promissora, pois realmente houve alunos que assimilaram ambos os tipos de respostas como podemos ver nas imagens 20, 21 e 22.

Imagem 20 - Resposta participante 505 à questão 3 do teste 1, conversão entre o registro gráfico e o algébrico utilizando registro auxiliar.

Handwritten work for Imagem 20:

S	30	60	90
T	0	0,5	1

$$v = \frac{30}{0,5} = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$S = S_0 + v \cdot t$$

$$S = 30 + 60 \cdot t$$

Fonte: Participante 505 (2025).

Imagem 21 - Resposta participante 417 à questão 3 do teste 2, conversão entre o registro gráfico e o algébrico utilizando registro auxiliar.

Handwritten work for Imagem 21:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad a = \frac{20-10}{10-5} = a = \frac{10}{5}$$

$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

$$V = V_0 + aT$$

$$V = 0 + 2T$$

Fonte: Participante 417 (2025).

Imagem 22 - Resposta participante 412 à questão 3 do teste 1, conversão entre o registro gráfico e o algébrico utilizando registro auxiliar.

Handwritten work for Imagem 22:

S	30	60	90
T	0	0,5	1

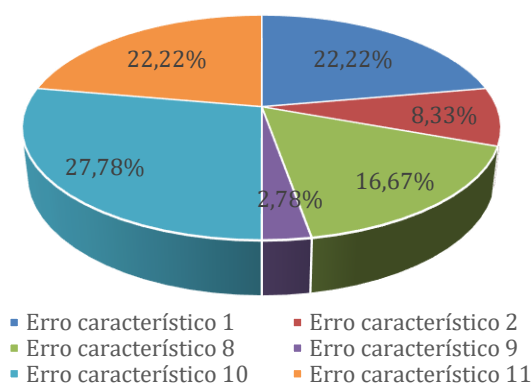
$$V_m = \frac{30}{0,5} = 60 \text{ km/h}$$

$$S = 30 + 60 \cdot T$$

Fonte: Participante 412 (2025).

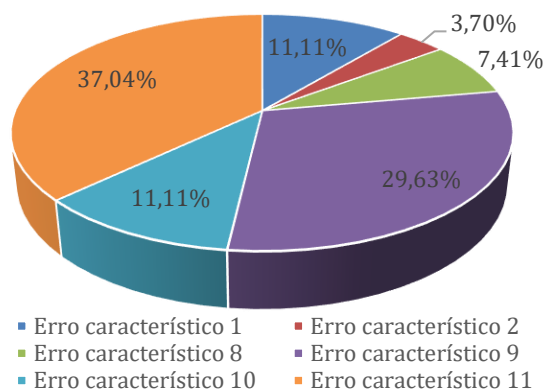
Analisando as questões percebemos alguns erros frequentes, conforme podemos ver nos gráficos 5 e 6.

Gráfico 5 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro gráfico e o registro algébrico no MRUV- questão 3 teste 2 dos erros característicos



Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 6 - Percentuais dos erros característicos relacionados a conversão entre o registro gráfico e o registro algébrico no MRUV- questão 3 teste 2 dos erros característicos



Fonte: Autoria própria (2025).

No teste 1 percebemos que os principais erros dos alunos estavam aos erros 1, 10 e 11, juntos representando 72,22%.

Assim como na questão 1 do teste 1, na questão 3 do teste 1, ficou nítido que os alunos não assimilaram as unidades de medida como uma unidade significativa, fato que a teoria de

Duval sugere que resolvamos oportunizando aos alunos a atividade de tratamento. Seguindo essas recomendações, tivemos uma melhoria de 26% em relação a essa assimilação.

O erro característico 10 pode ser mais bem exemplificado quando observamos as repostas dos alunos, conforme as imagens 23, 24, 25, 26 e 27.

Imagem 23 - Resposta participante 423 à questão 3 teste 1, exemplificando o erro 10.

$$V = \frac{60-30}{0,5-0} = \frac{30}{0,5}$$

$$V = 15 \text{ km/h}$$

Fonte: Participante 423(2025)

Imagem 24 - Resposta participante 536 à questão 3 teste 1, exemplificando o erro 10.

$$S_0 + v.T = 30 + 60 \cdot 0,5$$

$$S = 90 \cdot 0,5 = 45 \text{ km}$$

Fonte: Participante 536 (2025)

Imagem 25 - Resposta participante 511 à questão 3 teste 1, exemplificando o erro 10.

$$S = 30 \cdot 0,5 \cdot t$$

$$S = 15t$$

Fonte: Participante 511 (2025)

Imagem 26 - Resposta participante 511 à questão 3 teste 2, exemplificando o erro 10.

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$10 = 20 + a \cdot 10 =$$

$$a = \frac{10}{10} = 1$$

aceleração = 1

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$10 = 20 + 1 \cdot 10$$

Fonte: Participante 511 (2025)

Imagem 27 - Resposta participante 521 à questão 3 teste 2, exemplificando o erro 10.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{20-10}{10-5}$$

$$a = \frac{10}{5}$$

$$a = 5 \text{ m/s}$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$20 = 10 + 2t$$

$$20 - 10 = 2t$$

$$10 = 2t$$

$$\frac{10}{2} = t$$

$$5 = t$$

Fonte: Participante 521 (2025)

A imagem 23 evidencia que o aluno estabeleceu o raciocínio adequado para chegar à resposta certa, calcular a velocidade, mas não concluir a resposta. Para a teoria de aprendizagem de Duval, esse fato ocorre porque o aluno não assimilou todas as unidades significativas que precisam ser evidenciadas para permitir determinar a posição em qualquer instante de tempo em um MU, a S_0 e v .

As Imagens 24, 25, 26 e 27 evidenciam o estabelecimento do raciocínio correto para determinar a função horária da posição/ velocidade:

- partir de sua forma generalizada da função horária da posição/ velocidade;
- Substituir as unidades significativas que definem o movimento específico, a S_0 e v ou v_0 e a ;
- Repetir as unidades significativas que “generalizam” o movimento, a posição num instante de tempo qualquer (S) e um instante de tempo qualquer (t).

No entanto, os erros relacionados à dificuldade na particularizam do registro algébrico, já percebidos na resolução da questão 1, conduziram a erros na conclusão da resposta, seja por erros em operações matemáticas ou em substituições. Como mencionado, o uso focado da atividade de tratamento pode auxiliar na superação dessa dificuldade.

No teste 2, o quantitativo de erros característicos dos participantes em relação ao teste 1 diminui em 25%, conforme ilustra a tabela 13.

Tabela 12 - Totais de erros característicos referentes a questão 3 do teste 1 e 2 no grupo de intervenção.

Ques tão 3	Erro caracterís tico 1	Erro caracterís tico 2	Erro caracterís tico 8	Erro caracterís tico 9	Erro caracterís tico 10	Erro caracterís tico 11	Soma dos erros
Total de erros no teste 1	8	3	6	1	10	8	36
Total de erros no teste 2	3	1	2	8	3	10	27

Fonte: Autoria própria (2025)

Além de mostrar que os erros tratados a luz da teoria de Duval, o erro 1 e 10, tiveram uma melhoria, respectivamente, de aproximadamente 63% e 70%, fornecendo indícios do quão promissora é essa teoria.

A tabela 13 também sugere que os erros característicos 11 e 9 que deveriam ser corrigidos pela atividade de tratamento, visto que são decorrentes de uma modificação de representação dentro do registro algébrico. Todavia, acreditamos que estes erros poderiam ser minimizados enfatizando ainda mais o processo de formação do registro e suas unidades significantes, mas não averiguamos.

A questão 4 tanto do teste 1, quanto do 2, buscavam verificar se os alunos assimilaram a principal característica, respectivamente, do movimento retilíneo uniforme e do movimento uniformemente variado e se eram capazes de obter essas informações a partir do registro algébrico.

Tabela 13 – Desempenho do grupo de intervenção na questão 4 dos testes 1 e 2.

Nota média na questão 4 no teste 1 no grupo de intervenção	Nota média da questão 4 no teste 1 no grupo de intervenção
0,90	0,96
Nota percentual na questão 4 no teste 1 no grupo de intervenção	Nota percentual da questão 4 no teste 1 no grupo de intervenção
90,91%	96,15%

Fonte: Autoria própria (2025).

A tabela 14 mostra que os alunos tiveram um desempenho excelente na resolução desses problemas que na perspectiva da teoria de Duval é uma conversão do registro algébrico para o em linguagem materna. Poderíamos dizer que seria a operação inversa a realizada na questão 1 dos testes de aprendizagem, onde os alunos já haviam se saído bem.

Mais uma vez, encontramos indícios de que essa teoria é um campo promissor a ser explorado, mostrando que a compreensão em um registro realmente facilita a compreensão em outro, nesse caso em específico, o registro em linguagem materna que é o primeiro a ser utilizado em todo processo de ensino, seja na forma verbal ou oral, como fazemos usualmente em sala de aula, mesmo que de maneira involuntária.

Apenas 4 alunos do grupo de intervenção erram essa questão:

— Dois deles optaram pelo distrator b) o que mostra que além deles associaram erroneamente o valor da posição inicial ao valor da velocidade, confundiram a correspondência entre essas unidades significativas, não assimilaram que o sinal de menos associado ao valor velocidade nada a ver tem ser negativo, outro sim, tem a ver com o sentido de movimento que no caso seria retrógrado e não progressivo como apresenta o distrator, na teoria de Duval eles entenderam a existência da unidade significativa que permite classificar o movimento, mas não conseguiram estabelecer a correspondência adequada entre a unidade significante do registro algébrico e do em linguagem materna;

— Os outros dois marcaram o distrator e), fato que nos possibilita concluir que eles conseguiram associar as unidades significativas do registro algébrico e em linguagem materna, no que concerne a classificação do movimento retilíneo uniforme, ao sentido dele, os sinais positivo e negativo, todavia, não conseguiram estabelecer a correspondência entre o valor da velocidade do movimento no registro algébrico, ou seja, não entenderam essa unidade significativa do registro.

A questão 5 do teste 2 tratava da conversão do registro gráfico para o em linguagem materna, onde analisávamos se o aluno seria capaz de classificar o MRUV, só que agora combinando as classificações entre progressivo ou retrógrado e acelerado ou retardado, pois eles já haviam demonstrado um excelente indício de assimilação dessas informações, mesmo que em relação a outro registro de partida. O desempenho dos alunos mais uma vez foi excelente 80,77%. Mostrando que eles conseguiram em sua grande maioria estabelecer as correspondências entre as unidades significantes relacionados a classificação do movimento tanto no registro gráfico e algébrico como em linguagem materna.

Ao analisarmos a questão 5 do teste 1 que trata do MRU e na perspectiva de Duval da conversão entre o registro gráfico e o em linguagem materna, tínhamos como principal objetivo verificar, além da conversão, uma das afirmações do Duval no que se refere a atividade de coordenação ser mais difícil quando as unidades significantes do registro de partida não serem equivalentes, em quantidade, as unidades significantes em relação ao registro de chegada, analisando a questão 5 percebemos imediatamente que não há no registro gráfico:

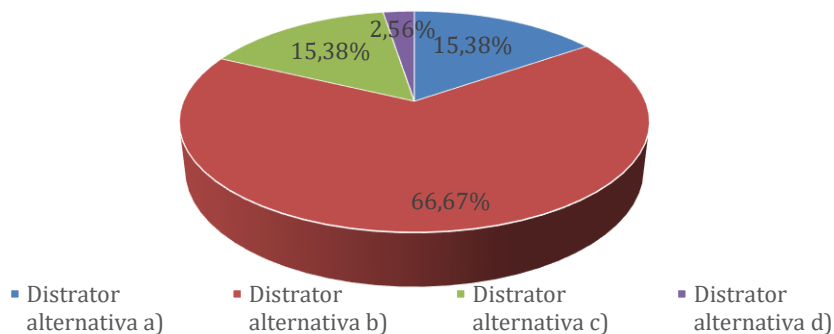
— A origem dos eixos de forma explícita: E a resposta, o registro de chegada, faz perguntas sobre a posição inicial e o tempo inicial.

— O gráfico é velocidade versus tempo, o que nos fornece informações sobre a variação de posição é pergunta sobre a posição inicial e está informação não está nem implicitamente e nem explicitamente no registro de partida.

A teoria de Duval previa dificuldades na resolução deste exercício devido à não congruência do problema, fato confirmado pelos 12,73% de acerto, entre o grupo de intervenção.

O gráfico 7 mostra o percentual de atratividade de cada distrator. O mais atrativo aos alunos foi o b), evidenciando que eles entenderam, mesmo que não estivesse explícito, a origem do tempo no gráfico e que ambos os carros partiram no mesmo instante, mas não perceberam que eles partiram da mesma posição, provavelmente porque o problema não deixa essa informação explícita, deixando claro o problema de não congruência.

Gráfico 7 - Percentual de escolha de cada um dos distratores da questão 5 do teste 1



Fonte: Autoria própria (2025)

Agora iremos avançar para o nosso último objetivo específico antes de nos atermos a responder nosso problema de pesquisa. Iremos comparar o desempenho de alunos submetidos à SEA elaborada a luz do referencial teórico da aprendizagem de Duval com o desempenho de alunos submetidos ao ensino tradicional.

Em outras palavras buscaremos determinar o impacto da aprendizagem por meio do ganho normalizado de Hake que é descrito pela equação 1 (Nascimento; Oliveira, 2020).

$$g = \frac{\%pós - \%pós(TC)}{100\% - \%pós(TC)} \quad (eq. 1)$$

Onde:

“o numerador da equação está relacionado com o ganho efetivo obtido pelo aluno nos resultados do pré-teste e pós-teste, enquanto no denominador estará o desempenho máximo que poderá ser alcançado. Os valores estão entre 0 e 1 (0% e 100%), sendo que quanto maiores os valores, mais acentuado foi a melhora do desempenho do aluno (Nascimento; Oliveira, p. 10, 2020).”

O ganho normalizado é uma técnica utilizada, comumente, para medir o ganho da aprendizagem em um teste realizado previamente a uma intervenção e um teste realizado após a intervenção, a fim de mostrar se houve ou não melhora da aprendizagem.

De acordo (Nascimento; Oliveira, 2020), podemos definir o ganho normalizado em três classes:

- i. **Baixo** para $g \leq 0,30$;
- ii. **Médio**, para valores dentro do intervalo $0,30 < g < 0,70$;
- iii. **Alto** para $g \geq 0,70$.

Além disso, registra-se que houve perdas para os casos em que $g < 0$.

Nesse trabalho não realizamos pré-testes propriamente ditos, mas consideraremos os resultados do grupo de controle, como resultados de um pré-teste, nesse contexto por questão de paralelismo, uma vez que esse grupo não passou pela intervenção. Para tal averiguaremos o impacto da aprendizagem elaborando uma adaptação do ganho normalizado de Hake, para:

$$g = \frac{\%pós(TI) - \%pré(TC)}{100\% - \%pré(TC)} \quad (eq. 22)$$

Onde:

$$g = \text{ganho normalizado de Hake}$$

$\%pós(GI)$ = O resultado em percentual da nota do grupo de intervenção no teste

$\%pré(GC)$ = O resultado em percentual da nota do grupo de controle no teste

A equação 2 nos permitirá comparar o quão o resultado do grupo de intervenção foi melhor ou pior que o resultado do grupo de controle.

Os resultados dos grupos de controle e intervenção em cada um dos testes é apresentado na tabela 15.

Tabela 14 - Nota média dos grupos de intervenção e controle nos testes.

NOTA	Grupo de controle: Teste 1	Grupo de controle: Teste 2	Grupo de Intervenção: Teste 1	Grupo de Intervenção: Teste 2
MÉDIA	1,500	1,671	2,624	2,909
PERCENTUAL	30,00%	33,42%	52,49%	58,18%

Fonte: Autoria própria (2025).

Analisando os resultados referentes ao teste 1, podemos concluir que:

$$\%pós(GI) = 1,5$$

$$\%pré(GC) = 2,624$$

$$100\% = 5$$

Obtivemos como ganho normalizado de Hake, $g = 0,32$ o que de acordo com Hake é um ganho médio.

Analisando os resultados referentes ao teste 2, temos:

$$\%pós(GI) = 1,671$$

$$\%pré(GC) = 2,909$$

$$100\% = 5$$

Obtivemos como ganho normalizado de Hake, $g = 0,37$ o que de acordo com Hake é um ganho médio.

Portanto a teoria de Duval é um bom caminho a ser seguido para o processo de ensino aprendizagem de conceitos cinemáticos, principalmente, porque estes conceitos proporcionam pelo menos 3 tipos de registros. Vimos ainda que está teoria contribuir de forma significativa para a resolução de problemas envolvendo conceitos cinemáticos, em especial, quando os problemas apresentam mais de um registro como possibilidade de resposta.

8 CONCLUSÃO

Esta pesquisa investigou como as diferentes formas de descrever o movimento, presentes no ensino de cinemática para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II, à luz da teoria de Duval, contribuem para a compreensão dos alunos sobre os conceitos e para a sua capacidade de resolver situações-problema. Os resultados indicaram que a utilização da Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Duval no ensino de conceitos cinemáticos pode promover uma melhor compreensão dos alunos sobre o tema e sua capacidade de resolução de problemas. A análise dos testes de verificação da aprendizagem revelou que os alunos submetidos à metodologia de ensino baseada na teoria de Duval apresentaram um desempenho superior em relação aos alunos submetidos ao ensino tradicional.

Elencamos os principais erros de compreensão por parte dos alunos ao longo do processo de ensino-aprendizagem o que esperamos poder contribuir para o aprimoramento da inserção de qualquer metodologia de ensino ou como ponto de partida para construção de uma proposta de ensino baseada em evidências reais.

Por fim, a investigação evidenciou que a ênfase na multiplicidade de registros e nas atividades de tratamento e conversão, propostas por Duval, pode auxiliar os alunos a construir uma compreensão mais completa e eficiente dos conceitos relacionados ao MRU e MRUV. Além disso, constatou-se que a utilização de diferentes registros de representação semiótica como ferramenta de ensino pode facilitar a aprendizagem dos alunos e torná-la mais eficaz. Os resultados da pesquisa sugerem que a aplicação da teoria de Duval no ensino de física pode ser uma estratégia promissora para melhorar a aprendizagem dos alunos e desenvolver suas habilidades de resolução de problemas.

9 REFERENCIAS

ARAÚJO, I. S.; VIET, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 26, p. 179, 2019.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. **Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016**. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes ou de informações identificáveis ou que possam vir a ser identificadas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 67, seção 1, p. 44-46, 08 abr. 2016.

CARDOSO, M. R. G.; OLIVEIRA, G. S.; GHELLI, K. G. M. ANÁLISE DE CONTEÚDO: UMA METODOLOGIA DE PESQUISA QUALITATIVA. **Cadernos da FUCAMP**, [s. l.], v. 20, p. 98, 2021.

CARVALHO, C. D. **Para Compreender Saussure: Fundamentos E Visão Crítica**. 20ªed. Petropolis (RJ): Editora Vozes, 2021.

COLLECTIVE. Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. **Educational Researcher**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 5–8, 2003.

COSTA, M. L. D. M.; CAMPOMANES, R. R.; HEIDEMANN, L. A. Referenciais inerciais e não inerciais: Uma abordagem cinemática por meio de videoanálise. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 46, p. e20230299, 2024.

DANTAS, H. L. D. L. *et al.* Como elaborar uma revisão integrativa: sistematização do método científico. **Revista Recien - Revista Científica de Enfermagem**, [s. l.], v. 12, n. 37, p. 334–345, 2022.

DUVAL, R. **Semiósis e Pensamento Humano: Registro semióticos e aprendizagens intelectuais**. Tradução: LÊNIO FERNANDO LEVY; MARISSA RASÔNI ABREU SILVEIRA. São Paulo (SP): LF Editorial, 2009a. (Contextos da Ciência).

FILHO, PAULO SERGIO DE CARVALHO; LABURU, C. E.; BARROS, M. A. D. **Dificuldades semióticas na construção de gráficos cartesianos em cinemática**. DOI: 10.5007/2175-7941.2011v28n3p546. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 546, 2011.

GIBBS, G. **ANÁLISE DE DADOS QUALITATIVOS**. Tradução: ROBERTO CATALDO COSTA. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009. (pesquisa qualitativa).

HENRIQUES, A.; ALMOULOD, S. A. Teoria dos registros de representação semiótica em pesquisas na Educação Matemática no Ensino Superior: uma análise de superfícies e funções de duas variáveis com intervenção do software Maple. **Ciência & Educação (Bauru)**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 465, 2016.

KROEF, R. F. D. S.; GAVILLON, P. Q.; RAMM, L. V. Diário de Campo e a Relação do(a) Pesquisador(a) com o Campo-Tema na Pesquisa-Intervenção. **Estudos e Pesquisas em Psicologia**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 464–480, 2020.

LEACH, J.; AMETLLER, K.; PHILL, S. **Establishing and communicating knowledge about teaching and learning scientific content: The role of design briefs**. Utrecht: CDBeta press, 2010. (Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education: proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as Professor of Physics Didactics at Utrecht University, v. 64).

LEITE, V. B.; ANDRADE-NETO, A. V. Conceitos de espaço, tempo e movimento na Mecânica Clássica e na Teoria da Relatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 45, p. e20220321, 2023.

LEITE, S. N.; VASCONCELLOS, M. D. P. C. Construindo o campo da pesquisa: reflexões sobre a sociabilidade estabelecida entre pesquisador e seus informantes. **Saúde e Sociedade**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 169–177, 2007.

LIMA, L. G. D. **A ABSTRAÇÃO NO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**. 2018. 229 f. Tese - Universidade de São Paulo- Faculdade de Educação, SÃO PAULO- SP, 2018. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-14122018-160748/pt-br.php>.

LIMA, L. G. D. A TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 196, 2019b.

MARTINELLI, D. D. S. P. **Geometria analítica com o software winplot: Articulando as representações algébricas e geométricas**. 2013. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRG), PORTO ALEGRE - RS, 2013.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 26, n. 5, p. 515–535, 2009.

NASCIMENTO, C. B.; OLIVEIRA, A. L. D. A Metodologia ativa de instrução pelos colegas associada à videoanálise de experimentos de cinemática como introdução ao ensino de funções. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 42, p. e20190162-1, 2020a.

NICOLAU, M. *et al.* Comunicação e Semiótica: visão geral e introdutória à Semiótica de Peirce. **Revista eletrônica de matemática**, [s. l.], v. 08, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/325603945>.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso De Física Básica**. 4. ed. SÃO PAULO- SP: Editora Edgard Blucher, 2002. v. 1

QUEIROZ, J. Sistemas semióticos, artefatos cognitivos, Umwelt – uma contribuição ao Design da Informação. **Revista Brasileira de Design da Informação**, [s. l.], v. 7, p. 7, 2010.

SANTAELA, L. **O que é semiótica**. São Paulo (SP): Brasiliense, 1983. (primeiros passos, v. 103).

SANTOS, C. AP. B. D.; CURI, E. REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 85, 2012.

SOUZA, E. S. R. D. **MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA: Registros de Representação Semiótica**. 2010. 123 f. Dissertação - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ (UFPA), Belém, 2010.

SOUZA, P. V. S.; DONANGELO, R. Velocidades média e instantânea no Ensino Médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 3503–1, 2012.

SOUZA, M. T. D.; SILVA, M. D. D.; CARVALHO, R. D. Integrative review: what is it? How to do it?. **Einstein (São Paulo)**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 102–106, 2010.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como Ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

10 APÊNDICE A: TESTE 1 DE VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM

AGRADECEMOS SUA PARTICIPAÇÃO NESTA PESQUISA ATÉ AQUI!

Concluídas as 3 aulas expositivas sobre Movimento Retilíneo Uniforme sob a ótica da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, convidamos você a realizar este teste para avaliarmos sua aprendizagem.

Suas respostas são muito importantes para aprimorarmos nossas práticas de ensino.

INSTRUÇÕES

- 1 **Leia atentamente cada questão e responda da forma mais completa possível.**
- 2 **Utilize seu conhecimento sobre Movimento Retilíneo Uniforme para fundamentar suas respostas.**
- 3 **Não se preocupe se não souber todas as respostas. O objetivo deste teste é avaliar seu aprendizado geral.**
- 4 **Você terá 45 minutos para concluir o teste.**

BOA SORTE! 😊

Professor Pesquisador Responsável

Ismael Freire Bata

Secretária de Educação do Estado do Amazonas

ismael.bata@prof.am.gov.br

José Galúcio Campos

Instituto Federal do Amazonas

jose.campos@ifam.edu.br

AVALIANDO A APRENDIZAGEM DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME A LUZ DA TERORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA

Questão 1: (Livro 2, capítulo 6, p. 12) A tabela apresenta os registros das posições e dos respectivos instantes de tempo de um movimento uniforme. Qual o valor x da posição no instante de tempo 8s?

Tabela 15. Valores da posição e do tempo de um movimento retilíneo uniforme.

S (cm)	20	80	140	200	x	320
t (s)	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10

Fonte: Castro; *et al.* (2024).

Questão 2: (Livro 2, capítulo 6, p.17 (PUC-SP-Adaptada)) Analisando o movimento de certo móvel, percebe-se três intervalos de tempo independentes e em sequência, durante os quais a velocidade mantém o valor constante (ainda que diferente entre os intervalos de tempo). Os valores das velocidades e as durações de cada intervalo de tempo estão registrados na tabela a seguir.

Tabela 16 - Valores da velocidade e duração de cada intervalo.

Intervalo	Duração do intervalo (h)	Velocidade (km/h)
1	0,10	20
2	0,40	60
3	0,20	20

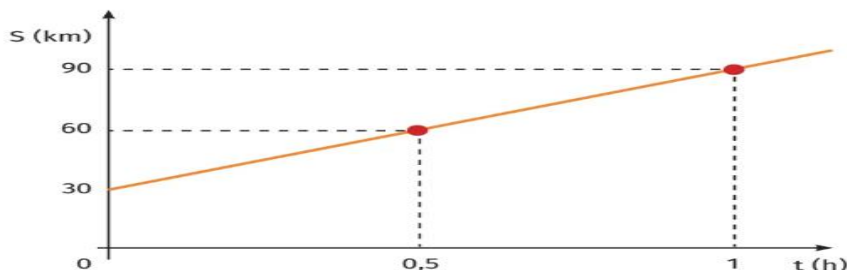
Fonte: Castro; *et al.* (2024).

Com base nessas informações desenhe (esboce) o gráfico da aceleração ao longo do tempo (conforme representado na tabela).

Pesquisa apoiada e incentivada por:

Questão 3: (Livro 2, capítulo 6, p. 15) O gráfico da Imagem 8, mostra os registros das posições ocupadas por um móvel em diferentes instantes de seu movimento (retilíneo e uniforme). Com base nos dados, determine o valor da velocidade (constante) desse movimento e a equação que relaciona as posições (S), em km, com o tempo (t), em h.

Imagem 20 - Gráfico da posição em função do tempo de um movimento retilíneo uniforme



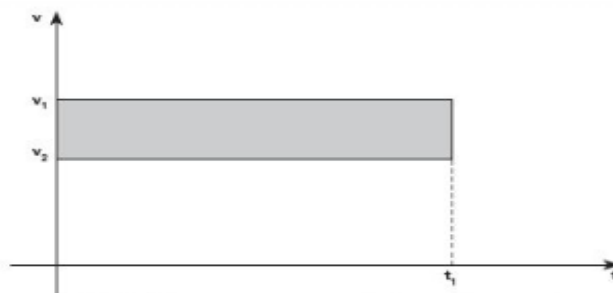
Fonte: Castro; *et al.* (2024).

Questão 4: (SAS- p. 18- CAP. 6) MACKENZIE-Adaptada) Uma partícula descreve um movimento retilíneo uniforme, segundo um referencial inercial. A equação da posição, com dados no SI, é $S = -2 + 5t$. Nesse caso, pode-se afirmar que a velocidade escalar da partícula é.

- 2 m/s, e o movimento é retrógrado.
- 2 m/s, e o movimento é progressivo.
- 5 m/s, e o movimento é progressivo.
- 5 m/s, e o movimento é retrógrado.
- 2,5 m/s, e o movimento é retrógrado.

Questão 5: (Banco de questões SAS- questão 9158551) os gráficos da velocidade (v) em função do tempo (t) de dois automóveis, 1 e 2, são mostrados na Imagem abaixo.

Imagem 21 - Gráfico da velocidade em função do tempo para os automóveis 1 e 2



Fonte: Castro; *et al.* (2024).

A área sombreada representa a distância entre os automóveis no instante t_1 , medida ao longo da trajetória, na seguinte situação:

- Os automóveis partiram da mesma posição, sobre a mesma trajetória e em instantes diferentes.
- Os automóveis partiram no mesmo instante, sobre a mesma trajetória e de diferentes posições
- Os automóveis partiram no mesmo instante, da mesma posição e sobre trajetórias diferentes
- Somente se partiram da mesma posição, no mesmo instante e sobre a mesma trajetória.
- Somente se partiram de posição, instante e trajetórias diferentes

AGRADECEMOS SUA PARTICIPAÇÃO NESTA PESQUISA ATÉ AQUI!

Concluídas as 3 aulas expositivas sobre Movimento Retilíneo Uniforme sob a ótica da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, convidamos você a realizar este teste para avaliarmos sua aprendizagem.

Suas respostas são muito importantes para aprimorarmos nossas práticas de ensino.

INSTRUÇÕES

1 NAS QUESTÕES DISCURSIVAS, questões 1, 2 e 3, indique o número da questão e alternativa que está sendo respondida, caso haja.

2 NAS QUESTÕES OBJETIVAS, indique apenas a questão e a alternativa correta, caso queira justificar fique à vontade.

3 Você terá 45 minutos para concluir o teste.

BOA SORTE! 😊

Professor Pesquisador Responsável

Ismael Freire Bata

Secretária de Educação do Estado do Amazonas

ismael.bata@prof.am.gov.br

José Galúcio Campos

Instituto Federal do Amazonas

jose.campos@ifam.edu.br

**AVALIANDO A APRENDIZAGEM DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME A LUZ DA
TERORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA
FOLHA DE RESPOSTAS**

11 APÊNDICE B: TESTE 2 DE VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM

AGRADECEMOS SUA PARTICIPAÇÃO NESTA PESQUISA ATÉ AQUI!

Concluídas as 3 aulas expositivas sobre Movimento Retilíneo Uniformemente Variado sob a ótica da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, convidamos você a realizar este teste para avaliarmos sua aprendizagem.

Suas respostas são muito importantes para aprimorarmos nossas práticas de ensino.

INSTRUÇÕES

- 1 **Leia atentamente cada questão e responda da forma mais completa possível.**
- 2 **Utilize seu conhecimento sobre Movimento Retilíneo Uniformemente Variado para fundamentar suas respostas.**
- 3 **Não se preocupe se não souber todas as respostas. O objetivo deste teste é avaliar seu aprendizado geral.**
- 4 **Você terá 45 minutos para concluir o teste.**

BOA SORTE! 😊

Professor Pesquisador Responsável

Ismael Freire Bata

Secretária de Educação do Estado do Amazonas

ismael.bata@prof.am.gov.br

José Galúcio Campos

Instituto Federal do Amazonas

jose.campos@ifam.edu.br

AVALIANDO A APRENDIZAGEM DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO A LUZ DA TERORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA

Questão 1: (Livro 2, capítulo 7, p.25) Com base na tabela (na qual estão registrados os valores da velocidade de um móvel em instantes sucessivos de seu movimento com aceleração escalar constante) determine a relação entre a velocidade e o tempo.

Tabela 17 – Relação entre os valores da velocidade e do tempo ao longo do movimento.

t (s)	1	2	3	4	5
v (m/s)	20	23	26	29	32

Fonte: Castro; *et al.* (2024).

Questão 2: (Autoria própria) Com o avanço tecnológico é comum que encontremos carros que mudam sua velocidade abruptamente em questão de segundos, carros capazes de desenvolver grandes acelerações são uma realidade atual, um exemplo deste fato é o Bugatti Chiron Super Sport 300+, modelo francês, que em 2019 atingiu aproximadamente 491 km/h, 136 m/s, na pista Era-Lessin, na Alemanha (Sixt, 2022). Entretanto, entender a variação da velocidade em função do tempo, passa por entender o comportamento da aceleração em função do tempo. Suponha que ao analisando o movimento de um Bugatti Chiron Super Sport 300+, percebe-se três intervalos de tempo independentes e em sequência, durante os quais a aceleração mantém o valor constante (ainda que diferente entre os intervalos de tempo). Conforme a tabela abaixo.

Tabela 18 – Intervalos, duração, início e término de cada intervalo e a sua aceleração ao longo do movimento.

Intervalo	Duração do intervalo (s)	“Início” e término do intervalo (s)	Aceleração m/s^2
1	2s	0s a 2s	30 m/s^2
2	3s	2s a 5s	50 m/s^2
3	5s	5s a 10s	70 m/s^2

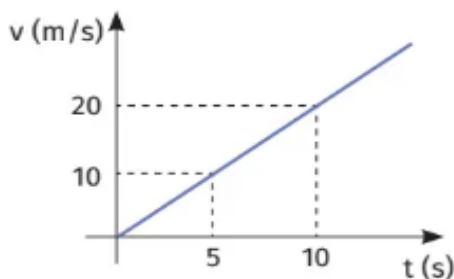
Fonte: Autoria própria (2025).

Com base nessas informações desenhe (esboce) o gráfico da aceleração ao longo do tempo (conforme representado na tabela).

Pesquisa apoiada e incentivada por:

Questão 3: (Livro 2, capítulo 7, p.33- PUC-RJ, Adaptada) O movimento de um objeto pode ser descrito pelo gráfico velocidade versus tempo apresentado a seguir.

Imagem 28 - Gráfico da velocidade em função do tempo de um movimento retilíneo uniformemente variado.



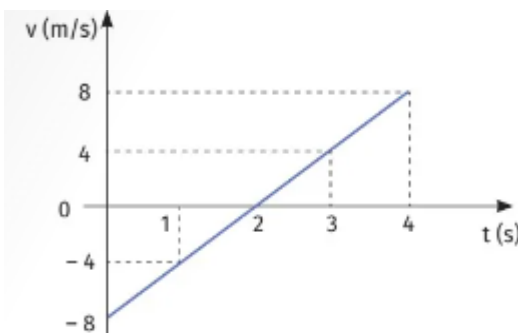
Fonte: Castro; et al. (2024).

- Quanto vale, em m/s^2 , a aceleração desse movimento?
- Determine a equação que relaciona a velocidade (v), em m/s, com o tempo (t), em s, a função horária da velocidade.

Questão 4: (Livro 2, capítulo 7, p. 26, Adaptada) Um determinado móvel desloca-se com movimento retilíneo e uniformemente variado seguindo a equação que relaciona velocidade e tempo $v = 15 + 20t$ (com velocidade medida em metros por segundos). Com base nestas informações podemos afirmar que este movimento pode ser classificado como:

- ☐ Acelerado, com aceleração de $20 m/s^2$.
- ☐ Retardado, com aceleração de $-20 m/s^2$.
- ☐ Uniforme, com aceleração nula.
- ☐ Acelerado, com aceleração de $-20 m/s^2$.
- ☐ Retardado, com aceleração de $20 m/s^2$.

Questão 5: (Livro 2, capítulo 7, p.36, Adaptada) O gráfico registra os valores da velocidade em diversos instantes de um movimento variado uniformemente



- ☐ O movimento é acelerado e retrógrado em todo o intervalo de tempo.
- ☐ O movimento é acelerado e progressivo em todo o intervalo de tempo.
- ☐ O movimento é acelerado e retrógrado de 0 a 2 segundos, e acelerado e progressivo de 2 a 4 segundos.
- ☐ O movimento é uniformemente variado e retrógrado em todo o intervalo de tempo.
- ☐ O movimento é retardado e retrógrado de 0 a 2 segundos e acelerado e progressivo de 2 a 4 segundos.

AGRADECEMOS SUA PARTICIPAÇÃO NESTA PESQUISA ATÉ AQUI!

Concluídas as 3 aulas expositivas sobre Movimento Retilíneo Uniforme sob a ótica da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, convidamos você a realizar este teste para avaliarmos sua aprendizagem.

Suas respostas são muito importantes para aprimorarmos nossas práticas de ensino.

INSTRUÇÕES

4 **NAS QUESTÕES DISCURSIVAS, indique o número da questão e alternativa que está sendo respondida, caso haja.**

5 **NAS QUESTÕES OBJETIVAS, indique apenas a questão e a alternativa correta, caso queira justificar fique à vontade.**

6 **Você terá 45 minutos para concluir o teste.**

BOA SORTE! 😊

Professor Pesquisador Responsável

Ismael Freire Bata

Secretária de Educação do Estado do Amazonas

ismael.bata@prof.am.gov.br

José Galúcio Campos

Instituto Federal do Amazonas

jose.campos@ifam.edu.br

**AVALIANDO A APRENDIZAGEM DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE
VARIADO A LUZ DA TERORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA
FOLHA DE RESPOST**

12 APÊNDICIE C: CARTA DE ANUÊNCIA



GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS
POLÍCIA MILITAR DO AMAZONAS
COLÉGIO MILITAR DA POLÍCIA MILITAR I – UNIDADE PETRÓPOLIS



CARTA DE ANUENCIA DO LOCAL DA COLETA DE DADOS E IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Manaus, 12 de julho de 2024.

Prezado Ismael Freire Bata, mestrando do Mestrado Profissional no Ensino de Física-MNPEF, polo 04, cediado pelo IFAM Campus Centro e UFAM campus Manaus.

Em atenção ao seu pedido de autorização para a coleta de dados e/ou implementação de um produto educacional, como parte da elaboração de sua dissertação de mestrado, vem por meio deste, declarar que tenho conhecimento e autorizo a realização da coleta de dados para o desenvolvimento do produto educacional e dissertação, para a realização das atividades descritas em seu plano de trabalho.

DETALHAMENTO DA PESQUISA

TÍTULO: Metodologia e avaliação do ensino de movimento uniforme e uniformemente variado sob a perspectiva semiótica de Duval.

OBJETIVO: Avaliar a efetividade da Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Duval como ajuste psicológico para ocorrência da aprendizagem de conceitos cinemáticos para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II.

IMPLEMENTAÇÃO E DE COLETA DE DADOS: Serão ministradas 6 aulas conceituais sobre MRU e MRUV. As aulas serão ministradas a luz da teoria dos registros de representação semiótica para o grupo de intervenção e conforme a metodologia de ensino tradicional ao grupo de controle. A Coleta de dados ocorrerá durante 2 aulas por meio de dois testes de aprendizagem que avaliarão a aprendizagem em relação aos conteúdos de movimento uniforme e uniformemente variado, respectivamente. Tanto as aulas como os testes serão aplicados nos horários de aula da disciplina de iniciação à física dos grupos.

PÚBLICO ALVO: 4 turmas de alunos do 9º ano do ensino fundamental II.

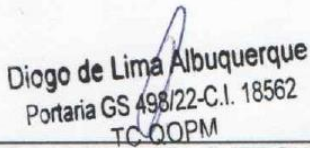
DATA DE INÍCIO E TÉRMINO: Com início previsto para o dia 10/07/2024 e encerramento para o dia 10/08/2024.

O CMPM I se compromete a apoiar esta pesquisa, respeitando todas as normas e diretrizes estabelecidas para garantir a integridade e a confidencialidade dos dados coletados. É importante que todas as atividades sejam realizadas de acordo com as regulamentações e com o devido cuidado para minimizar qualquer impacto sobre o ambiente escolar e seus participantes.

Por favor, certifique-se de que todos os participantes e partes interessadas sejam devidamente informados sobre o projeto e obtenham o consentimento necessário, conforme exigido pelas leis aplicáveis.

Estamos à disposição para colaborar e apoiar o desenvolvimento do seu projeto. Caso haja necessidade de ajustes ou informações adicionais, não hesite em entrar em contato conosco.

Atenciosamente,



Diogo de Lima Albuquerque
Portaria GS 498/22-C.I. 18562
TC QOPM

DIOGO DE LIMA ALBUQUERQUE- TC QOPM
PORT GS498/2022
Diretor do CMPM I

DISCIPLINA, HONRA E EDUCAÇÃO- CMPM

Rua Antônio Passos de Miranda, s/n, esquina da Codajás- Petrópolis- Manaus-AM- 69063-180
Fone/Fax: (92) 3214-9525/99528-9527- e-mail: colegiomilitar@seduc.am.gov.br

13 APÊNDICE D: TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Convidamos você, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais], para participar como voluntário (a) da pesquisa: Metodologia e avaliação do ensino de movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado sob a perspectiva semiótica de Duval. Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador Ismael Freire Bata, residente na Rua Beco Joaquim Ribeiro, n. 301, São Francisco, CEP 69063-143. Para contato com o pesquisador responsável use o número de telefone (96) 99148-4618 e/ou pelo e-mail ismaelfbata@gmail.com que está sob a orientação do prof. Dr. José Galúcio Campos que pode ser contactado pelo e-mail jose.campos@ifam.edu.br.

Este Termo de Consentimento pode conter informações que você não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que esteja bem esclarecido (a) sobre sua participação na pesquisa. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer pagamento para participar. Você será esclarecido(a) sobre qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Após ler as informações a seguir, caso aceite participar do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é para ser entregue aos seus pais para guardar e a outra é do pesquisador responsável. Caso aceite participar, não haverá nenhum problema se desistir, é um direito seu. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

A pesquisa tem como objetivo investigar o potencial didático do uso de novas teorias de aprendizagem no auxílio do favorecimento da ocorrência de aprendizagem em Física para o ensino fundamental II, desenvolvendo atividades interativas, de modo a incentivar o contato dos alunos com conceitos relacionados à Física pelo uso de diferentes representações de um mesmo fenômeno da natureza.

A sua participação nesta pesquisa consistirá em responder testes após assistir aulas expositivas que serão elaborados em conformidade com a Teoria de aprendizagem dos Registros de Representação Semiótica de Duval. O tempo necessário para responder aos questionários não será maior que 45 minutos, um tempo de aula. A pesquisa será realizada no CMPM 1, nos períodos do segundo e terceiro trimestre. Todas as atividades acontecerão

Pesquisa apoiada e incentivada por:

normalmente nos horários das aulas da disciplina de Iniciação à Física, sem necessitar de horário extra para suas aplicações. Você não terá nenhuma despesa nem tampouco será submetido a algum risco.

Seu nome será mantido em sigilo, assegurando toda privacidade antes, durante e depois da pesquisa.

Os dados coletados serão exclusivamente utilizados para fins desta pesquisa.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (testes de aprendizagem) ficarão armazenados em pastas de arquivo e em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador e do orientador, nos endereços (acima informados), pelo período de no mínimo 5 anos. Nem você e nem seus pais [ou responsáveis legais] pagarão nada para você participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação e de seus pais serão assumidas ou ressarcidas pelos pesquisadores. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.


Assinatura do pesquisador (a)


Assinatura do pesquisador (a)

ASSENTIMENTO DO MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo Metodologia e avaliação do ensino de movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado sob a perspectiva semiótica de Duval, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precisemos pagar nada.

Local e data _____

Assinatura do(a) responsável pelo(a) menor:

Assinatura do (da) menor:

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. 2 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome da testemunha 1:

Assinatura da testemunha 1

Nome da testemunha 2:

Assinatura da testemunha 2

14 APÊNDICE E: TERMO CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA

TÍTULO DO PROJETO: O ensino do movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado sob a perspectiva semiótica de duval				
ÁREA DO CONHECIMENTO: Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática		NÚMERO DE PARTICIPANTES: 147		
CURSO: Mestrado Profissional em Ensino de Física		UNIDADE: POLO 04- UFAM e IFAM		
PROJETO MULTICÊNTRICO	(X) Sim () Não	(X) Nacional () Internacional	Cooperação Estrangeira	() Sim (X) Não
PATROCINADOR DA PESQUISA: Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)				
INSTITUIÇÃO ONDE SERÁ REALIZADO: Colégio Militar da Polícia Militar do Amazonas 1 (CMPM 1)				
NOME DOS PESQUISADORES: Prof. Ismael Freire Bata ¹² Prof. Dr. José Galucio Campos ¹³				

Você está sendo convidado (a) para participar do projeto de pesquisa acima identificado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas, se desistir, a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo para você

2. IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

Nome:		Nacionalidade:
Data de nascimento:		Profissão:
RG:	Telefone: ()	
E-mail:		
Endereço:		

3. IDENTIFICAÇÃO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL

NOME: Ismael Freire Bata	TELEFONE: (96) 99148-4618
PROFISSÃO: Professor	E-MAIL: ismaelfbata@gmail.com
ENDEREÇO: Beco Joaquim Ribeiro, n. 301, São Francisco, CEP 69.063-143, Manaus-AM.	

¹²Professor na Secretária de Educação do Estado do Amazonas (SEDUC-AM), lotado no CMPM 1, Av. Codajás, s/n, Manaus-AM CEP 69063-390. Mestrando no Mestrado Profissional no Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física (SBF), polo 04. Bolsista CAPES.

¹³ Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Av. Sete de Setembro, 1975, Manaus, AM, CEP 69020-120.

Eu, participante da pesquisa, abaixo assinado(a), após receber informações e esclarecimento sobre o projeto de pesquisa, acima identificado, concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) e estou ciente:

4. DA JUSTIFICATIVA E DOS OBJETIVOS PARA REALIZAÇÃO DESTA PESQUISA

Nesta pesquisa pretendemos determinar o ganho de aprendizagem oriundo do uso da teoria de registros de representação semiótica de Raymond Duval, teoria de aprendizagem cognitiva, no processo de ensino aprendizagem do movimento retilíneo uniforme e uniformemente variável para alunos do 9º ano do ensino fundamental II. Os alunos participantes dessa pesquisa terão a oportunidade de entender como os seres humanos atribuem significado às coisas, como interpretamos e criamos sentido a partir do mundo ao nosso redor, como e porque criamos representações simplificadas para o movimento.

5. DO OBJETIVO DE MINHA PARTICIPAÇÃO

Minha participação é de suma importância para essa pesquisa, pois os resultados encontrados ao término da mesma poderão contribuir no melhor entendimento dos conteúdos e conceitos abordados em cinemática, para o 9º ano do ensino fundamental II, bem como na análise do uso da teoria dos registros de representação semiótica no ensino de física.

6. DO PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS

A coleta de dados será feita através de dois testes de aprendizagem, sendo um realizado após a aplicação do objeto de conhecimento da primeira unidade de ensino do produto educacional e a outra realizada após a aplicação do objeto de conhecimento da segunda unidade que serão fundamentadas de acordo com metodologia de ensino desenvolvida com base na teoria de ensino aprendizagem de Raymond Duval, psicólogo e filósofo francês. A pesquisa será feita na própria instituição de ensino, em sala de aula, no horário das aulas onde os participantes estudam, sem comprometer o horário escolar.

7. DA UTILIZAÇÃO, ARMAZENAMENTO E DESCARTE DAS AMOSTRAS

Os dados coletados serão exclusivamente utilizados para fins desta pesquisa, que serão publicados no trabalho de conclusão do curso de mestrado do pesquisador bem como em artigos científicos e comunicações em congresso, mas sem identificar os alunos que participaram, podendo ser usados em pesquisas futuras. Os dados coletados nesta pesquisa (testes) ficarão

armazenados em pastas de arquivo em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador e do orientador, nos endereços (acima informados), pelo período de 5 anos.

8. DOS DESCONFORTOS E DOS RISCOS

Os testes embora simples de serem aplicados, é um instrumento que pode eventualmente causar algum tipo de constrangimento ou até mesmo cansaço da pessoa respondente a ele. No entanto ressaltamos que o participante tem toda liberdade de parar de respondê-lo, e até mesmo, se não quiser, interromper sua participação na pesquisa, se assim se sentir melhor. Há a possibilidade, também, de quebra accidental de confidencialidade.

9. DOS BENEFÍCIOS.

Como benefícios aos estudantes participantes, prevemos: Aprendizagem de um método para avaliar sua própria aprendizagem; Desenvolvimento de habilidades prevista na Base Nacional Comum Curricular (BNCC); Aumento da compreensão de conteúdos específicos da disciplina de física e; Feedback Imediato. Para a Instituição de ensino, prevemos como principais benefícios, a promoção de estratégias de aprendizagem inovadoras e um ganho na aprendizagem para os alunos dela. De maneira geral, os dados que serão obtidos poderão ser utilizados para implementar novas formas de ensinar física, assim como, contribuirão para demonstrar se o ensino de física, via metodologia a Teoria dos Registros de Representação Semiótica, podem ser ou não um caminho interessante a ser seguido.

10. DA FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA

A pesquisa poderá gerar um desconforto eventual ao responder as questões. Se esse for o caso, os participantes poderão responder as questões em momento e/ou local mais apropriado.

11. DA LIBERDADE DE RECUSAR, DESISTIR OU RETIRAR MEU CONSENTIMENTO

Tenho a liberdade de recusar, desistir ou de interromper a colaboração nesta pesquisa quando desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A minha desistência não causará nenhum prejuízo a mim.

12. DA GARANTIA DE SIGILO E DE PRIVACIDADE

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, congressos e dissertação, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados.

13. DA GARANTIA DE ESCLARECIMENTO E INFORMAÇÕES A QUALQUER TEMPO

Tenho a garantia de tomar conhecimento e obter informações, a qualquer tempo, dos procedimentos e métodos utilizados neste estudo, bem como dos resultados desta pesquisa. Para tanto, poderei consultar os **pesquisadores responsáveis: Ismael Freire Bata, pelo e-mail: ismaelfbata@gmail.com** ou **José Galúcio Campos, e-mail jose.campos@ifam.edu.br**.

Declaro que obtive todas as informações necessárias e esclarecimento quanto às dúvidas por mim apresentadas e, por estar de acordo, assino o presente documento em duas vias de igual conteúdo e forma, ficando uma em minha posse.

Manaus-AM, ____ de _____ de 2024.

Participante da pesquisa



Pesquisador Responsável

Responsável do participante



Pesquisador Responsável