

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
DOUTORADO EM ENSINO DE FÍSICA

**FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS PARA A MEDIDA DE CARGA
COGNITIVA E DO CONHECIMENTO PRÉVIO NUM CONTEXTO DE
ENSINO DE CINEMÁTICA COM O AUXÍLIO DE UMA HIPERMÍDIA**

TESE DE DOUTORADO

ÂNGELO MOZART MEDEIROS DE OLIVEIRA

PORTO ALEGRE
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
DOUTORADO EM ENSINO DE FÍSICA

**FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS PARA A MEDIDA DE CARGA
COGNITIVA E DO CONHECIMENTO PRÉVIO NUM CONTEXTO DE
ENSINO DE CINEMÁTICA COM O AUXÍLIO DE UMA HIPERMÍDIA**

ÂNGELO MOZART MEDEIROS DE OLIVEIRA

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob orientação do Prof. Marco Antonio Moreira, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ensino de Física

PORTO ALEGRE
2016

ÂNGELO MOZART MEDEIROS DE OLIVEIRA

FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS PARA A MEDIDA DE CARGA COGNITIVA E DO CONHECIMENTO PRÉVIO NUM CONTEXTO DE ENSINO DE CINEMÁTICA COM O AUXÍLIO DE UMA HIPERMÍDIA

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob orientação do Prof. Marco Antonio Moreira, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ensino de Física

Aprovado em 09 de dezembro de 2016

Banca Examinadora

Dr. (Pres.) Marco Antonio Moreira (UFRGS)

Dr. Francisco Catelli(UCS)

Dr. Agostinho Serrano de Andrade (ULBRA/RS)

Dr. Silvio Luiz Souza Cunha (UFRGS)

Dra. Daniela Borges Pavani (UFRGS)

Fundamentos metodológicos para a medida de carga cognitiva e do conhecimento prévio num contexto de ensino de cinemática com o auxílio de uma hipermídia

RESUMO

Neste trabalho foi estudada a utilização de um sistema hipermídia como um instrumento de avaliação de conhecimento prévio e de medida educacional, dentro da perspectiva da teoria da carga cognitiva e da teoria da aprendizagem significativa, em ensino de cinemática. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura em hipermídias adaptativas e a resolução de problemas. A parte experimental do trabalho foi fundamentada na literatura em hipermídias e os resultados foram analisados com o citado aporte teórico. Para tanto, foi desenvolvida uma aproximação teórica entre a aprendizagem significativa e a teoria da carga cognitiva, juntamente com os aspectos teóricos elaborados pela literatura em hipermídia adaptativa. Em um primeiro estudo, foi desenvolvida uma metodologia exploratória para a construção de uma hipermídia programada para registrar dados referentes às respostas dos alunos, e, também, a sua navegação dentro da hipermídia durante um teste sobre velocidade média, sendo aplicado a um grupo de alunos do primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, no *campus* Ibirubá, RS, Brasil. O primeiro estudo revelou que a atribuição teórica da dificuldade das questões foi satisfatória e que os alunos possuem a tendência de se estabilizar em determinada dificuldade. No segundo estudo, aplicado sobre alunos do primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, no *campus* Bento Gonçalves, RS, Brasil, foi abordado um estudo de caso, onde o conteúdo produzido pelos alunos foi analisado a partir da sua interação com a hipermídia num contexto de ensino de cinemática, só que agora com uma carga de matéria superior ao primeiro estudo e não apenas sobre a velocidade média. Além de corroborar a atribuição da dificuldade das questões, percebeu-se que não é possível alinhar o estilo cognitivo do aluno com o seu estilo de navegação. Sob a luz do referencial teórico, tentou-se entender esses resultados e fez-se uma crítica à lógica da tentativa de utilizar o estilo cognitivo como método de adaptação da navegação. Por fim, sugere-se uma série de diretrizes que devem ser seguidas para futuros estudos em hipermídias adaptativas no ensino de cinemática.

Palavras-chave: Cinemática. Aprendizagem Significativa. Carga Cognitiva. Conhecimento Prévio. Resolução de Problemas. Adaptação. Estilo Cognitivo. Hipermídia.

Methodological grounds for the assessment of cognitive load and of a previous knowledge in the context of kinematics teaching with the aid of a hypermedia

ABSTRACT

In this research it was analyzed the use of a hypermedia system as a evaluating instrument of previous knowledge and learning assessment, within the perspective of the cognitive load theory and of the meaningful learning theory, in the teaching of kinematics. For this, initially a review of the literature on adaptative hypermedia and problem solving. The experimental part of research was based on the literature about hypermedia and the findings were interpreted in the light of these theories. It was also made a theoretical approximation between the meaningful learning theory and the cognitive load theory, together with the theoretical features of adaptative hypermedia found in the literature. In the first study an exploratory methodology was developed for the construction of a hypermedia programmed to make records of the answers given by the students as well as their browsing within the hypermedia during a test on average speed applied to students of high school first year of the Federal Institute of Rio Grande do Sul, Ibirubá campus, Brazil. Findings of the first study suggest that the theoretical distribution of the difficult level of the questions was satisfactory and that the students tend to stay in the certain difficult. The second study was carried out with high school first year students of the Federal Institute of Rio Grande do Sul, campus Bento Gonçalves, Brazil. A case study was done, in which the content produced by students in their interaction with the hypermedia in the context of kinematics teaching was analyzed, but in this case with a context load higher than in the first study that was just about average speed. In addition of corroborating the level of difficult of the question it was found that it is not possible to align the students cognitive style and their browsing style, In the light of the theoretical framework an attempt was made to interpret these findings and a critical position was assumed regarding the logic of using cognitive style as adaptative method of browsing. At the end, a series guideline is proposed for future studies about the use of adaptative hypermedia in the teaching of kinematics.

Keywords: Kinematics. Meaningful learning. Cognitive load. Previous knowledge. Problem solving. Adaptation. Cognitive style. Hypermedia.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	17
2.1 Resolução de Problemas.....	18
2.2 Conceito de Adaptação.....	21
2.3 Hipermídias Adaptativas	25
2.3.1 Conteúdo	30
2.3.2 Navegação	31
2.3.3 Apresentação	33
2.3.4 HAE e Estilos Cognitivos	33
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	37
3.1 Teoria da Carga Cognitiva	37
3.1.1 Princípios da TCC.....	38
3.1.2 Fontes de Carga Cognitiva	39
3.1.3 Efeitos da Carga Cognitiva	42
3.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa.....	44
3.2.1 Teoria da Assimilação	46
3.2.2 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora.....	48
3.2.3 Avaliação.....	49
3.3 Relação da Aprendizagem Significativa com a TCC, HAE e Teoria Holistica/Serialista	50
4. ESTUDO I	54
4.1 Metodologia.....	54
4.2 Estudos Exploratórios.....	55
4.3 Outras Considerações	57
4.4 Construindo Problemas com o Auxílio da TCC.....	63
4.5 Construção da Hipermídia.....	65

4.6	Público Alvo, Elaboração das Questões e Material de Consulta.	66
4.6.1	Problemas de Dificuldade 1	69
4.6.2	Problemas de Dificuldade 2	69
4.6.3	Problemas de Dificuldade 3	69
4.6.4	Problemas de Dificuldade 4	70
4.6.5	Problemas de Dificuldade 5	70
4.6.6	Problemas de Dificuldade 6	70
4.6.7	Problemas de Dificuldade 7	71
4.6.8	Problemas de Dificuldade 8	71
4.6.9	Problemas de Dificuldade 9	71
4.6.10	Problemas de Dificuldade 10	72
4.7	Análise de Desempenho	74
4.8	Análise das Questões	78
4.9	Análise do Material Recolhido	79
5.	ESTUDO II.....	82
5.1	Metodologia.....	82
5.2	O Caso.....	84
5.3	A Hipermídia	85
5.4	Resultados.....	89
5.4.1	Quando os alunos estão conhecendo a hipermídia.....	91
5.4.2	Quando o aluno não consulta mais o material	95
5.4.3	Avaliação do conhecimento prévio ou intervenção conceitual	100
5.4.4	Análise dos resultados e sobre a consistência de uma adaptação na navegação.....	105
6.	DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA HIPERMÍDIA ADAPTATIVA EM CINEMÁTICA	118
7.	CONCLUSÃO	120
8.	BIBLIOGRAFIA	123

APÊNDICE A – Material de Consulta do Estudo I.....	131
APÊNDICE B – Conteúdo da Hipermídia Modificada para o Estudo II.....	136
APÊNDICE C – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de Velocidade Média.....	153
APÊNDICE D – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de MRU.....	154
APÊNDICE E – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de Gráficos do MRU	156
APÊNDICE F – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de MRUV	158
APÊNDICE G – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de MQL	159
APÊNDICE H – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de Gráficos do MRUV	160
APÊNDICE I – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de Lançamento de Projétil.....	162
APÊNDICE J – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO... 	164
APÊNDICE K – ANÁLISE DE VALIDADE DE CONTEÚDO	165
APÊNDICE L – OPINIÕES DE ALGUNS ALUNOS SOBRE A HIPERMÍDIA ..	166

Lista de Figuras

Figura 1: Componentes principais de um sistema de HA (Palazzo, 2008b).....	29
Figura 2: Diagrama que mostra os espaços destinados às cargas cognitivas.....	42
Figura 3: Diagrama com uma representação esquemática da teoria da assimilação (adaptado de Moreira, 2004).	46
Figura 4: Página principal da hiperímia com destaque para o espaço de problemas.....	66
Figura 5: Início do conteúdo conceitual de velocidade média.....	68
Figura 6: Gráficos de desempenho analítico de alguns alunos.....	75
Figura 7: Gráficos de desempenho analítico comparado dos alunos que obtiveram nota 8,70.....	76
Figura 8: Tela de login no sistema.....	86
Figura 9: Tela de instruções.....	87
Figura 10: Disposição dos elementos dentro da hiperímia.....	88
Figura 11: Disposição do submenu.....	88
Figura 12: Elementos que compõem o Gráfico DNAV.....	89
Figura 13: Elementos que compõem o Gráfico SNAV.....	91
Figura 14: Gráfico DNAV da velocidade média do aluno 6.....	93
Figura 15: Gráfico SNAV da velocidade média do aluno 6.....	93
Figura 16: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 6.....	94
Figura 17: Gráfico DNAV e SNAV do gráfico do MRU para o aluno 6.....	94
Figura 18: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 4.....	95
Figura 19: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 18.....	96
Figura 20: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 12.....	96
Figura 21: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 7.....	97
Figura 22: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRU para o aluno 3.....	99
Figura 23: O aluno 3 tenta resolver o problema de forma algorítmica.....	99
Figura 24: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 6.....	101
Figura 25: Tentativa de resposta do aluno 6 à questão de dificuldade 3.....	102
Figura 26: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 8.....	103
Figura 27: Tentativas de resposta do aluno 8 à questão de dificuldade 3.....	103
Figura 28: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 29.....	104
Figura 29: Tentativas de resposta do aluno 29 à questão de dificuldade 3.....	104
Figura 30: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 4.....	106
Figura 31: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRUV para o aluno 4.....	107
Figura 32: Gráfico DNAV e SNAV do Lançamento de Projéteis para o aluno 4.....	108

Figura 33: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 9.	109
Figura 34: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRUV para o aluno 9.	109
Figura 35: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 20.	111
Figura 36: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRU para o aluno 4.....	112
Figura 37: Gráfico DNAV e SNAV da Velocidade Média para o aluno 33.	114
Figura 38: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 33.	115
Figura 39: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRU para o aluno 33.....	116

Lista de Tabelas

Tabela 1: Preferência de navegação entre holistas e serialistas (Mampadi et al., 2011).....	35
Tabela 2: Alguns efeitos da carga cognitiva e como reduzir a carga cognitiva alheia (Adaptado de Artino, 2008).....	44
Tabela 3: Exercícios que serão analisados segundo a TCC.	64
Tabela 4: Aumento da carga cognitiva de acordo com a característica/resolução do problema.	68
Tabela 5: Problema característico do grupo de dificuldade e a carga cognitiva atribuída.	73
Tabela 6: Comparação de páginas consultadas por alunos com nota 8,70.....	77
Tabela 7: Comparação de páginas consultadas por alunos com nota 5,60. O aluno 27 teve nota 5,55 e o aluno 28 teve nota 5,63.	77
Tabela 8: Análise da consistência das dificuldades atribuídas a cada questão.	79
Tabela 9: Resolução de problemas de 3 alunos que realizaram a atividade.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS

RP	Resolução de Problemas.
HA	Hipermídia Adaptativa.
HAE	Hipermídia Adaptativa no Ensino.
TCC	Teoria da Carga Cognitiva.
VM	Velocidade Média.
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme.
GMRU	Gráficos do Movimento Retilíneo Uniforme.
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.
GMRUV	Gráficos do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.
MQL	Movimento de Queda Livre.
LP	Lançamento de Projétil/Projéteis.
MCP	Memória de Curto Prazo.
MLP	Memória de Longo Prazo.
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa.
IA	Inteligência Artificial.
ECA	Estilo Cognitivo de Aprendizagem
URC	Unidades de Recurso Cognitivo
TAR	Total de alunos que responderam
DNAV	Desempenho e Estilo de navegação
SNAV	Sequência de Navegação
POO	Programação Orientada a Objetos
CAI	Computer-Assisted Instruction
SGA	Sistema de Gestão da Aprendizagem
IA	Inteligência Artificial
STI	Sistema Tutorial Inteligente

1. INTRODUÇÃO

Ao analisarmos o uso do computador em ensino de Física, vemos uma profusão de diferentes abordagens. Diversos estudos foram realizados com o intuito de gerar novos conhecimentos que auxiliem nosso entendimento sobre essa importante área de ensino de Física. O presente trabalho se enquadra dentro desta grande área. Construimos uma hipermídia que além de facilitar o aprendizado de Física, auxilia o pesquisador a medir certos traços cognitivos. É por esta razão que tentaremos responder muitas questões que surgiram ao longo do trabalho. Entretanto, a pergunta que fundamentou o início dos trabalhos foi:

Quais os fundamentos metodológicos e teóricos para a medida de carga cognitiva e avaliação do conhecimento prévio num contexto de ensino de cinemática utilizando uma hipermídia adaptativa?

Apesar de estar explícito na pergunta, cabe reiterar que, o conhecimento principal a ser gerado pela pesquisa feita são os fundamentos metodológicos e ao longo do seu desenvolvimento verificamos que geralmente as atenções ficam voltadas para a construção da hipermídia adaptativa. Embora a etapa da construção da hipermídia seja também um aspecto muito importante, neste trabalho ela é a consequência de um conhecimento anterior gerado e ainda mais importante, tais como: as teorias necessárias, a metodologia e a prática experimental. A razão disso tem relação com o elevado número de interações que acontecem entre os alunos e a hipermídia, dificultando uma abordagem essencialmente qualitativa ou quantitativa. O nosso interesse está tanto na medida da carga cognitiva quanto na aprendizagem da Física – cujos processos são muito dinâmicos.

A ideia de adaptação cognitiva em ensino de Física da forma como abordada nesse trabalho é totalmente nova e vem a contribuir para a área de resolução de problemas (RP). Sabemos que a pesquisa em RP é vasta e por essa razão não pretendemos esgotar o assunto aqui; ao invés disso, vamos abordar as principais contribuições na área. A escolha pela cinemática, mais especificamente a velocidade média no estudo I, se deve ao fato de ela ser uma das primeiras matérias vistas pelos alunos de Ensino Médio e que embora esteja longe de ser trivial em relação às outras matérias, tem conceitos mais simples, assim como suas inter-relações, o que deve facilitar a tentativa de articular uma metodologia pioneira adequada.

Muitos dos caminhos adotados durante a construção da hiperfídia foram fundamentados na experiência adquirida pelo referencial bibliográfico. Também falaremos sobre o que é uma hiperfídia adaptativa (HA). Embora não sejam um ramo comum em ensino de Física, as hiperfidias adaptativas têm sido usadas em diversos ramos da informática. Observa-se que são raros os trabalhos em ensino de ciências que utilizam especificamente as HAs; ainda que sejam trabalhos muito bons, pouco é informado sobre o seu desenvolvimento. Com isso, fica prejudicada a nossa tentativa de apoiar a nossa hiperfídia em trabalhos anteriores.

Parece-nos que, na área da informática no ensino, o domínio de uma linguagem de programação por parte do pesquisador é presumido. As HAs têm o seu desenvolvimento marcado mais pela experiência de seus criadores e no desenvolvimento da ferramenta em si do que por uma teoria fundamentadora de suas ações. Além disso, as maiores contribuições em HA estão em revistas pouco referenciadas na literatura de ensino de Física. Isso significa que é uma área de conhecimento em ensino totalmente voltada à experimentação e à coleta de dados dos usuários, e que sua teoria é construída a partir destes trabalhos. Pelos motivos apresentados, acreditamos ter justificado o interesse da pesquisa em um assunto ainda pouco explorado, mas que pode ser utilizado em diversas áreas do ensino de Física.

A pesquisa busca uma forma de o computador se adaptar às dificuldades dos alunos, por isso deve-se imaginar como poderíamos desenvolver melhor essa adaptação. É verdade que o que vamos adaptar será o conteúdo de Física escolhido, que é a cinemática, mas como adaptá-lo? Essa pergunta surgiu ao longo da pesquisa e escolhemos uma fundamentação teórica que pudesse nos auxiliar nesse trabalho. Imaginamos que o computador deve representar a forma como os conceitos estão relacionados para o aluno, mas dizer exatamente como funciona a estrutura cognitiva de uma pessoa é uma tarefa muito difícil, senão impossível. Por isso, não é o objetivo do trabalho mapear a estrutura cognitiva como um todo. Representar o conhecimento específico de uma pessoa é aqui entendido como construir um meio que consiga reproduzir o comportamento específico e dito inteligente.

Uma analogia interessante de ser utilizada é sobre a câmara de nuvens desenvolvida por Charles Wilson em 1911 (Laganá, 2011). Nela é possível detectar traços produzidos por raios cósmicos e partículas subatômicas como elétrons e prótons. Da mesma forma que uma partícula pode deixar sua marca em uma câmara de nuvens, imaginamos então que um aluno que interage com o computador também possa deixar sua marca, o seu traço no

computador. Mas aqui, estamos muito interessados em sua “marca” cognitiva, e, para isso, um sistema computacional deve ser muito bem elaborado para que a “trajetória” deixada pelo aluno possa ser interpretada nos termos de nosso referencial.

Se o interesse é formular os fundamentos metodológicos, então as etapas da elaboração da HA entram em metodologia. Vamos construir a hipermídia tendo o cuidado de não saturar o discurso com termos técnicos de programação. Apenas quando necessário, informaremos os requisitos técnicos exigidos para o desenvolvimento; pensamos assim em proteger o leitor da complexidade inerente à criação de um programa de computador. O foco principal deverá ficar na discussão sobre os fundamentos metodológicos aplicados a esta pesquisa. Contudo, pedimos a sensibilidade do leitor em verificar que não são discutidas, do ponto de vista da engenharia de *software*, as dificuldades inerentes ao desenvolvimento que qualquer tipo de programa possui. Com isso, não se deve desconsiderar todo o trabalho realizado desde a sua idealização, estruturação, programação e testes. Este processo consumiu a maior parte do trabalho dos pesquisadores, pois a hipermídia foi desenvolvida fortemente baseada em duas teorias cognitivas diferentes, que embora tratem do mesmo assunto que é o desenvolvimento cognitivo, possuem certas particularidades que devem, e foram, respeitadas. Por isso, esperamos que esse processo não seja totalmente desconsiderado em detrimento das análises dos resultados por ela obtidos.

O interesse da pesquisa é também a produção de um conhecimento sobre a forma como os alunos aprendem Física dentro de um contexto muito especial, e não a aplicação de um determinado produto. Para isso, criamos um ambiente hipermídia que pudesse nos fornecer dados sobre as características cognitivas dos alunos necessárias para as nossas futuras hipóteses. Será visto que existe uma dificuldade teórica em utilizar processos estatísticos mais comuns em pesquisa em ensino de Física, tais como calcular o coeficiente de fidedignidade, utilizar análises multivariadas ou até mesmo média e desvio-padrão. Isto por que os alunos ao terem suas questões e conteúdos alterados dinamicamente, como é a proposta da pesquisa, não estarão sob as mesmas condições e nem responderão às mesmas questões, ou seja, diversos pressupostos para a utilização de uma metodologia quantitativa não serão atendidos nesse delineamento. Devemos buscar as variáveis que podem nos ajudar a elaborar um programa que nos permita afirmar que ele representa a forma como o conteúdo de Física é aprendido, e, assim, poder adaptar esse conteúdo ao aluno. Com isso, o foco da tese estará no estabelecimento de uma metodologia diferenciada para tratar com correção este

tipo de situação. Ao final do trabalho, chegaremos à elaboração de um conhecimento sobre uma forma de análise do conhecimento prévio, utilizando uma hipermídia em ensino de Física.

Mesmo sem a preocupação da aplicação imediata do nosso trabalho, podemos afirmar que tivemos uma espécie de “problema fundamentador” da presente pesquisa. É sabido que a disciplina de Física no Ensino Médio tem perdido cada vez mais espaço em função de outras disciplinas. Embora seja desejável que um aluno domine diversos campos de conhecimento, assim como suas inter-relações, o ensino de Física fica muito prejudicado tanto pela falta de tempo para a disciplina e aos estudos quanto ao laboratório de Física. Sendo isto uma realidade, como podemos elaborar uma metodologia de ensino dentro desta perspectiva? Mais ainda, pela experiência, vemos que em institutos técnicos de educação os alunos possuem uma quantidade ainda maior de disciplinas. Fica uma sensação muito ruim de que o professor de Física precisa competir pela atenção do aluno, e, certamente, isto não é o ideal. Os estudos desta pesquisa foram realizados com esses alunos que estão submetidos a uma elevada carga de conhecimento dentro de um espaço de tempo muito curto, no qual pretendemos avaliar também o aspecto motivacional, tão importante para o ensino de Física.

Outra questão que deve ser observada neste trabalho é que explicaremos a natureza de um estudo exploratório, muito utilizado quando se quer ter mais informações sobre o objeto de pesquisa: veremos que enquanto as metodologias ditas experimentais possuem um caráter pragmático, os estudos exploratórios possuem em sua natureza a tentativa de expor para o pesquisador os problemas que podem ser enfrentados, ajudando-o a tomar decisões dentro da pesquisa.

Algumas figuras utilizadas neste trabalho e para a elaboração da hipermídia e das questões, quando não foram elaboradas pelo pesquisador, são livres de direitos autorais obtidas no site <http://www.freedigitalphotos.net>.

No capítulo seguinte será apresentado o referencial bibliográfico. A seguir, a fundamentação teórica e as descrições dos Estudos I e II. Após a apresentação dos resultados serão apresentadas as diretrizes para o desenvolvimento de uma hipermídia adaptativa em cinemática.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Existem muitas formas de como o computador pode ser utilizado no ensino de Física. No trabalho de Araujo (2005), foram criadas diferentes categorias de metodologias do uso do computador no ensino de Física. No entanto, devemos destacar, assim como o próprio autor o faz, que nem sempre os trabalhos se enquadram em apenas uma categoria. Os trabalhos foram classificados como:

- Instrução e avaliação mediada pelo computador;
- Modelagem e simulação computacionais;
- Coleta e análise de dados em tempo real;
- Recursos multimídia;
- Comunicação à distância;
- Resolução algébrico/numérica e visualização de soluções matemáticas;
- Estudo de processos cognitivos.

Levando em consideração esta classificação e os objetivos primários de nosso estudo, fomos levados a classificar o presente trabalho como: a construção de um sistema hipermídia que servirá para instrução e avaliação mediada pelo computador, assim como o estudo de processos cognitivos.

Realizaremos uma revisão da literatura em três etapas, e, na primeira, vamos pesquisar sobre resolução de problemas em cinemática. É de nosso conhecimento que a área de resolução de problemas é muito grande e possui diversos ramos de discussões, por essa razão daremos preferência para aqueles estudos em cinemática. Na segunda etapa, vamos nos concentrar naqueles trabalhos que envolvem o uso de hipermídias em ensino de Física, de preferência aqueles que auxiliam durante a resolução de problemas. Por fim, realizaremos uma revisão sobre hipermídias adaptativas especificamente. Consultaremos os principais periódicos em ensino de Física nacionais e internacionais¹ desde o ano 2002 como base. A escolha do ano de início foi estratégica, pois acreditamos que nos periódicos desse período podemos consultar outros trabalhos citados que foram relevantes, anteriormente a 2002, não havendo limitação temporal para referência.

¹ A saber: Revista Brasileira de Ensino de Física, Investigações em Ensino de Ciências, Ciência & Educação; American Journal of Physics, Computers & Education, Enseñanza de las Ciencias e International Journal of Science Education. Outras revistas foram pesquisadas quando possuíam artigos citados por outros trabalhos e que eram relevantes à tese.

No próximo tópico, abordaremos a questão da resolução de problemas em Física. Logo em seguida, iremos fazer uma revisão sobre uma ideia implícita que existe ao se utilizar o computador para mediar a instrução, que é o conceito de adaptação. Por fim, iremos abordar um tipo de adaptação bem específica, criada pelo programa de pesquisa da informática no ensino, que são as hiper mídias adaptativas.

2.1 Resolução de Problemas

Frequentemente, encontramos na literatura trabalhos que tentam sintetizar a pesquisa em determinada área, na forma de revisão da literatura, assim como os também denominados “estados da arte”. Sua importância é inquestionável, pois ajuda os pesquisadores a terem uma ideia geral daquilo que vem sendo pesquisado na área. Sobre a resolução de problemas não é diferente. Revisitaremos as principais contribuições e também os conceitos derivados da área que servirão de base para esta pesquisa no momento da elaboração de questões. No entanto, quando for pertinente, vamos citar alguns artigos que acreditamos ter relevância ao trabalho proposto por esta tese.

Lucero, Concari e Pozzo (2006) definem problema qualitativo como:

[...]aquela situação fechada ou aberta, na qual os dados numéricos são mínimos ou não existem. Aparece como um questionamento que não explicita em forma direta a ordem de calcular o valor de alguma magnitude determinada do fenômeno de estudo, ainda que, às vezes seja necessário recorrer a algum cálculo, que depois de ser interpretado conceitualmente, dará solução ao problema. (ibid.)

O que determina o problema qualitativo é a interpretação conceitual das variáveis que eventualmente podem estar acompanhadas de expressões matemáticas. Os autores alegam que o uso de problemas qualitativos é uma estratégia eficaz em ensino de Física. Já a resolução de problemas quantitativos necessita de equações e algoritmos numéricos. Pode-se dizer também que são aqueles problemas em que se deve traduzir uma informação de um código a outro diferente, por meio de sistemas de representação.

Rezende, Ostermann e Ferraz (2009) em sua revisão em periódicos nacionais, compreendidos entre 2000 e 2007, constataram que houve apenas um trabalho com a temática resolução de problemas. Cabral da Costa e Moreira (1996, 1997b) realizaram uma extensa revisão da literatura em resolução de problemas no que se refere à diferença entre novatos e especialistas, aspectos metodológicos e estratégias de resolução de problemas. Dentre os

diversos artigos analisados podemos destacar algumas conclusões recorrentes, encontradas pelos pesquisadores da área, tais como:

- enquanto novatos mencionam cada equação que usam, os especialistas usam um procedimento mais geral, compiladamente;
- novatos tentam resolver os problemas numa sequência linear sem utilizar conhecimentos auxiliares, enquanto os especialistas tentam resolver por métodos de refinamento se utilizando de conhecimentos auxiliares;
- novatos não possuem um conhecimento inter-relacionado, enquanto os especialistas organizam seu conhecimento em blocos coerentes de informação;
- novatos consideram aspectos locais e superficiais;
- resolver problemas numericamente não significa entendê-los qualitativamente.

Ainda podemos destacar:

[..]parece que há um consenso que a atividade docente em R. P. deve ser repensada a fim de proporcionar uma participação maior do aluno desde a proposição do problema até a sua solução, enfatizando processos que estimulem o uso do conhecimento conceitual e do procedimental; **no combate às concepções intuitivas são recomendados mais tempo do que geralmente se gasta para trabalhar estes conceitos e uma abordagem mais profunda que ao mesmo tempo promova retomada freqüente dos mesmos, no sentido de realimentá-los e reavaliá-los;** enfatizar processos em R. P. que caracterizem a descoberta científica em um único domínio; a necessidade de prática em R. P. acompanhada da justificativa desta prática ativa a metacognição, principalmente quando permite comparar diferentes processos de R. P. e suas dificuldades. (Cabral da Costa e Moreira, 1997a).

Existe uma discussão na literatura sobre a generalidade de procedimentos e habilidades comuns independentemente do tipo de problema proposto, que segundo os autores, “para resolver um problema precisamos prestar atenção nele, recordar, relacionar certos elementos entre si, além de que, na maioria dos problemas estas habilidades devem ser utilizadas numa determinada ordem para que atinjamos a nossa meta” (Cabral da Costa e Moreira, 1997b). Também existe a questão da percepção do aluno do que ele está de fato fazendo, e a forma como o professor aborda o assunto, sendo que “a realização das atividades e tarefas em contextos muito definidos e fechados fazem com que os alunos realizem de modo mecânico as atividades, sem envolver-se muito no processo” (ibid.).

Segundo Peduzzi (1997) podemos classificar os problemas em ensino de Física em enunciados abertos e fechados. A principal característica de um problema de enunciado aberto é sua falta de dados usuais para a sua resolução tradicional. Conforme o autor:

Assim, um enunciado do tipo “Calcule o tempo em que se dará o encontro entre um automóvel e um carro de polícia que se lança em sua perseguição” exemplifica um enunciado aberto, em contraste com um enunciado fechado que, envolvendo situação análoga, apresentaria uma descrição completa da mesma, especificando, para o cálculo do tempo de encontro dos veículos, a separação inicial entre eles, suas respectivas velocidades e os tipos de movimentos. Os problemas sem dados no enunciado obrigam os alunos a fazer hipóteses, a imaginar quais devem ser os parâmetros pertinentes e de que forma intervêm. São as hipóteses que focalizam e orientam a solução. Já a estrutura rígida de um enunciado fechado dá pouca, ou nenhuma, margem para a emissão de hipóteses por parte do solucionador” (Peduzzi, 1997, página 241).

Souza, Bastos e Angotti (2008) afirmam que “a passividade e a não interação dialógico-problematizadora, bem como a prática escolar de Física isolada e desacoplada da investigação, têm contribuído para a baixa inovação em RP no processo escolar”. Assim, desenvolvem um ambiente voltado para uma interação maior entre professor e alunos. Os alunos podiam comparar as suas respostas com as respostas do professor e também podiam solicitar o diálogo com o professor dentro do ambiente quando constataavam diferenças.

Os estudantes, mesmo aqueles em início da graduação, não são capazes de comparar simultaneamente a velocidade de dois móveis. Um trabalho de extrema relevância para esta tese é o realizado por Andarolo, Bellomonte e Sperandio-Mineo (1991). Eles desenvolveram um sistema tutor que tenta diagnosticar o entendimento do conceito de velocidade média, tentando criar modelos de usuários. Nele, os alunos observavam simulações de dois móveis, e o objetivo era comparar os diagnósticos humano e por parte do tutorial. Os autores detectaram que os alunos novatos ficam presos aos detalhes do movimento, com isso são fortemente influenciados pelas suas respostas a partir de elementos parciais do movimento. Assim, eles mudam de ideia em relação as suas respostas mais frequentemente, isso dificulta a tentativa de diferenciar se suas respostas são realmente intuitivas ou se é devido à dificuldade de verbalização na hora de responder uma pergunta por parte do tutor humano. Os autores ainda afirmam que para um sistema tutor existe um pré-requisito: um modelo dinâmico de estudante baseado explicitamente, e com detalhamento adequado, no comportamento do estudante.

Em um estudo mais recente, Walsh, Howard e Bowe (2007) realizaram entrevistas semi-estruturadas com 22 alunos de um curso introdutório de Física. O objetivo era analisar os caminhos que os alunos tomavam ao tentar resolver um conjunto de problemas de cinemática e mecânica. O principal resultado revela que a maioria dos estudantes que iniciam o curso de Física não está preparada para resolver problemas de forma estratégica e científica, o que continua corroborando com os principais achados já levantados por Cabral da Costa e Moreira (1996, 1997b).

Buteler e Coleoni (2012) trabalharam com a questão da modificação do conhecimento prévio, assim chamado de intuição física. Os autores apenas lançam a hipótese sugerindo que existe uma relação mais consistente entre as intuições físicas e matemáticas atribuindo um papel importante às equações matemáticas.

Com esta primeira etapa da revisão, baseada em reconhecidas revisões sobre RP existentes na literatura, podemos observar os principais conceitos construídos pela área. Temos em mente que existem dois tipos de problemas quanto aos seus enunciados, que são os problemas abertos e fechados. Também podem ser quantitativos ou qualitativos. As unidades de análises usadas para avaliar se um aluno é dito experiente ou novato é justamente a capacidade que ele tem de gerar hipóteses, utilizar procedimentos gerais para a resolução do problema, utilizar métodos de refinação, usar algum conhecimento auxiliar ou se ele organiza seu pensamento em blocos coerentes de informação. E ainda, existe grande tendência da pesquisa em resolução de problemas se utilizarem de problemas qualitativos e abertos, seguindo a convicção de que problemas fechados e quantitativos dão pouca margem para a geração de hipóteses.

2.2 Conceito de Adaptação²

Embora não tenha utilizado diretamente o termo adaptação, Gobara et al. (2002) realizou um trabalho com o programa chamado Prometeus, onde podemos afirmar que sua adaptação é feita no conteúdo, pois segundo os próprios autores:

O modus operandi do programa é o seguinte: o estudante escolhe uma dada situação e o programa simula tal escolha de acordo com as leis da Física corretas para aquele caso. Após alguns segundos, o programa para e congela a imagem na tela, perguntando ao estudante qual dentre as opções apresentadas é a correta. Após o estudante ter escolhido uma delas, o

² Revisão publicada na Aprendizagem Significativa em Revista. Oliveira e Moreira (2013).

programa prossegue a simulação, mas desta vez seguindo a lei proposta pelo estudante. A nova trajetória dos vários objetos é calculada através da solução numérica da segunda lei de Newton, usando como força resultante aquela proposta pelo estudante. Após alguns segundos, o programa pergunta ao estudante se deseja continuar utilizando aquela simulação ou trabalhar em outra situação. As simulações podem ser repetidas quantas vezes o usuário desejar. (ibid.)

Outra forma de adaptação se refere à navegação pelo programa. Rezende, Garcia e Cola (2006) tentaram relacionar como as necessidades conceituais dos alunos de diferentes disciplinas adaptam a navegação em um sistema hipermídia de mecânica e biomecânica. Bolacha e Amador (2003) realizaram um estudo em que avaliaram os tipos de aprendizagem que podem ocorrer quando um hiperdocumento é construído com uma estrutura hierárquica ou em rede. Eles concluíram que a estrutura hierárquica favorece as aprendizagens significativas subordinadas e superordenadas, enquanto que a estrutura em rede estimula a diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Muitos trabalhos propõem avaliações como *feedback* (sugestões, navegação guiada). No caso de Filho e Silva (2002), a adaptação do conteúdo está na possibilidade do professor buscar elementos durante a avaliação, que o ajude a escolher a forma como o conteúdo será dado para cada aluno. Segundo Swaak, Jong e Joolingeen (2004), um estudo guiado sobre colisões, através de um hipertexto conduziu a uma *performance*³ melhor do que um material com simulações, embora o tempo de interação tenha sido maior com o hipertexto. A adaptação foi feita através de *feedbacks* para cada resposta informada. Usando *previews* como uma forma de organizadores prévios, Cress e Knabel (2003) mostram que tanto na condição de entender um texto, tanto quanto possível, como também na condição de busca da informação, há um ganho de conhecimento maior. Resultados positivos obtidos dentro da linha de instrução guiada também podem ser encontrados nos trabalhos de Gogulou, Gouli e Grigariadou (2008) e Liu e Hmelo-Silver (2009), nestes casos, os trabalhos foram voltados para o ensino de ciências.

Lee et al. (2008) apresentaram uma investigação sobre o uso de *feedbacks* em um programa chamado *masteringphysics*, onde os alunos resolviam questões de mecânica. O diferencial do trabalho estava na proposta de utilizar a Teoria da Resposta ao Item (TRI) (Baker, 2001) para avaliar os itens respondidos mais de uma vez, expandindo assim o uso do

³ *Performance* é uma palavra de origem inglesa e tem o mesmo significado que desempenho.

modelo logístico de uma dimensão. Os autores conseguiram observar um aumento na habilidade dos alunos ao utilizarem sugestões de navegação.

Watkins, Augusti e Calcerley (1997) avaliaram que um tipo de instrução mediada por computador, onde o aluno pode navegar livremente, melhora a *performance* de alunos de Física do primeiro ano do curso de graduação. Dentre muitos fatores analisados, como o melhor desempenho de alunos que utilizaram o SToMP (*Software Teaching of Modular Physics*) em relação àqueles que passaram pela forma de ensino tradicional, verificou-se melhora evidente em alunos considerados mais fracos.

Hipertextos são uma estrutura semântica não linear e não sequencial de nodos de informação, os quais são interligados em uma estrutura como uma página da internet (Cress e Knabel, 2003). Do ponto de vista cognitivo, pode-se afirmar que a forma como é construído um hipertexto permite que diferentes conceitos possam ser descritos através de diferentes perspectivas em diferentes contextos. Passamos a ter uma hipermídia a partir do momento que se utiliza imagens, sons, gráficos e filmes na construção do hipertexto. Um desafio da pesquisa e desenvolvimento de sistemas hipermídia é a seleção da melhor forma de representação e organização de seu conteúdo, tanto para facilitar a navegação e a aprendizagem dos alunos (Struchiner, Ricciardi e Gianella, 2006).

Aceitando que os conceitos possuem uma forma hierarquizada na estrutura cognitiva do aprendiz, se faz necessário compreender como ela é alterada, em função da educação e também do próprio cotidiano do aluno. Nogueira et al. (2000) nos apresentam uma analogia entre a evolução das linguagens de programação e as teorias cognitivas. Nesse contexto, o paradigma atual é o de programação orientada a objetos (POO), no qual a arquitetura de programação tenta se aproximar das características do pensamento humano. Tal fundamento tem sido responsável por diversas pesquisas em inteligência artificial e sobre as próprias ciências cognitivas.

Existe a hipótese de que a estrutura de um hipertexto seja muito similar à arquitetura cognitiva humana (Spiro e Jeng apud Cress e Knabel, 2003). Bolacha e Amador (2003) afirmam que:

[...]a aprendizagem de conteúdos/conceitos complexos não pode ser feita apenas através de informação organizada de modo hierárquico, os cruzamentos e as relações entre vários conceitos são aspectos a realçar. A nosso ver, existe uma correspondência entre as aprendizagens significativas

combinatórias de Ausubel e as aprendizagens por flexibilidade cognitiva quando devido à introdução de novos significados se reorganiza temporariamente, porque sujeita a constantes mudanças, a estrutura cognitiva do aprendente”. (ibid.)

Existe ainda o pressuposto de que os efeitos positivos da hipermídia no ensino são devidos à sua estrutura particular, que permite ao aluno uma navegação que depende de seu estilo pessoal de navegação (Fiorina et al., 2007). Seguindo essas linhas e obtendo bons resultados, muitos trabalhos podem ser encontrados na literatura quando o assunto é a busca de uma instrução personalizada de acordo com alguma(s) característica(s) do aluno (Papanikolau et al., 2002; Tseng et al., 2008; Lin et al., 2005; Huang e Yang, 2009; Alfonseca, Rodriguez e Pérez, 2007; Kelly e Tangney, 2006; Chang et al., 2009; Lilley, Barker e Britton, 2004).

Ainda podemos citar:

A hipermídia é um ambiente ideal para auxiliar os estudantes a estabelecerem conexões entre os assuntos estudados, pois possibilita criar facilmente ligações entre conceitos, definições, representações e aplicações relacionadas, ampliadas com a adição de som, movimento e gráficos. A rede de conhecimentos resultante dessas conexões tem o potencial de ser mais rica e forte que o conhecimento obtido com apresentações tradicionais. A hipermídia torna possível o desenvolvimento de sistemas que facultam ao aluno a exploração de um banco de informações conforme suas dúvidas e interesses, optando pelas conexões da forma que desejar. Esse processo permite a construção ativa de conhecimentos, predispondo a descoberta de ideias, temas ou fatos num ambiente de informações e estimulando o desenvolvimento do espírito crítico por requerer participação constante, observação e atribuição de valores. (Babbitt e Usnick apud Machado e Santos, 2004).

Machado e Santos (2004) afirmam que a hipermídia tem o poder de manter o estudante no controle, onde ele é solicitado a realizar escolhas constantemente, além de poder abordar qualquer tópico. Com isso, sobre o aspecto motivacional, a hipermídia contribui para que o aluno não se sinta entediado durante suas ações; além disso, a possibilidade de se utilizar diversas modalidades de mídias amplia as oportunidades de aprendizagem.

Existe uma linha de pesquisa sobre o uso de hipermídias no ensino que estuda a relação entre o estilo cognitivo do aprendiz e a sua forma de navegação. A suposição é a de que a navegação em uma hipermídia está associada ao estilo cognitivo do aprendiz. Geralmente o estilo cognitivo é determinado a partir de questionários fundamentados em Chen e Macredie (apud Lee et al., 2005). O aprendiz pode ter um padrão linear ou não-linear

de navegação e, a princípio, este padrão poderia ser determinado antes de qualquer contato do aprendiz com a hipermídia. Existem resultados positivos em trabalhos que tentaram verificar a relação entre a navegação na hipermídia e o estilo cognitivo em uma situação de aprendizagem (Calcaterra, Antonietti e Underwood, 2005; Lee et al., 2005), no entanto Fiorina et al. (2007) não encontraram relação entre o estilo cognitivo e o comportamento na navegação. Paolucci (1998) já havia estudado a relação do estilo cognitivo com o desempenho de alunos utilizando uma hipermídia, porém sem resultados positivos. O autor ainda alerta que a estrutura rica em informação que uma hipermídia possui, pode levar à distração.

Rezende e Barros (2008) apresentaram um estudo sobre a relação que existe entre o padrão de navegação em uma hipermídia sobre mecânica e o conhecimento prévio do aluno. Resultados indicam que os alunos bem avaliados em um pré-teste, com o intuito de avaliar o conhecimento prévio, possuem uma navegação organizada, onde a hipermídia é usada como um banco de dados. Os alunos que tiveram dificuldades no pré-teste apresentaram tempos diferentes nas páginas sugerindo uma navegação conceitual, usando a hipermídia como um suporte para a aprendizagem. Por fim, os alunos que obtiveram um desempenho muito baixo no pré-teste apresentaram uma navegação desorientada, caracterizada pelo pouco tempo de interação com o conteúdo para que de fato ocorresse uma interação significativa. As autoras atribuem uma relação entre o padrão de navegação com os subsunçores ausubelianos.

Nessa seção, vimos que os estudos em ensino de Física utilizando hipertextos são muito importantes para analisar a estrutura cognitiva dos alunos, em uma certa área de conhecimento: tudo em função do modo como eles podem ser construídos, tanto num enfoque hierárquico como em uma estrutura não linear de navegação. Procuramos destacar os diferentes modos de adaptação que podem surgir dentro de uma pesquisa fundamentada em hipertextos. Na próxima seção vamos falar de um tipo de adaptação mais específico.

2.3 Hipermídias Adaptativas⁴

Segundo Viccari e Giraffa (2003), para ser considerado um programa educacional, um programa precisa estar inserido em um contexto de ensino-aprendizagem. Através da evolução dos recursos computacionais, se verifica a necessidade de adequar essa evolução aos ambientes educacionais que se mostram cada vez mais complexos. Um desses recursos que

⁴ Revisão publicada na Aprendizagem Significativa em Revista. Oliveira e Moreira (2013).

apresenta um futuro consistente é a aprendizagem adaptada às necessidades dos alunos, através de ambientes de ensino-aprendizagem computadorizados (ibid.).

Os CAI (*Computer-Assisted Instruction*) surgiram na década de 1950; suas versões iniciais eram baseadas em estudos educacionais vigentes da época (Behaviorista). Isto significa que o ambiente era estruturado de tal forma que o aluno estudava um conjunto de lições previamente organizadas pelo professor de forma sequencial e com pouca interação (ibid.). Dentro do grupo dos CAI encontram-se algumas modalidades educacionais tais como os programas de reforço e os tutoriais; ainda aqueles que se utilizam de recursos hipermídia, continuam mantendo essas características. Por volta da década de 1970, surgem os ICAI (*Intelligent Computer-Assisted Instruction*) dentro do programa de pesquisa em inteligência artificial (IA); assim, os pesquisadores começaram a desenvolver sistemas adaptativos capazes de imitar a interação humana (Calvi e de Bra, 1998).

As pesquisas em hipermídia adaptativa (HA) foram iniciadas na década de 90. Os primeiros estudos tratavam de hipermídia e IA. Procurava-se explorar diferentes maneiras de personalizar os sistemas de hipermídia, e, nesse contexto, destacam-se os trabalhos pioneiros de Peter Brusilovski e Paul de Bra (Bugay, 2006). Segundo Palazzo (2008), uma hipermídia adaptativa deve ser: um sistema de hipertexto ou hipermídia, possuir um modelo de usuário e poder adaptar o próprio sistema a partir dos dados do modelo de usuário de forma autônoma.

Brusilovsky (2004) identifica três gerações de hipermídias adaptativas educacionais. A primeira geração começou antes dos anos 90, e, nessa época, já havia iniciado a pesquisa sobre diversas maneiras de adaptar um hipertexto e hipermídia aos indivíduos. Problemas relacionados com a navegação e a apresentação foram identificados. Em pouco tempo, diversas técnicas de navegação e apresentação foram propostas, tais como a condução direta, ocultação e anotação. Brusilovsky e Pesin (1998) começaram a estudar métodos e técnicas de navegação usando o ISIS-Tutor, que era um sistema para ensinar aos programadores a linguagem utilizada pelo programa CDS/ISIS, uma espécie de banco de informações da UNESCO.

A segunda geração que, provavelmente, ocorreu entre 1996 e 2002 atraiu a atenção de pesquisadores de diversas áreas, em especial sobre sistemas educacionais. Um fator que marca esta geração é a experiência acumulada dos pesquisadores da área e a boa fundamentação em trabalhos anteriores; ao contrário da primeira geração que não trazia referências a trabalhos similares. Um segundo fator que possibilitou o rápido crescimento da

área foi o uso da rede mundial de computadores, a *web*. Apesar de seu crescimento, nesta geração não foi possível influenciar significativamente trabalhos aplicados em educação (Brusilovsky, 2004).

Na terceira geração, a atual, diversas HAs surgem integrando cada vez mais as novas tecnologias proporcionadas pela evolução da *web*. No entanto, é notório o domínio dos Sistemas de Gestão da Aprendizagem⁵ (SGA), onde um dos mais conhecidos atualmente é o MOODLE. Os SGAs são capazes de dar suporte às principais necessidades dos professores e alunos em um contexto de ensino *através da web*⁶: isto por que os SGAs oferecem a monitoração da evolução dos alunos, assim como permitem a comunicação entre professores e alunos. Ainda podemos citar:

O completo domínio dos LMSs sobre os sistemas adaptativos parece surpreendente. Atualmente para cada função de um LMS existe um AWBES⁷ que pode fazê-lo muito melhor do que um LMS. Textos adaptativos criados com tais sistemas como o AHA!..., Interbook... ou NetCoach... podem ajudar os estudantes a aprender mais rápido e melhor. Questionários adaptativos desenvolvidos com estes sistemas como o SIETTE... e QuizGuide... avaliam o conhecimento dos estudantes com mais precisão com menos questões. Sistemas de monitoramento de classes adaptativos... oferecem aos professores melhores chances de notar aqueles estudantes que ficam para trás. Sistemas de colaboração adaptativas....podem melhorar o poder da aprendizagem colaborativa. (Ibid.)⁸

Com isso, vemos que o problema atual dos sistemas adaptativos não está no seu desempenho, mas na sua inabilidade de responder às necessidades da prática educacional através da *web*. O desafio para esta geração está na integração de novas tecnologias ao processo educacional (Op.Cit.): essa é a razão para encontrarmos muitos trabalhos em HA que versam sobre estilos de aprendizado.

Akbulut e Cardak (2012) realizaram uma extensa revisão da literatura em Hiperfídias Adaptativas Educacionais (HAE ou em inglês AHLS) em conjunto com estilos de aprendizagem entre os anos 2000 a 2011, envolvendo a análise de 70 publicações. A maioria desses estudos propuseram um modelo de adaptação e muito poucos de fato aplicaram a HAE em situação real. Com algumas exceções, trazidas por pesquisas experimentais que contavam com uma forte metodologia, se percebe que a influência do estilo de aprendizagem na adaptação ainda não é totalmente clara, isto porque existe a suposição de

⁵ Do inglês: Learning Management System (LMS).

⁶ Do inglês: Web-based.

⁷ AWBES: Adaptive Web-Based Educational Systems.

⁸ Tradução livre do autor.

que as pesquisas, por incorporarem diversas perspectivas, acabam analisando sem o devido cuidado os dados encontrados para justificar o longo investimento que existe ao tentar implementar o estudo. É sugerido que a efetividade da pesquisa em estilos de aprendizagem com HAE, que se observa na satisfação, em atitudes positivas e na motivação, poderia ser combinada com variáveis mais significativas, tais como o conhecimento prévio e a competência. Além disso, ainda são necessários trabalhos que envolvam memória de trabalho e estilos de aprendizagem.

Uma das características mais importantes das hipermídias adaptativas está no modelo de usuário, onde estarão armazenados seus objetivos, conhecimentos, preferências e necessidades. A ideia é que usuários com perfis distintos estarão interessados em diferentes informações dentre as apresentadas em uma página da hipermídia que deve possuir entre outras atribuições:

- proteger o aluno (usuário) do excesso de informações, ou mesmo de informações irrelevantes de acordo com o seu perfil;
- adaptar de forma autônoma o sistema com base nas informações contidas no modelo de usuário.

Existem muitos métodos e técnicas de adaptação elaboradas em HA desenvolvidos a partir dos anos 90, e que podem ser classificados em diferentes níveis de adaptação (Koch apud Bugay, 2006):

- Conteúdo: consiste nas partes que contenham informação tais como os textos, imagens, vídeo, áudio e animações.
- Navegação: refere-se a organização do conteúdo.
- Apresentação: corresponde à forma de visualização do conteúdo e dos elementos interativos de hipermídia.

Podemos representar o processo de adaptação em três estágios. O primeiro estágio se refere à interface chamada de modelo de usuário onde são coletadas informações necessárias para a adaptação. O segundo estágio é o sistema adaptativo que é capaz de modificar a própria hipermídia, utilizando os dados do modelo de usuário. E o terceiro estágio é a coleta dos dados do usuário que alimenta por sua vez o modelo de usuário. Este ciclo de processamento básico está representado na figura 1.

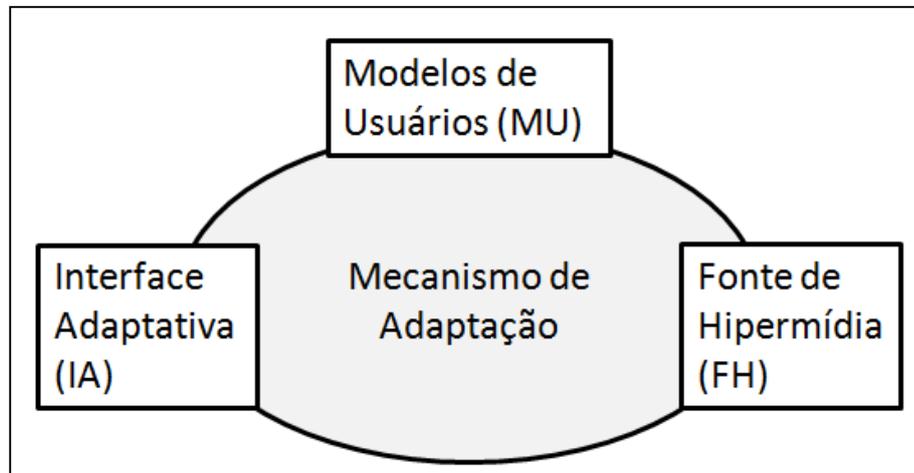


Figura 1: Componentes principais de um sistema de HA (Palazzo, 2008b).

Com isso, podemos ver que existe uma grande diferença entre uma HA e uma máquina de ensinar (Skinner, 1972). Na HA existe a possibilidade de tratar o erro à medida que o aluno avança na resolução de um problema; isto porque, embora saibamos que pode haver uma adaptação mútua, a premissa é a de que a hipermídia deve se adaptar ao aluno. O modelo de usuário é constantemente atualizado de forma a apresentar ao aluno um conteúdo coerente com o seu nível de aprendizagem. É difícil afirmar em que ponto a hipermídia ou o aluno se adaptam um ao outro, devido à natureza de sua interação. Embora se saiba que numa dinâmica como esta o aluno provavelmente teria seu comportamento controlado, segue como um princípio o fato de que é a hipermídia que deve se adaptar e não o contrário. Em outras palavras: para que o aluno aprenda, é a HA que deve ter sua estrutura alterada para atender às suas necessidades. Logo, uma HA é diferente de sistemas CAI, os quais estão mais associados a métodos tradicionais comportamentalistas.

A pesquisa em HA situa-se nos estudos em hipermídia e modelagem de usuário (Palazzo, 2008a). Tendo a expectativa de que um sistema de HA possa oferecer aos usuários que o acessam uma interface cujo estilo, conteúdo, recursos e *links* serão dinamicamente selecionados, podemos afirmar que a HA tenta antecipar as expectativas dos usuários, fornecendo um conteúdo atualizado, subjetivamente interessante em tamanho e profundidade, adequado ao contexto em perfeita relação com o modelo de usuário.

Diferentemente da ideia tradicional associada ao conceito de “tutorial” em ensino de Física, um Sistema Tutorial Inteligente (STI) é um sistema adaptativo que incorpora técnicas de inteligência artificial (IA). Assim, segundo Vicari e Giraffa (2003) um dos objetivos dos STI é proporcionar ao aluno um ambiente adaptado, o que superaria alguns problemas em programas educacionais da atualidade. Um desses problemas seria a limitação imposta pelo *hardware*, que não permite que se tenha um dispositivo capaz de trabalhar com aspectos relativos aos sentidos. E também pelo simples fato de que não sabemos como é feito o processamento da informação dentro no nosso cérebro. Por isso, existe uma dependência entre HA ou STI com alguma teoria da psicologia cognitiva, para a construção de modelos de usuário. Segundo Bugay (2006), o uso de Hipermídias Adaptativas é aconselhável quando o hiperdocumento é razoavelmente grande, e que pode ser acessado por muitos usuários.

Agora que temos uma ideia geral dos elementos de uma HA, vamos conceituar de forma mais específica estes elementos. Na próxima seção, vamos discutir alguns conceitos aplicados às HA – mas não todos. Veremos que alguns deles poderão ser familiares aos desenvolvedores de páginas *web*, no entanto para esse programa de pesquisa eles ganham significados mais precisos.

2.3.1 Conteúdo

O conteúdo de uma HA está relacionado diretamente com a informação que existe em determinados elementos de uma hipermídia. Aqui devemos fazer uma ressalva com relação à diferença entre técnica e método de adaptação.

Uma técnica de adaptação se refere ao nível de implementação do programa, mais diretamente relacionado a técnicas e opções da linguagem de programação adotada. Quando estamos desenvolvendo para a *web*, estamos acostumados a relacionar hipermídia com linguagem de marcação *HTML*⁹; logo, surgem técnicas de adaptação como: variação de páginas, abordagem baseada em *frames*, texto condicional e *stretchtext*¹⁰ (Bugay, 2006)

Um método de adaptação é baseado em uma ideia clara de adaptação em um nível mais conceitual. Os principais métodos de adaptação de conteúdo são: explicação adicional

⁹ É uma abreviação para a expressão inglesa HyperText Markup Language, que significa Linguagem de Marcação de Hipertexto.

¹⁰ Uma técnica de programação HTML em que o conteúdo de um link pode ser expandido ou recolhido na mesma tela. Atualmente existem técnicas em JavaScript que produzem o mesmo resultado.

(EA), variação de conteúdo (VC), explicação requerida (ER), explicação comparativa (EC), e classificação de fragmentos (CF) (ibid.).

A EA talvez seja o mais conhecido entre os métodos, pois consiste em mostrar apenas partes do conteúdo de acordo com a experiência do usuário. Por exemplo, dependendo da situação e do conteúdo, um usuário avançado poderia ser poupado de explicações básicas pormenorizadas; ou ainda, para esse mesmo usuário uma explicação mais complexa poderia ser oferecida, que esteja relacionada a outros conteúdos.

2.3.2 Navegação

Nesse nível de adaptação, o objetivo está em organizar o caminho do usuário dentro da hipermídia. Não apenas organizar, mas auxiliar o usuário a encontrar este caminho. Geralmente, isto é feito alterando a apresentação dos *links* que devem ser condizentes com seus objetivos, conhecimentos e outras características de seus usuários (Bugay, 2006; Palazzo, 2000). Com isso, a adaptação está na estrutura de navegação ou em como esta estrutura é apresentada ao usuário (Brusilovsky, 1996). Os métodos de navegação adaptativa são: Condução Global (CG), Condução Local (CL), Suporte à Orientação Local (SOL) e Suporte à Orientação Global (SOG).

A CG se aplica quando o usuário possui um objetivo geral, ou seja: a informação se encontra em várias partes da hipermídia e o usuário é conduzido nesta direção. O objetivo da adaptação nesta situação é fazer o usuário encontrar o caminho mais curto para a informação desejada. Segundo Palazzo (2000), a CG é o objetivo primário do suporte à navegação. A diferença conceitual entre CG e CL está no alcance: enquanto a CG se ocupa com o objetivo do usuário, a CL tenta sugerir *links* mais relevantes, através de um caminho menor. Podemos ainda citar:

Um caso especial de CG ocorre nos sistemas educacionais, onde o estudante tem um objetivo global, que é o objetivo do aprendizado. Este objetivo é diferente dos objetivos de informação, tendo em vista diversos fatores como a especificidade e profundidade do conhecimento em relação à informação. Sistemas educacionais adaptativos necessitam capturar a dinâmica do aprendizado em cada um dos seus usuários e providenciar a condução global tendo em vista esta dinâmica, retardando ou acelerando tópicos em função do feedback fornecido pelo usuário.” (ibid.)

Os suportes à orientação (SOL, SOG) parecem ocorrer quando o sistema de hipermídia possui uma quantidade muito grande de informação, ou possui etapas que devem

ser respeitadas antes de serem acessadas. O SOL auxilia o usuário a entender seu posicionamento na rede do hipertexto local, de acordo com seu conhecimento ou seu objetivo. Este método é utilizado para limitar as oportunidades de navegação evitando, assim, a sobrecarga cognitiva (Op.cit), pois sabe-se que o excesso de informação dificulta a tomada de decisão. Em hipermídias educacionais costuma-se utilizar a ocultação de nodos de informação, os quais o usuário não está preparado para aprender. Também se costuma utilizar a ocultação de links. O SOG ajuda o usuário a compreender o sistema hipermídia como um todo. O SOG é muito comum em sistemas ditos não adaptativos, pois é obtido através de menus suspensos de navegação, frequentemente colocados no início de páginas ou acompanhando a navegação do usuário à medida que este se movimenta na página.

Quanto às técnicas de navegação adaptativa, Brusilovsky (1996) aponta para quatro tipos diferentes de classes. Todos eles se referem ao comportamento dos *links* na hipermídia e sua relação com o nodo ao qual faz referência. O primeiro deles é chamado de *links locais*. Eles são independentes do conteúdo do nodo e geralmente são apresentados como botões, uma lista ou *pop-up*. Por essa razão, os *links locais* são fáceis de serem manipulados. Diferente dos *links locais*, os *links contextuais* são representados por palavras ou frases que têm vinculação direta com o contexto. Pela sua natureza, os links contextuais dificilmente podem ser ocultados. Um *link para índices e tabelas de conteúdos* são *links* que se conectam a nodos que só contêm outros *links*, são considerados como não-contextuais. Dependendo da hipermídia, convém utilizar representações gráficas do hiperespaço, o usuário poderia então navegar pelos nodos de forma visual. Esses *links* são chamados de *links para mapas locais e globais*. Agora que possuímos o entendimento sobre as diferentes classes de links, vamos analisar algumas técnicas de navegação adaptativas.

Segundo Palazzo (2000), possivelmente a *Orientação Direta* (OD) seja a mais simples das técnicas de adaptação da navegação. Ela consiste na determinação, em cada ponto de navegação, do melhor nodo a ser visitado de acordo com o modelo de usuário. Apesar de simples, esta técnica possui um defeito: ela não oferece a possibilidade ao usuário de não seguir a sugestão da hipermídia; por essa razão esta técnica não deve ser empregada sozinha (ibid.).

A *Ocultação* consiste em restringir o espaço de navegação. Os nodos de informação que não são relevantes, de acordo com o modelo do usuário, são ocultados. De um modo geral, esta técnica parece ser a mais fácil e óbvia de ser implementada, pois, como

vimos anteriormente, se a função da HA é proteger o usuário de informações não relevantes, afastá-lo de um nodo mais complexo seria o caminho natural. Por diversas razões, um nodo pode ser considerado não relevante, tudo depende do objetivo e/ou conhecimento do usuário. Observe-se que com relação ao objetivo não teremos problemas, pois se estamos interessados em ensinar um conteúdo de Física, o objetivo é a aprendizagem. Então, nosso principal problema para ocultar determinado *link* é o conhecimento atual do aluno. Esta técnica pode ser usada com todos os tipos *links*.

2.3.3 Apresentação

Neste nível de adaptação, o objetivo principal é a modificação do *layout* da hipermídia. Geralmente as mudanças na apresentação são acompanhadas de adaptações no conteúdo da hipermídia. O método da multi-linguagem (ML) permite adaptar a linguagem escolhida pelo usuário ou que seja dependente do contexto. Talvez seja mais comum ao usuário perceber as variações de layout (VL) de uma hipermídia. Sendo esse outro método de adaptação, ele reside na possibilidade de se alterar as cores, tipo e tamanho de fontes, tamanhos de imagens, orientação dos textos (Bugay, 2006; Koch e Rossi, 2013).

Brusilovsky (1996) distingue dois tipos de técnicas de apresentação adaptativa. A Apresentação Adaptativa de Texto (AAT) é responsável pela mudança textual das páginas, incluindo-se dentro desta técnica as Variações de Páginas (VP), Variações de Fragmentos (VF) e a técnica Baseada em Frames (BF). A Apresentação Multimídia Adaptativa (AMA) sugere que o conteúdo multimídia possa ser adaptado a cada usuário, embora o conteúdo de uma animação, áudio ou fragmento de vídeo não possam ser alterados; a adaptação aqui se refere à seleção da mídia.

Nesta seção procuramos estabelecer um panorama sobre os estudos em hipermídia adaptativa. Mostramos os principais conceitos construídos pela área nesses mais de 20 anos de pesquisa. No segundo estudo de nosso trabalho, traremos para a discussão alguns trabalhos específicos da área, e aproveitaremos esta experiência para construir a nossa hipermídia.

2.3.4 HAE e Estilos Cognitivos

A literatura tem trabalhado a incorporação de estilos cognitivos na adaptação de hipermídias adaptativas educacionais (Mampadi e Mokotedi, 2012). Um estilo cognitivo pode ser entendido como uma estrutura capaz de perceber, lembrar e relacionar diferentes partes da

informação. Algumas vezes o conceito de estilo cognitivo é apresentado como uma das formas de se referir a um estilo de aprendizagem. No entanto, estilo cognitivo é uma forma individual de organização e processamento da informação durante a aprendizagem, sendo um construto mais estável, profundo e fortemente estabelecido na estrutura cognitiva do que o estilo de aprendizagem (Riding e Sadler-Smith, 1997).

O programa de pesquisa sobre estilos cognitivos se mostra complexo e muitas vezes confuso devido à enorme variabilidade de definições ao termo utilizado por diferentes autores. Hayes e Allison (ibid.) conseguiram identificar 22 formas diferentes de estilos na literatura. Apenas para citar alguns, além da teoria *Field Dependent (FD)/Field Independent (FI)* (ibid.), Kozhenikov (2007) menciona as seguintes teorias:

Tolerância a instabilidades/tolerância para experiências não realistas; Alcance equivalente/largura de conceituação/largura categórica: amplo/estrito; Controle constricto/flexível; Campo da articulação: elemento/Formato da articulação: alcance de exploração; Articulação conceitual: complexidade simplicidade; Complexidade conceitual: abstrato/concreto; Holista/serialista; Dimensão Visual/verbalizador;¹¹ (ibid.)

Neste trabalho, temos interesse na teoria holista/serialista de Pask (1976) para comparar com a teoria da aprendizagem significativa; por essa razão, faremos um breve resumo da mesma e sua relação com a teoria FD/FI. A pesquisa em FD/FI emerge como o estilo cognitivo mais estudado na literatura (Mampadi et al., 2011), possuindo uma ligação conceitual com os estudos sobre os estilos holísticos e serialísticos.

A dependência do campo se refere à habilidade de um indivíduo de se perceber localmente em um determinado campo em relação àquilo que o cerca (Witkin et al. apud Mitchell, Chen e Macredie, 2005a). Trata-se de uma dimensão de apenas dois polos, onde em um extremo temos aqueles indivíduos que são dependentes do campo (FD) e no outro extremo aqueles que são independentes (FI). Indivíduos dependentes do campo percebem os objetos e as tarefas de um modo mais holístico. Similarmente, holistas processam a informação de forma global, construindo um entendimento da área de interesse. Comparativamente, os indivíduos independentes do campo tendem a se concentrar em partes mais restritas da informação, característica semelhante a de um indivíduo serialista. Essa ligação conceitual entre FD/FI e a teoria holista/serialista demonstra um potencial muito

¹¹ Tradução livre do autor.

grande de pesquisa em HAE, entretanto, essa dimensão de estilo cognitivo não tem sido muito estudado na literatura (Mampadi et al., 2011). As diferenças entre holistas/serialistas podem ser vistas resumidamente na tabela 1.

Tabela 1: Preferência de navegação entre holistas e serialistas (Mampadi et al., 2011).

HOLISTAS		SERIALISTAS	
<i>Característica</i>	<i>Preferência</i>	<i>Característica</i>	<i>Preferência</i>
Abordagem Passiva	Uso de mapas	Abordagem Ativa	Uso de índices
Tendência Global	Trajétórias profundas	Tendência Analítica	Trajétórias curtas
Dirigido Internamente	Navegação não linear e flexível.	Externamente Dirigido	Navegação linear e restrita.

Na tabela 1 vemos que uma diferença característica dos holistas é a abordagem passiva através do uso de mapas, pois assim, permite trajetórias profundas entre os tópicos da hipermídia, buscando conhecer as relações entre conceitos diferentes de forma global. O holista prefere uma navegação não linear e flexível, ou seja, não necessita ser guiado pela hipermídia, preferindo uma quantidade maior de *links*. Já os serialistas requerem uma abordagem ativa da hipermídia com o uso de índices, ou seja, o serialista depende da orientação exata ao conteúdo, sem ainda se aprofundar nas relações entre conceitos diferentes. Por essa necessidade, ao serialista devem-se oferecer trajetórias curtas dentro de uma navegação linear e restritiva.

Embora existam muitos trabalhos envolvendo estilos cognitivos e HAE, ainda há incertezas sobre a eficácia das hipermídias adaptativas que utilizam estilos cognitivos em sua adaptação, conforme podemos citar:

Embora os estilos cognitivos sejam geralmente considerados como uma preferência estável de aprendizagem (Jonassen & Grabowski, 1993), existem algumas controvérsias. Em particular, ainda há incertezas se a instrução com estilos cognitivos podem melhorar o desempenho. Por exemplo, Boles, Pillay e Raj (1999) desenvolveram uma instrução orientada por computador usando estilos cognitivos e eles encontraram que os estudantes demonstram melhor desempenho de forma consistente ao usar um equipamento compatível. Por outro lado, Summerville (1999) também examinaram usando uma instrução baseada em computador compatível/não compatível com o estilo cognitivo dos alunos e os resultados não mostraram qualquer efeito no desempenho. Os achados supracitados sugerem que os efeitos da compatibilização do computador

com o estilo cognitivo ainda precisam mais investigações¹² (Mampadi et al, 2011)

Longe de esgotar completamente o histórico do programa de pesquisa que envolve o estudo de estilos cognitivos, existe um interesse metodológico particular acerca desses trabalhos, mais especificamente em FD/FI e holistas/serialistas. É importante notar que o delineamento dos trabalhos de Mampadi et al. (2011) e de Mitchell, Chen e Macredie (2005b) separam três grupos de estudantes. Um grupo neutro em relação à adaptação da hipermídia, e os outros dois grupos adaptados ao seu estilo cognitivo. O intuito é tentar obter diferenças estatisticamente significativas entre os grupos formados com o grupo neutro (controle).

Alguns estudos fundamentados na Aprendizagem Significativa também adotam tal delineamento, que é o de obter diferenças ou mesmo melhora na aprendizagem de alunos expostos a modos específicos de navegação numa hipermídia. Podemos destacar o estudo exploratório de Bolacha e Amador (2003), onde foram organizados dois grupos de estudantes para tentar entender de que forma uma navegação personalizada afetaria o tipo de aprendizagem significativa.

Vimos nesta revisão que a pesquisa em HAE é vasta, não apenas pelos seus fundamentos iniciais, mas pela sua grande capacidade em se adaptar a diversos programas de pesquisas em ensino. Nos seus fundamentos iniciais, foi destacada a forma como uma hipermídia poderia se adaptar ao usuário; logo após, vimos que existem algumas tentativas na literatura de aproximação entre teorias em estilos cognitivos e hipermídias. Para cada assunto de interesse existe um leque histórico e metodológico que facilmente ocuparia trabalhos inteiros. Por essa razão, passaremos agora a expor a fundamentação teórica utilizada nesta tese e uma aproximação teórica entre a aprendizagem significativa, teoria holista/serialista e a teoria da carga cognitiva.

¹² Tradução livre do autor.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Teoria da Carga Cognitiva

O trabalho de Miller (1956) mostrou que a capacidade de prestar atenção do ser humano é limitada, e isso impõe sérias restrições sobre a quantidade de estímulos que uma pessoa consegue operar. O tamanho dessa restrição foi definido como julgamento absoluto. Mais tarde, o termo memória de trabalho foi utilizado para designar a capacidade humana de armazenar certa quantidade de informação (Baddeley, 2002); e, desde então, o termo vem sendo utilizado em modelagem computacional da mente.

Devido a diversas evidências experimentais, o termo memória de curto prazo (MCP – Short-Term Memory) foi utilizado para contrastar com a memória de longo prazo (MLP – Long-Term Memory). A primeira indica uma forma de armazenamento muito volátil da informação, tal como a tentativa de armazenar uma sequência de números aleatórios. A segunda se refere à capacidade de armazenar uma informação por um longo período de tempo, como o armazenamento do nome da própria pessoa. Ambos os tipos estão contidos dentro da memória de trabalho.

Embora a teoria da carga cognitiva (TCC - Cognitive Load Theory) tenha procedência da década de 70, atribui-se a John Sweller (Sweller, 1988) como o teórico responsável pelos primeiros trabalhos em TCC utilizando o conceito de memória de trabalho, baseado no modelo de Alan D. Baddeley (Chong, 2005). A teoria é focada simultaneamente na estrutura da informação e na arquitetura cognitiva que permite aos alunos o processamento da informação. É considerada uma teoria psicológica, pois tenta explicar o comportamento que nasce a partir da instrução (Moreno e Park, 2010). Na TCC, a carga cognitiva é o principal construto de interesse. Sendo também o aprendizado um construto, a TCC foi desenvolvida para explicar os efeitos que os diferentes delineamentos instrucionais têm sobre estes dois construtos.

Dessa forma, a teoria tem permitido a construção de técnicas instrucionais muito eficientes se destacando em relação às outras teorias cognitivas. Isso não significa que as outras teorias tenham falhado ao tentar conciliar a apresentação instrucional e a estrutura cognitiva. Certamente a teoria de Gagné, entre outras, já havia predito que para ocorrer a aprendizagem, necessariamente, o instrutor deve levar em conta as condições estruturais internas e externas de aprendizagem (Artino, 2008).

A TCC trabalha com a hipótese que a memória de trabalho é limitada no que diz respeito à quantidade de informação que ela é capaz de processar simultaneamente, assim como a quantidade de processos que é possível realizar. Por isso, que em uma situação complexa, a tarefa pode facilmente exceder a capacidade cognitiva do aluno. Essa limitação da capacidade de processamento pode explicar o fato de que bons tomadores de decisão se concentram em estratégias que reduzem o processamento cognitivo, através de uma forma heurística de pensamento, quando estão diante de uma grande quantidade de informação para reduzir o esforço cognitivo (Newell e Simon apud Tabatabai, 1998). Por essa razão que a teoria é muito importante no desenvolvimento de materiais mais eficientes e que ajudam no processo de aprendizagem. Com isso, tomando essa hipótese como verdadeira, podemos alegar que a memória de trabalho tem tamanho limitado, e que se os alunos entrarem em contato com uma grande quantidade de informação, e se sua complexidade for apresentada através de um material que não esteja de acordo com a sua memória de trabalho, resultará em sobrecarga cognitiva e o possível abandono da tarefa.

3.1.1 Princípios da TCC

A TCC se ocupa com a construção de materiais educativos. Essa forma de aprendizagem é chamada pelos teóricos de conhecimento biológico secundário, e não se aplica ao que chamam de conhecimento biológico primário.

O conhecimento biológico primário se refere à capacidade cognitiva que todos nós temos, independente de instrução, de adquirir um relevante conhecimento inconsciente, sem qualquer esforço cognitivo e interferência de motivação externa. Um exemplo de conhecimento biológico primário é a aprendizagem da fala; segundo os teóricos, as pessoas normalmente não ficam pensando em como movimentar a língua, coordenar as cordas vocais e controlar a respiração para produzir o som. Nós nos envolvemos nessa complexa tarefa simplesmente ouvindo outras pessoas falarem.

Em contrapartida, o conhecimento biológico secundário é culturalmente dependente. Devemos aplicar certo esforço cognitivo para intencionalmente adquirir certo conhecimento. Para os teóricos, praticamente qualquer forma de instrução consiste em conhecimento secundário.

A cognição humana pode ser caracterizada através de alguns princípios que governam essas funções e processamentos. O princípio do armazenamento da informação (*The information store principle*) define que a cognição humana é capaz de armazenar uma

grande quantidade de informação, assim como gerenciar o tamanho de sua atividade. É a MLP que fornece essa função. De acordo com este princípio, a MLP pode se reorganizar indefinidamente para armazenar as informações e repassá-las para a MCP. O princípio da reorganização (*Reorganising principle*) define que toda a informação armazenada na MLP, foi de alguma forma “emprestada” de outro armazenamento de longo prazo. O princípio da aleatoriedade genética (*The randomness as genesis principle*) indica que os testes podem fornecer a fonte inicial que gera toda a informação que está armazenada na MLP. O princípio do limite de mudanças (*The narrow limits of change principle*) significa que toda a alteração realizada sobre a MLP ocorre de forma lenta e sempre incremental. Esse princípio está relacionado com o fato de que apesar de a MLP ter capacidade de armazenamento elevado, ela não pode transmitir toda a informação para a MCP. Visto que a MCP é limitada, a alteração ocorre sempre com partes da informação, justificando a forma lenta como a MLP se reorganiza (Sweller, 2010).

Diante de uma situação de aprendizagem de novos conteúdos, os estudantes devem manipular as peças da informação antes que possam ser armazenados na memória de longo prazo. Para a TCC, o importante reside em qual o tipo de informação que será processada na memória de curto prazo, impondo, assim, tipos de carga cognitiva. Para a TCC existem três tipos de fontes de carga cognitiva (Artino, 2008): a intrínseca, a alheia¹³ e a relevante¹⁴.

3.1.2 Fontes de Carga Cognitiva

A Carga Intrínseca

A carga cognitiva intrínseca diz respeito à característica da informação e não à sua apresentação. Sabemos que a forma com que uma informação é apresentada influencia a aprendizagem, no entanto, um fator importante é a complexidade intelectual de tal informação. Sweller e Chandler (1994) postulam que a informação é composta de “elementos” que podem interagir entre si. Quando ocorre tal interação de elementos a complexidade da instrução aumenta e esse fenômeno é chamado pelos teóricos de “interatividade de elementos”. Então, este fator diz respeito à quantidade de elementos que devem ser processados simultaneamente na memória de trabalho para aprender determinado material instrucional.

¹³ Do inglês: *extraneous*; melhor tradução.

¹⁴ Do Inglês: *germane*; melhor tradução.

A estrutura intrínseca da informação é inalterável. Dessa maneira, o instrutor deverá reduzir a carga intrínseca da informação dividindo-a em estruturas menores quando a carga cognitiva da instrução for muito alta (Tarouco e Cunha, 2006). É possível que um determinado elemento da informação possa ser compreendido isoladamente, tendo uma carga intrínseca baixa por essa razão. No entanto, a partir do momento em que ele interage com outro elemento da informação para formar um novo significado, a carga intrínseca aumentará. Para um indivíduo treinado, dito especialista, a própria interação dos elementos pode ser incorporada em um esquema tornando-a um elemento simples de informação, ocorrendo assim uma redução da carga cognitiva sobre a memória de trabalho. Aqui, esquema significa a combinação de dois ou mais elementos de uma informação.

Um exemplo simples em problemas de Física seria aquele em que a velocidade média (V_m) de um objeto é solicitada conhecendo a distância total percorrida¹⁵ (d) e o tempo gasto no percurso (t). Os elementos da informação são a distância total percorrida, o tempo gasto no percurso e a velocidade média. Poderíamos assumir que isolados, possuem uma determinada carga intrínseca. No entanto, a relação entre eles na forma $V_m=d/t$ caracteriza uma interatividade de elementos, aumentando a carga intrínseca. Notamos que, se fosse informada a velocidade média e o tempo gasto no percurso, para calcular a distância total percorrida, teríamos que utilizar a equação em sua forma transformada $d=V_m*t$, aumentando a carga intrínseca. No caso de um indivíduo especialista, a equação da velocidade média será tomada como um simples elemento da informação, reduzindo a carga intrínseca e não sobrecarregando a memória de trabalho, podendo realizar outras operações ainda mais complexas. Dessa maneira, uma vez adquirida a competência de processar os diferentes elementos na memória de trabalho, a interatividade de elementos é alterada. Eles podem ser incorporados em um esquema que pode agir como se fosse um único elemento sendo processado com relativa facilidade na memória de trabalho (Pollock et al., 2002). Essa mudança de carga intrínseca deve causar a reorganização da memória de trabalho, que segundo a TCC, não há limites. A reorganização é armazenada na MLP, que posteriormente pode ser transferida para a MCP em uma determinada situação, obedecendo ao princípio do limite de mudanças já discutido. Note-se que o postulado da carga intrínseca vai ao encontro daquelas conclusões que Cabral da Costa e Moreira (1996, 1997b) haviam encontrado em sua revisão de literatura sobre novatos e especialistas.

¹⁵ De acordo com Máximo e Alvarenga (2010).

A Carga Alheia

A carga alheia, ou carga cognitiva ineficaz (Artino, 2008), se refere à apresentação da informação. É o resultado de técnicas instrucionais que não solicitam ou facilitam a formação de esquemas por parte do aprendiz e, com isso, é o alvo principal da TCC. Os princípios que caracterizam a cognição humana secundária foram desenvolvidos para tratar primariamente a carga alheia.

A carga alheia não está diretamente relacionada à complexidade inerente aos elementos da informação, mas é determinada pela sua apresentação. Ela se torna importante quando a carga intrínseca é alta, ou seja, a quantidade de elementos existente em uma dada situação será um forte indicador de carga alheia. Isto ocorre por que a carga intrínseca e a alheia são aditivas (Sweller, 2010). O resultado de um material que tem uma forte carga alheia e que ainda conta com grande carga intrínseca é o pouco recurso cognitivo reservado na memória de trabalho para construção dos esquemas.

A Carga Relevante

A carga relevante, também conhecida como carga eficaz (Artino, 2008), é o resultado dos processos cognitivos que tratam de promover abstrações e combinações de elementos da informação apresentados. Quando a carga intrínseca e alheia são adequadas, ou seja, quando existe recurso cognitivo suficiente na memória de trabalho, os alunos podem investir o espaço em processos cognitivos de construção de esquemas. Esses processos podem aumentar consideravelmente a carga cognitiva; ao contrário da intrínseca e alheia, a carga relevante contribui para a aprendizagem.

Na figura 2, vemos a carga cognitiva de um determinado material instrucional. Em A) temos um material que tem baixa carga intrínseca e alheia, liberando espaço para a carga relevante. Em B) temos um material que tem carga cognitiva total que extrapola os recursos cognitivos de um aluno, não permitindo nenhum espaço para a carga relevante, tendo como consequência a não-construção de esquemas e futuramente a realização de automações.

Um conceito importante associado à carga relevante é o de *automação*. Um aluno pode formar esquemas a partir de elementos mais simples da informação. Quando o aluno realiza outros processos em que os esquemas são utilizados como elementos, pode liberar mais espaço livre na memória de trabalho, sem haver um esforço consciente para tal. Com a automação, tarefas mais comuns podem ser executadas de forma acurada e fluída. Tendo em

vista todas essas assunções teóricas, vemos que a construção de esquemas e automação são as metas principais para o desenvolvimento de materiais instrucionais.

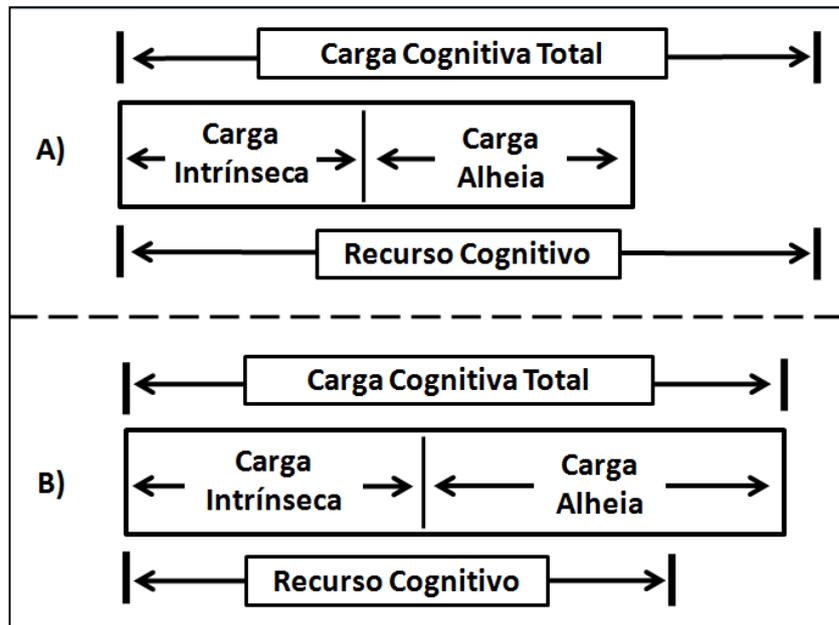


Figura 2: Diagrama que mostra os espaços destinados às cargas cognitivas¹⁶.

Segundo Pollock, Chandler e Sweller (2002), podemos ter uma situação em que um novato entra em contato com um material complexo. Se por um lado se quer que um aluno aprenda uma grande quantidade de informações que interagem entre si, ao passo que sabemos que não há condições cognitivas para realizar uma grande quantidade de operações, somos levados a um possível paradoxo. Na verdade, a teoria sugere para esses casos que o material complexo seja quebrado em partes que contenham uma quantidade menor de elementos em cada etapa. Há indícios na literatura que a apresentação de todos os elementos necessários para a compreensão não contribui para compreensão do material.

3.1.3 Efeitos da Carga Cognitiva

A TCC sugere que devemos ter muita atenção nos efeitos que um material tem sobre os processos cognitivos. Ao desenvolver uma atividade, o instrutor precisa considerar a carga intrínseca que o material possui, a carga relevante necessária para a aprendizagem do material e a carga alheia que não está relacionada à aprendizagem. Com base nos recentes desenvolvimentos da TCC, existem alguns princípios norteadores (efeitos) a serem

¹⁶ Adaptado de http://www.southalabama.edu/oll/mobile/theory_workbook/cognitiveload_theory.htm

considerados no momento do desenvolvimento de um material instrucional. Vamos apresentar apenas alguns deles que tratam especificamente de como reduzir a carga alheia, que são os mais importantes para o nosso trabalho. Estes efeitos da carga cognitiva surgem como sugestões para a construção do material instrucional.

Os efeitos da carga cognitiva, como sugestões de construção de materiais instrucionais, devem ser analisados com cuidado, pois a sua utilização não garante a redução da carga cognitiva. Vemos que o efeito “exemplo resolvido” pode ajudar o aprendiz a reconhecer o caminho para a solução de um problema. No entanto, pelo consumo de tempo e recursos cognitivos necessários para a construção do novo esquema, o método pode estar comprometido, pois pode haver o aumento da carga alheia ao invés de sua redução (Kalyuga, 2010). Segundo Kalyuga, Chandler e Sweller (1999) o efeito “desvio de atenção” e “redundância” se não tratados corretamente podem prejudicar os alunos especialistas.

Outra consideração importante é que a redução carga alheia não está exclusivamente relacionada à quebra da informação nos diferentes canais de percepção (modo visual, auditivo e etc), mas sim com as técnicas instrucionais utilizadas para facilitar a compreensão de determinado conteúdo. Para isso, diversas técnicas foram desenvolvidas, como pode ser visto na tabela 2, e note-se que a maioria delas não se refere aos modos estimulados pela informação.

Na tabela 2 vemos uma série de efeitos da carga cognitiva que estão relacionados com a tentativa de redução da carga alheia. Existem outros efeitos para redução da carga intrínseca e relevante. Embora a forma intrínseca que os elementos da informação possuem não possa ser alterada, existe um método (efeito) que visa a sua redução através da apresentação dos elementos separadamente, e então apresentar versões desta interação. Este efeito é chamado de “interação isolada dos elementos”, e pode ser usada quando um problema possui uma quantidade muito grande de informações.

Tabela 2: Alguns efeitos da carga cognitiva e como reduzir a carga cognitiva alheia (Adaptado de Artino, 2008).

Efeito	Descrição da instrução	Carga Alheia
Efeito “Livre objetivo” (Goal-free effect)	Os problemas convencionais devem ser substituídos por problemas que não possuem um objetivo específico. Tal como um problema aberto.	Reduz a carga alheia ao diminuir a diferença entre o estado atual do problema e sua consequente resolução.
Efeito “Exemplo resolvido” (Worked example effect)	A substituição de exemplos convencionais por exemplos resolvidos deve ser cuidadosamente estudada.	Mesmo que o método tente reduzir a diferença entre o estado atual do problema e sua solução, pode ocasionar um aumento desnecessário à carga alheia.
Efeito “Problemas de completar” (Completion problem effect)	Problemas devem conter uma solução parcial, no qual o aprendiz deve continuar a solução.	Oferecendo parte da solução do problema se reduz o tamanho do espaço que o problema ocupa na memória de trabalho.
Efeito “Desvio da Atenção” (Split Attention effect)	Integrar as diferentes fontes de informação (figuras separadas e texto) em um único bloco de informação.	A redução ocorre pelo fato de não haver a necessidade de esforço mental em integrar a informação vinda de múltiplas fontes.
Efeito Modal (Modality effect)	Substituir problemas textuais ou com outras fontes visuais de informação (diagramas) por textos narrados ou outras fontes que estimulem diferentes modos.	A redução ocorre devido à apresentação multimodo utilizar ambos os processamentos, visual e auditivo da memória de trabalho.
Efeito “Redundância” (Redundancy effect)	Substituir diferentes fontes de informação que explicam o mesmo conteúdo, por uma única fonte que pode ser compreendida isoladamente.	Reduz a carga alheia causada por processamentos desnecessários de informação redundantes.

3.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa

O conceito chave da teoria de Ausubel (1980, 2000) é a aprendizagem significativa. Preocupou-se principalmente com a função do professor e do aluno durante este processo, além de ressaltar a importância que existe no material didático. O conhecimento

prévio é a chave para a aprendizagem significativa e deve estar perfeitamente claro para que novos conhecimentos possam ser ancorados pelo conhecimento já existente. Também existe a possibilidade dessas estruturas cognitivas serem alteradas pelo novo conhecimento, ou seja, a aprendizagem não só ocorre com a aprendizagem de novos conceitos, mas também com a reformulação deles. Trata-se de um processo interativo.

Seguindo as palavras do autor, podemos entender quando ocorre a aprendizagem significativa:

A aprendizagem receptiva significativa implica a aquisição de novos conceitos. Exige tanto uma disposição para a aprendizagem significativa como a apresentação ao aluno de material potencialmente significativo. Esta última posição pressupõe, por sua vez, (1) que o material de aprendizagem por si só pode ser relacionado a qualquer estrutura cognitiva apropriada (que possua um sentido “lógico”), de forma não arbitrária (plausível, sensível e não aleatória) e substantiva (não literal), e (2) que as novas informações podem ser relacionadas a(s) ideia(s) básica(s) relevantes já existentes na estrutura do aluno (Ausubel, 1980, p. 34).

Podemos entender que para ocorrer aprendizagem significativa é de suma importância que as novas ideias, expressas simbolicamente, possuam importante relação com as informações adquiridas previamente. Dessa forma, é necessário que o novo conhecimento possa ser relacionado com uma base de conhecimentos já adquirida. Essa relação com aspectos relevantes da estrutura cognitiva já existente deve ser não arbitrária e substantiva.

Por “não arbitrária”, podemos entender como a presença de uma estrutura adequada para relacionar a nova informação com as ideias já adquiridas pelo aluno. Além disso, a nova informação deve possuir suficiente correspondência com essa estrutura. Geralmente exemplos, assuntos derivados ou generalizações podem se constituir como um conjunto de ideias mais relevantes que podem oferecer um encadeamento de informações mais coerentes para o aluno. Este conjunto de informações pré-existentes e relevantes dentro da estrutura cognitiva é chamado de subsunçores.

Por “substantiva” podemos entender que a nova informação deve ser compreendida com a menor modificação de significado possível. Ainda que o aluno a relacione com outras informações, ao fim do processo o símbolo ou conceito a ser aprendido não deve possuir nenhuma forma de alteração em seu significado.

Em contrapartida à aprendizagem significativa, Ausubel define o conceito de aprendizagem mecânica. Para ele, neste tipo de aprendizagem as novas informações possuem

pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno. Logo, as novas informações são armazenadas de forma literal e arbitrária. Não existe uma diferença dicotômica entre a aprendizagem mecânica e significativa, uma vez que para Ausubel existem casos intermediários entre as duas formas de aprendizagem. Segundo Moreira (2004, p.154), podemos citar como exemplo a necessidade da aprendizagem mecânica quando o indivíduo adquire informações de sua área totalmente novas, em que o indivíduo usa essas informações como subsunçores para novas informações, tornando-se cada vez mais elaborados e capazes de ancorar novas informações.

3.2.1 Teoria da Assimilação

Para melhor entendermos esse processo, Ausubel propôs a teoria da assimilação, isto por que a interação da nova informação com um subsunçor implica na modificação de ambos. Podemos representar esta interação com a figura 3. A teoria da assimilação será importante em nosso estudo na medida em que propõe uma forma de como o novo conhecimento interage com a estrutura cognitiva.

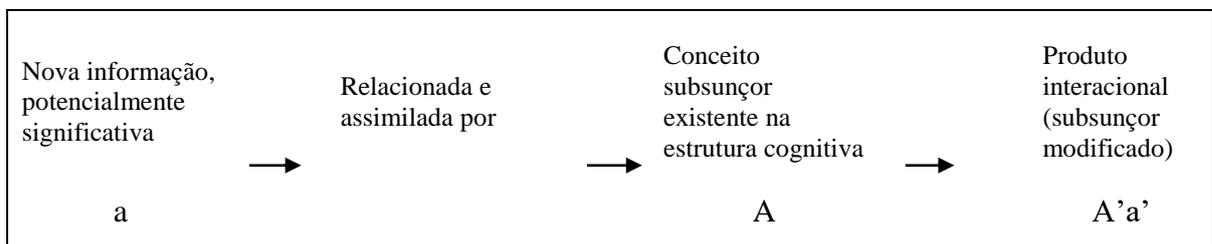


Figura 3: Diagrama com uma representação esquemática da teoria da assimilação (adaptado de Moreira, 2004).

Podemos afirmar que a essência da teoria da assimilação é o conhecimento prévio associado à interação do novo conhecimento com aqueles já adquiridos pela estrutura cognitiva. Para que ela ocorra, as ideias mais inclusivas e amplamente explicativas ocupam uma posição de destaque, pois elas englobam as ideias menos inclusivas.

Dessa forma, a assimilação pode ser entendida como um processo que ocorre quando uma nova informação potencialmente significativa a , é assimilada por um conceito mais inclusivo A (figura 3). Como podemos ver, nessa interação tanto o conceito subsunçor como a nova informação são modificados. O diagrama demonstra que por certo tempo a nova informação fica associada ao conceito subsunçor. Assim, o seu significado depende agora

tanto da sua definição original como também de sua relação com o subsunçor, apresentando também uma modificação em sua estrutura.

O produto A'a' pode ser dissociado durante certo tempo e isso explicaria o fato que as novas informações permanecem disponíveis durante algum tempo. Dessa forma, a assimilação ou ancoragem possuem um período de retenção, em que é possível que elas sejam dissociadas em A' e a'. Além de favorecer a retenção de a', neste período pode ocorrer a aprendizagem de novos significados e a perda da capacidade de reproduzir ideias subordinadas. Por essa razão, a assimilação dificilmente termina em si mesma: ela continua após a aprendizagem significativa, alimentando uma cadeia de significados cada vez maior.

Ausubel (2000) afirma que os materiais aprendidos por simples memorização são transformados e organizados de maneiras diferentes da forma significativa, o que auxilia a aquisição e a compreensão de novos significados, tais como as qualitativas, derivativas, correlativas e subordinantes. Por outro lado, os materiais aprendidos por memorização formam entidades discretas e relativamente isoladas de toda a estrutura cognitiva do aluno de forma arbitrária e literal.

O próximo estágio ocorre quando não é mais possível a dissociação A'a'. Ocorre assim a assimilação obliteradora, atingindo-se o produto A'. Com isso, o resíduo dessa interação é um subsunçor modificado mais estável do que A'a', melhorando o processo de assimilação de novas informações. O exemplo apresentado demonstra uma relação de subordinação da nova informação com uma estrutura cognitiva mais inclusiva. Este tipo de aprendizagem é chamado de subordinada.

Ocorre aprendizagem significativa superordenada quando é apresentado para o aluno um conceito ou proposição potencialmente significativo A, e que é mais inclusivo do que os conceitos e proposições existentes na estrutura cognitiva do aluno. Além disso, ideias que já existem na estrutura cognitiva do aluno também podem ser reconhecidas como relacionadas, provocando uma reorganização desta estrutura, trazendo como consequência a aquisição de novos significados.

Na aprendizagem significativa combinatória, o processo de aprendizagem não guarda uma relação de superordenação ou subordinação entre as proposições e conceitos com a estrutura cognitiva do aluno. Ela ocorre através de uma relação mais geral, como se a nova

informação fosse potencialmente significativa para ser relacionada com a estrutura cognitiva como um todo (Moreira, 2004). Em outras palavras, são potencialmente significativas, pois podem relacionar-se de modo não-arbitrário ao amplo armazenamento de conteúdo. Então, na combinatória os conteúdos não são relacionáveis a ideias relevantes particulares de uma estrutura cognitiva. Segundo Ausubel (1980), este é o tipo de aprendizagem que ocorre na maioria das generalizações novas que os estudantes aprendem em ciências, matemática, estudos sociais e ciências humanas (ibid., p.50). Como exemplo, podemos citar as relações entre massa e energia, calor e volume, estrutura genética e variabilidade que, apesar de adquiridas com maior dificuldade em relação à subordinada e superordenada, quando realizadas de forma satisfatória, obtêm a mesma estabilidade interna.

3.2.2 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora

O processo de aprendizagem subordinada leva a uma diferenciação cada vez maior do conceito subsunçor presente na estrutura cognitiva do aluno. Por esse motivo, este processo é chamado de diferenciação progressiva do conceito subsunçor. Assim, as novas informações são aprendidas de forma mais eficaz quando na estrutura cognitiva do aluno já existem ideias mais inclusivas e relevantes. Por essa razão, o ensino de um determinado conteúdo de uma disciplina que segue o princípio da diferenciação progressiva deve inicialmente apresentar aquelas ideias mais gerais e inclusivas para depois serem diferenciados progressivamente em termos de detalhe e especificidade. Acredita-se que essa seja a ordem natural de aquisição de consciência cognitiva e de sofisticação, quando somos expostos a determinados conteúdos (Ausubel apud Araujo, 2005). Dessa maneira, Ausubel se baseia em duas hipóteses:

- É mais fácil para os seres humanos captar aspectos diferenciados de um todo, anteriormente apreendido e mais inclusivo, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas;
- A organização do conteúdo de uma determinada disciplina na mente de um indivíduo é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura e progressivamente incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (ibid.)

Por outro lado, na aprendizagem superordenada e combinatória, as novas informações forçam a reorganização da estrutura cognitiva com o intuito de gerar novas

estruturas de significados. Para esse processo de reorganização, Ausubel chama de Reconciliação Integradora. Podemos dizer que esses dois processos estão relacionados com a aprendizagem significativa, pois nela ocorrem os processos de diferenciação progressiva e a reconciliação integradora de forma dinâmica, ao passo que ela pode ser ora subordinada, ora superordenada ou combinatória.

3.2.3 Avaliação

Para verificar a aprendizagem significativa, o indivíduo deve apresentar de forma clara e precisa a posse dos significados dos conceitos. No entanto, deve-se ter cuidado com testes que visam avaliar o conhecimento, pois podem obter respostas mecanicamente memorizadas. Durante a sua formação científica o aluno pode se habituar a realizar exames, com isso acaba decorando fórmulas, exemplos ou explicações. Com a finalidade de avaliar o real aprendizado de um aluno, deve-se apresentar progressivamente situações novas e não familiares, de forma que ele consiga transferir o seu conhecimento (Moreira, 2004).

Um exemplo que poderia ilustrar as ideias aqui apresentadas é o conceito de força nuclear. O aluno que já possui o conceito de força bem estabelecido em sua estrutura cognitiva se apresentará como um conceito mais inclusivo. Dessa forma, o conceito de força forte será assimilado, ocorrendo aprendizagem subordinada. Por outro lado, a força nuclear é de curto alcance, ao passo que as forças até então conhecidas pelo aluno são de longo alcance. Logo, tanto a força nuclear como o conceito geral de força será modificado tornando-se mais inclusivo (ibid.).

Podemos concluir que para a ocorrência da aprendizagem significativa, devemos apresentar ao aluno um material potencialmente significativo, ou seja, que proporcione uma aprendizagem não-arbitrária e não-literal da nova informação. Além disso, para facilitar a ocorrência da diferenciação progressiva, é necessário que aspectos mais amplos e relevantes do conteúdo sejam trabalhados, de forma a diferenciar em profundidade e especificidade. Assim, a reconciliação integradora deverá ser explorada através da busca de relações entre os conceitos ou proposições, de forma a apontar similaridades ou as suas diferenças (ibid., p. 161).

3.3 Relação da Aprendizagem Significativa com a TCC, HAE e Teoria Holista/Serialista

Neste momento, faremos uma discussão sobre os elementos teóricos que aproximam as teorias até agora expostas. Durante nossa pesquisa foi constatado que as teorias se relacionam em diversos aspectos, cada uma à sua maneira, obviamente. Essa discussão é necessária para que não ocorram equívocos teóricos ou mesmo conceituais, uma vez que todas elas, em alguma parte, nos ajudam a construir ora a hipermídia ora nossa interpretação dos resultados. Isso é necessário, pois vale lembrar que a hipermídia adaptativa aplicada ao ensino não é uma construção oriunda da teoria da aprendizagem significativa, porém se relaciona muito bem com a mesma.

A primeira relação que faremos será entre a teoria da aprendizagem significativa e a teoria da carga cognitiva (TCC). A TCC possui uma longa construção teórica a partir de alguns princípios básicos, os quais citamos de forma muito breve anteriormente, por que para os nossos propósitos, levamos em consideração as três formas de carga cognitiva e não suas origens de forma tão minuciosa. No entanto, o que chama nossa atenção é o princípio do limite de mudanças (*The narrow limits of change principle*), associado com a teoria dos esquemas.

Teoricamente, a memória de curto prazo possui uma severa limitação na quantidade de informações que é capaz de processar. Sendo possível reter algo em torno de sete (mais ou menos dois) itens de informação (Miller, 1956), e que provavelmente não se consegue processar mais que quatro destes itens (Cowen apud Sweller, 2010). Dessa forma, a teoria sugere que a informação armazenada na memória de longo prazo (MLP) deve ser muito bem estruturada de forma a não extrapolar a capacidade de operação da memória de curto prazo (MCP), levando ainda em consideração que essa transferência de informações entre a memória de longo prazo com a de curto prazo também é limitada.

Os esquemas são formas de organização das informações com o propósito de formar um único elemento de informação, de acordo com a forma que será usada. Na tentativa de resolução de uma tarefa, a MLP envia informações para a MCP na forma de esquemas. Vemos aqui uma relação com o conceito de subsunçores ausubelianos, que são conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva (Moreira, 2004). Pela teoria da assimilação de Ausubel, durante a interação da nova informação com o conceito subsunçor,

ambos são modificados, e logo em seguida a este estágio, temos a obliteração da nova informação com o conceito subsunçor. Assim, ao final do processo, temos um novo subsunçor mais inclusivo e estável que o original. De forma semelhante, a TCC nos diz que a MLP envia um esquema para a MCP com o intuito de interagir com a nova informação. Após esta interação, temos um esquema modificado, que por sua vez é enviado lentamente para a MLP. Vemos que, enquanto a teoria da aprendizagem significativa se ocupa em explicar o aspecto qualitativo da interação da nova informação com a estrutura cognitiva, a TCC se ocupa com os aspectos quantitativos, e ambas se ocupam com a forma dessa interação, que são muito similares. Embora a TCC não diferencie as formas subordinadas, superordenadas e combinatórias que podem ocorrer entre a nova informação e a estrutura cognitiva, é reconhecido que a forma como ocorre a aprendizagem depende da capacidade do aluno em formar esquemas capazes de suportar a nova informação, onde pode ocorrer interação com mais de um esquema ou mesmo entre esquemas (Sweller, 2010), da mesma forma como ocorreria a interação com mais de um subsunçor dependendo do grau de assimilação e relevância em cada caso (Moreira, 2004).

Ainda temos a combinação entre a formação de esquemas com o princípio da reorganização, que explica como se dá a aquisição de informação. Levando em consideração que os esquemas permitem que múltiplos elementos da informação possam ser tratados como apenas um elemento, de acordo com seu uso, um determinado esquema para resolução de problemas nos permite classificar problemas de acordo com a sua solução, da mesma forma que um mestre de xadrez pode classificar a dificuldade de uma jogada de acordo com a configuração do tabuleiro (Sweller, 2010). Sendo assim, é razoável imaginar uma classificação da dificuldade dos problemas de Física de acordo com a forma como as variáveis (informação) estão disponíveis em seu enunciado e a forma como deve ser resolvida.

Se aceitarmos essa estreita relação funcional que esquemas e subsunçores possuem na estrutura cognitiva, é consistente afirmar, em teoria, que ao assumirmos as diferentes formas de cargas cognitivas para classificar a dificuldade de determinados problemas, estaremos assumindo que na medida em que o aluno responde tais questões, estaremos facilitando a ocorrência da assimilação ausebeliana. Mais ainda, levando em consideração que o conhecimento prévio é o fator isolado que mais influencia a aprendizagem (Moreira, 2004), ao expor o aluno a uma série de problemas de dificuldades crescentes,

assumimos que o aluno possui aquele conhecimento necessário para avançar ao problema de maior dificuldade, configurando assim a identificação do conhecimento prévio de forma recursiva.

Com relação ao ensino auxiliado por computador (CAE), destacamos:

[...] a maior vantagem do CAE consiste em que somente computadores são logisticamente capazes de, simultaneamente, manipular todas as variáveis que influenciam o ensino individualizado. Porém, para sermos verdadeiramente eficientes não só precisamos de equipamento sofisticado com um custo dentro dos orçamentos educacionais, como também de sofisticados princípios de ensinamentos baseados numa teoria empiricamente provada de recepção significativa e aprendizado de descoberta. Além disso, não devemos viver sob o equívoco de que CAE possa ser um meio de ensino totalmente autônomo. Computador algum jamais pode ser programado com respostas para todas as questões que os alunos possam fazer.” (Ausubel, 1980, p.323).

A época de Ausubel os custos computacionais envolvidos em uma pesquisa educacional eram enormes, tanto que, em algumas circunstâncias, não caberia qualquer intervenção do tipo se não fosse a um custo aceitável por aluno; lembrando, também, do custo técnico envolvido. Hoje, devido à grande expansão do uso da informática no campo educacional, não teremos que nos preocupar com os custos de nossa pesquisa. Leva-se em consideração que muitas escolas municipais, estaduais e federais contam com laboratórios de informática. Uma HAE, pelas razões já apresentadas, tem condições de avaliar uma grande quantidade de variáveis envolvidas durante a interação com o aluno, desde que saibamos quais devem ser essas variáveis. Pelo fato de que um computador não pode prever e nem interagir com o aluno da mesma forma que um professor, deve-se ter sempre em mente que uma HAE não é a metodologia em si, pois pode ser usada de muitas formas diferentes, dependendo do seu objetivo.

Comentamos que existem muitas teorias sobre estilos cognitivos e que elas dizem respeito às diferenças individuais, autoconsistentes e estáveis no que se refere à organização cognitiva (Ausubel, 1980; Mampadi et al., 2011). Devemos levar em consideração que “a dimensão mais importante que um estilo cognitivo pode ter sobre a aprendizagem é a tendência dos indivíduos de serem generalizadores ou particularizadores, ou ainda estar em algum lugar entre estes extremos de um continuum” (Ausubel, 1980). Cabe aqui ponderar que enquanto a dimensão holística paskiana está relacionada com a dimensão generalizadora ausubeliana, a dimensão serialista estaria relacionada com a dimensão particularizadora. No

entanto, a visão da aprendizagem significativa se diferencia no modo como esta dimensão influencia a aprendizagem em relação à teoria holista/serialista de Pask. Enquanto que uma visão holista/serialista trata de diferenciar como os indivíduos se posicionam frente a organização de um material, na visão da aprendizagem significativa:

[...] generalizadores tendem a se aproximar de um material potencialmente significativo com uma predisposição significativa a apoiar uma decisão, ao passo que os particularizadores tendem a se aproximar do material potencialmente significativo com uma disposição para a aprendizagem mecânica de utilizar a informação para servir de apoio a uma decisão (Schwartz apud Ausubel, 1980.).

No entanto, existe a suposição de que a dimensão generalizadora/particularizadora do estilo cognitivo poderia influir na preferência relativa de um indivíduo em tentar focar a sua atenção aos aspectos gerais ou particulares das idéias. Contudo, Ausubel alerta que existe uma fraqueza metodológica em muitos estudos desta área, em função das medidas de estilo cognitivos não serem bem estabelecidas. Portanto, seria questionável ver se as indicações destes traços cognitivos são de fato estáveis e generalizados.

Diante de tudo o que foi exposto, justifica-se um estudo com a finalidade de verificar se existe alguma relação significativa entre uma possível medida de estilo cognitivo e o tipo de navegação em uma hipermídia. Contudo, para verificar se a nossa interpretação no que se refere a dificuldades dos problemas de Física são consistentes com a TCC, vamos proceder a um primeiro estudo exploratório, que também nos auxiliará a conhecer nosso objeto de estudo através da prática – que é a interação do aluno com o computador em uma situação de ensino de cinemática.

4. ESTUDO I

4.1 Metodologia

O caminho que nos leva para o desenvolvimento de uma HA não é simples, ainda mais quando não queremos perder o caráter técnico de sua criação. Um exemplo bem característico foi o projeto multidisciplinar Tapejara (Viccari et al., 2000), apoiado na modelagem do Estilo Cognitivo de Aprendizagem (ECA) do aluno. O objetivo era desenvolver uma hipermídia para o treinamento de empregados em uma companhia de comunicação, no qual a metodologia proposta para o trabalho previa sete grandes etapas:

- (i) levantamento dos estilos cognitivos de aprendizagem;
- (ii) verificação das trajetórias de aprendizagem;
- (iii) estudo das correlações entre estilos cognitivos e as trajetórias de aprendizagem;
- (iv) geração de índices pertinentes às trajetórias de aprendizagem;
- (v) aquisição, pelo sistema tutor, do conhecimento referente às trajetórias-padrão por ECA;
- (vi) programação do agente aprendiz;
- (vii) modelagem cognitiva do aluno-aprendiz num modo tutorial (Op Cit.).

A saber, no projeto Tapejara, para medir os ECA foi utilizado o Teste de Ross (Souto et al., 2002), que deve ser aplicado por psicólogos treinados. O intuito é determinar os estilos cognitivos através de um teste usando a análise fatorial e a análise de agrupamento. Apesar de termos bastante informação sobre a metodologia do projeto e, ainda, a afirmação dos pesquisadores de que a hipermídia foi desenvolvida com o auxílio de um especialista do conteúdo, de pedagogos e de psicólogos, poucos dados se tem sobre como o material didático foi criado. Tentamos o contato pessoal com os principais pesquisadores do projeto para saber mais detalhes, porém não obtivemos sucesso.

Para o propósito de nossa pesquisa, a avaliação psicológica prévia dos alunos não parece conveniente, uma vez que queremos avaliar o aluno dentro de um domínio de conhecimento bem específico. Pela nossa revisão bibliográfica, as características apresentadas pelos alunos numa situação de resolução de problemas são bem determinadas e diferenciadas daquelas que poderiam surgir destes testes psicológicos.

Vimos que, sob o ponto de vista da TCC, a aprendizagem pode ser prejudicada quando a quantidade de material ou de processamento supera a capacidade humana de memória de trabalho. Existem alguns métodos desenvolvidos que objetivam a medida da

carga cognitiva. Uma dessas formas é a avaliação subjetiva, a qual agrupa os alunos em diferentes escalas conforme a demanda de material necessário à aprendizagem.

Existem outros métodos mais objetivos como as medidas de aprendizagem, ou seja, quando o aluno é bem sucedido em algum teste. Outros ainda analisam o tempo gasto durante a realização do teste, ou o ritmo dos batimentos cardíacos, ou ainda métodos mais invasivos que utilizam máquinas de ressonância magnética para mapear as sinapses à medida que o aluno realiza os testes (Brünken, Seufert, e Paas, 2010).

Vamos realizar dois estudos com a finalidade de desenvolver uma hipermédia que seja capaz de se adaptar às dificuldades dos alunos. A questão é que a natureza dinâmica da adaptação traz dificuldades em utilizar métodos de validação estatística tradicionais, uma vez que os alunos não estarão sob as mesmas condições no momento da realização do teste, e nem responderão necessariamente a mesma sequência de problemas. Isso se deve ao princípio de que a hipermédia deve respeitar o ritmo de cada aluno. Então devemos estudar melhor o problema da pesquisa utilizando uma metodologia qualitativa adaptada, com o intuito de realizar futuramente algum estudo estatístico de forma confiável.

Após este primeiro estudo, vamos analisar os possíveis erros e os acertos cometidos, reestruturando a hipermédia se necessário e acrescentando novas funcionalidades matemáticas conforme for o caso. Esta etapa também servirá para adequarmos devidamente a relação entre a TCC e a teoria da assimilação com a hipermédia de forma mais consistente.

4.2 Estudos Exploratórios

Quando se constrói novos meios computacionais para a pesquisa em ensino de Física, exige-se do pesquisador um bom domínio do assunto no que diz respeito à linguagem de programação utilizada, sem falar do domínio necessário sobre o próprio tema abordado. Como temos pouca informação sobre o comportamento imediato do programa de computador frente à situação de aprendizagem em Física utilizando uma HA, é necessário realizar um estudo exploratório com o intuito de conhecer melhor o objeto de nossa pesquisa e também melhorar a nossa percepção teórica sobre o assunto. Para a seguinte discussão, trouxemos à tona alguns autores que tratam especificamente de metodologias voltadas para as ciências sociais. Mais ainda, visto a escassez de discussão e definição de estudos exploratórios voltados para o ensino de Física, procuramos artigos e trabalhos de pesquisadores de outras

áreas que estão mais acostumadas a utilizar este tipo de pesquisa, que são as revistas especializadas em saúde médica. Obviamente que não citaremos todos os artigos destas revistas que contenham estudos exploratórios.

A análise das principais revistas de pesquisa em ensino revelou que os estudos exploratórios são pouco utilizados ou assim definidos. Geralmente, os trabalhos publicados seguem um padrão: apresentam uma revisão da literatura; um fundamento teórico; estudos realizados com características comprovativas, fundamentados na teoria ou prática da literatura; e, por fim, os resultados. Devido à característica humana da pesquisa em ensino de Física, podem ocorrer imprevistos quando a abordagem do assunto é inovadora; isto é, situações nas quais a teoria, por mais fundamentada que seja, não é capaz de prever com exatidão todos os eventos por ser muito ampla; ou até mesmo questões metodológicas tanto qualitativas quanto quantitativas que poderiam ter sido melhor planejadas. Com isso, aqueles estudos experimentais que tinham características comprovativas acabam servindo na verdade de base para um próximo estudo. Com o intuito de evitar “retrabalhos”, os estudos exploratórios deveriam ser um recurso mais utilizado e assim definido:

Os estudos exploratórios permitem ao investigador aumentar sua experiência em torno de determinado problema. O pesquisador parte de uma hipótese e aprofunda seu estudo nos limites de uma realidade específica, buscando antecedentes, maior conhecimentos para, em seguida, planejar uma pesquisa descritiva ou de tipo experimental. Outras vezes, deseja delimitar ou manejar com maior segurança uma teoria cujo enunciado resulta demasiado amplo para os objetivos da pesquisa que tem em mente realizar. Pode ocorrer também que o investigador, baseado numa teoria, precise elaborar um instrumento, uma escala de opinião, por exemplo, que cogita num estudo descritivo que está planejando. Então o pesquisador planeja um estudo exploratório para encontrar os elementos necessários que lhe permitam, em contato com determinada população, obter os resultados que deseja. Um estudo exploratório, por outro lado, pode servir para levantar possíveis problemas de pesquisa (Triviños, 1987).

Ainda podemos citar:

As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. De todos os tipos de pesquisa, estas são as que **apresentam menor rigidez no planejamento**. Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis (Gil, 1999).

O uso do computador no ensino de Física é um assunto bastante explorado na literatura, com as mais variadas metodologias. HAs também são bastante exploradas na literatura da informática. No entanto, HAs no ensino de Física, são poucas. Isso justifica uma pesquisa exploratória, pois não temos informações disponíveis sobre o comportamento dos alunos e da HA frente a uma situação específica de ensino-aprendizagem de Física. E, também, não temos como formular hipóteses testáveis e operacionalizáveis, a princípio.

4.3 Outras Considerações

Com o intuito de facilitar o entendimento sobre as metodologias utilizadas, vamos analisar um possível cenário, onde um aluno interage com uma hipermídia adaptativa. Pretendemos com essa análise justificar escolhas realizadas durante a pesquisa, uma vez que algumas dessas escolhas não são comuns, tal como a utilização de problemas fechados ao invés de problemas abertos, como é tradicionalmente feito e aceito na pesquisa em resolução de problemas.

Um aluno interage com uma hipermídia acessando seus nodos de informação. O tipo de informação que o aluno busca pode estar diretamente relacionado com um determinado problema para o qual requer uma solução, como é o caso ao tentar resolver um problema de Física. A Hipermídia Adaptativa, pelas suas características, consegue de forma autônoma, a partir do tipo de navegação e do grau de conhecimento do aluno, alterar sua estrutura para atender às dificuldades apresentadas. Quando dizemos que a alteração é feita de forma autônoma, significa que a hipermídia possui mecanismos suficientes para realizar tal procedimento de forma independente da ação de um programador. Obviamente que alguém programou a hipermídia para se adaptar, mas uma vez programada, a própria hipermídia será capaz de se modificar.

Dessa forma, ao interagir com a hipermídia, o aluno revela seu interesse em um tipo de informação e ainda o seu grau de conhecimento. Para isso acontecer é necessário que a hipermídia tenha a capacidade de armazenar e reconhecer certos tipos de informação gerados a partir da interação com o aluno. Com facilidade, pode se programar uma hipermídia que consegue reconhecer os cliques do *mouse* ou o texto digitado a partir de um teclado. Outras formas de interação exigiriam um nível de programação que fugiria do escopo de nossa pesquisa e também da capacidade técnica do pesquisador-programador, e, por essa razão, não foram utilizadas formas como o reconhecimento dos movimentos dos olhos, os faciais e os

vocais. Além disso, também existe o reconhecimento e a interpretação de textos digitalizados. Neste momento, acredita-se que tenha ficado perfeitamente claro que, em termos computacionais, reconhecimento e interpretação são situações bem diferentes.

Levando em consideração tal limitação técnica de nosso contexto, de que a hipermídia pode interpretar apenas os cliques do *mouse* ou o texto digitado pelo teclado, é necessário criar um ambiente no qual tanto o conhecimento e a dificuldade dos alunos possam ser reconhecidos pelo computador de forma autônoma. Assim, a partir de um clique, a hipermídia pode ser programada para interpretar que naquele momento o *link* clicado pelo aluno representará uma resposta para um determinado problema. No entanto, para isso acontecer é necessário que a hipermídia também saiba, de forma autônoma, que tipo de problema o aluno está tentando responder. Problemas podem ser inseridos em um banco de dados, e suas características também podem ser previamente armazenadas – é desta forma que a hipermídia reconhecerá o tipo de problema que pode ser oferecido ao aluno. Podemos citar algumas características de problemas, tais como: ser aberto ou fechado, quantitativo ou qualitativo, a sua dificuldade e a matéria à qual está relacionado. Com isto, vemos que diversos tipos de problemas podem ser apresentados para os alunos; no entanto, para que o computador interprete a resposta do aluno como correta ou incorreta, levando em consideração a limitação técnica anteriormente identificada, certos tipos de problemas geram dificuldades em sua utilização.

Reconhecemos que os problemas abertos podem ser uma fonte muito valiosa de informações; levando-se em consideração a experiência adquirida a partir da literatura em resolução de problemas. Um pesquisador pode se planejar para detectar nuances que apenas uma análise qualitativa dos dados apresentados pelo aluno poderia detectar. Mas para isso, vemos que é necessária a ação humana para a utilização de uma abordagem que utilize problemas abertos. Para que uma hipermídia reconheça a resposta oferecida pelo aluno a um problema aberto, deveríamos:

- I) em primeiro lugar disponibilizar a digitalização da resposta aberta do aluno;
- II) em segundo lugar programar o reconhecimento da letra deste aluno, assim como possíveis desenhos;
- III) em terceiro lugar, a partir disto programar, utilizando métodos de inteligência artificial, um algoritmo que interprete a resposta como correta ou não, ou

ainda, interprete até que ponto aquela resposta apresenta alguma dificuldade relacionada a algum conceito.

Embora possível, tal implementação ainda está muito longe de nosso alcance técnico e por essa razão impraticável para esta pesquisa; e vemos também que além de ser uma tarefa extremamente difícil, envolveria muitas suposições teóricas sobre o funcionamento cognitivo humano que extrapolam em muito o escopo teórico e experimental da pesquisa.

É neste momento que, computacionalmente, problemas fechados ganham interesse, pois eles possuem algumas características que podem ser facilmente programadas para o reconhecimento e interpretação por parte da hipermídia. A saber:

- a resposta dada pelo aluno pode ser comparada com um modelo de resolução, da mesma forma que um problema aberto;
- problemas fechados podem exigir um conhecimento conceitual bem estruturado, mais do que a utilização de fórmulas;
- o computador pode corrigir imediatamente o problema;
- como existiria um modelo de resolução, ao problema fechado podemos associar uma dificuldade teórica objetiva, fundamentada na estrutura matemática utilizada;
- pode se ter o controle mais objetivo sobre o que o aluno está resolvendo e, até mesmo, pensando, a partir do tipo de navegação dentro da hipermídia, apoiado pela literatura em hipermídias adaptativas;
- sabendo a dificuldade do problema, o tipo de navegação poderá nos indicar de forma objetiva a dificuldade ou a formação conceitual do aluno.

Devemos ressaltar que de forma alguma estamos menosprezando os problemas abertos em favor dos problemas fechados. O que discutimos é um contexto muito particular, onde o computador, e não o ser humano, possa reconhecer as dificuldades dos alunos e assim sugerir uma navegação que auxilie na aprendizagem. Com isto, não podemos concordar totalmente com Gil-Perez et al. (1992), quando afirma que problemas fechados recairiam em puro operativismo. O autor atribui a concepções indutivistas a prática de resolução de problemas essencialmente fechados, incentivando o uso de problemas abertos tal como um

problema típico enfrentado por um cientista. A resolução de problemas como um processo de investigação pode ser interessante em alunos de curso de graduação em Física. Mas exigir tal procedimento em alunos do primeiro ano do Ensino Médio pode ser uma tarefa muito frustrante, uma vez que dificilmente as estruturas cognitivas próprias para a geração de hipóteses estarão presentes nesse público alvo. Logo, é mais razoável partir de uma situação onde o aluno responda problemas fechados, auxiliados por uma hipermídia, respeitando sua condição cognitiva, levando-os aos poucos até o estágio de geração de hipóteses através da utilização de problemas abertos.

Pietrocola (2002) já afirmava que “na Física, a relação com a Matemática é sintomática, e se coloca como um quebra-cabeça de difícil solução”. Muitos professores de Física gostariam que os alunos já soubessem os fundamentos de Matemática necessários para o curso, no entanto, é difícil aceitar a Matemática como uma simples ferramenta, se sujeitando ao currículo da Física. O autor destaca que os professores de Física muitas vezes acabam atribuindo à Matemática a responsabilidade pelas dificuldades na aprendizagem:

Erros de alunos na resolução de equações do segundo grau, no cálculo de coeficientes angulares de curvas em gráficos, na solução de sistemas de equações etc, são comuns, reforçando a idéia de que se trata de falta de conhecimento matemático. Admitir que boa parte dos problemas do aprendizado da Física se localiza no domínio da Matemática reflete um posicionamento epistemológico ingênuo - acaba-se por atribuir à segunda função de instrumento da primeira!” (ibid.).

Visivelmente contrário a esta visão, o autor (ibid.) discute solidamente a importância e inerência da matemática como linguagem da Física. Por essa razão, a Matemática deveria ser utilizada, não apenas para um simples domínio operacional, mas sim, como um instrumento estruturante para o próprio entendimento dos conceitos de Física.

Karam e Pietrocola (2009) também destacam a importância da Matemática como um elemento que, em alguns momentos, é necessário para o correto entendimento de conceitos físicos, e criticam a separação entre problema científico e matemático:

Quão **artificial** é essa separação entre problema matemático e problema científico? Que fronteira é essa que os autores mencionam? Será possível admitir que a solução matemática é mesmo somente um número e ao mesmo tempo, considerar que a solução científica prescinde de uma matematização?” (ibid.).

Os autores criticam fortemente o que chamam de visão “ingênuo/distorcida em relação ao papel da Matemática na estruturação do pensamento científico”. Deve-se ainda

destacar que não se pretende defender que o simples conhecimento matemático indicaria o sucesso na disciplina de Física, o que se pretende destacar é que deve ser ensinado aos alunos pensar matematicamente quando estes são deparados com problemas de Física.

Agora que temos motivos suficientes para utilizar problemas fechados, neste contexto onde a pesquisa está inserida, devemos ainda discutir e caracterizar para esta pesquisa a diferença entre exercício e problema:

Essa atividade, de suma importância no processo de construção do conhecimento do aluno, na maioria das vezes, está associada à resolução de uma lista de problemas e exercícios de lápis e papel, quer especialmente preparada, quer simplesmente retirada do livro-texto adotado... Essa lista de problemas e exercícios, geralmente, constitui-se na simples memorização mecânica de fórmulas matemáticas, desarticuladas da vivência dos estudantes. Apesar de ser o mais difundido, esse é apenas um dos significados do termo problema, uma vez que os estudos na área de educação em ciências têm constituído uma linha de investigação denominada Resolução de Problemas. (Gehlen e Delizoicov, 2012).

Na literatura, um problema se caracteriza como uma situação nova, onde o aluno não dispõe de procedimentos automáticos que permitam sua solução de modo direto, sem que exijam uma forma de reflexão. Esta nova situação, ou diferente, exige do aluno alguma estratégia a ser utilizada a partir do uso de técnicas já conhecidas e, além disso, o problema deve assim ser reconhecido pelo aluno. (Echeverría e Pozo apud Junior, Ferreira e Hartwig, 2008). Os exercícios possuem solução que pode ser encontrada rapidamente a partir de mecanismos já disponíveis. É verdade que tanto problemas quanto exercícios são indispensáveis à aprendizagem, no entanto, não é interessante quando os exercícios se tornam repetitivos, onde não oferecem desafios a serem superados.

Cabral da Costa e Moreira (2002) definem problema de forma semelhante, porém o seu conceito de problema nos parece mais razoável aos propósitos de nossa pesquisa ao considerá-lo “como uma situação na qual um indivíduo, uma vez tendo-a reconhecida como tal, necessita utilizar processos envolvendo reflexão, raciocínio e tomada de decisões para seguir um caminho na busca de solucioná-la”, isto porque, a crença de que a apresentação de novas situações ao aluno está bem posta quando voltada à verificação da aprendizagem significativa. A diferenciação entre exercícios e problemas parece revelar mais sobre quem formulou a questão do que sobre o aluno.

Em uma situação complexa, a tarefa pode facilmente exceder a capacidade cognitiva do aluno (Tabatabai, 1998). Para demonstrar isso, tomaremos como exemplo a seguinte questão retirada de Gaspar (2002):

(Unitau-SP) Um automóvel percorre uma estrada com função horária $s = -40 + 80t$, onde s é dado em quilômetros e t em horas. O automóvel passa pelo km zero após:

A) 1,0 h. B) 1,5 h. C) 0,5 h. D) 2,0 h. E) 2,5 h.

Em primeiro lugar, o enunciado da questão nos traz a letra “s” para designar o espaço do automóvel, sendo que no livro didático apresentado se usa a letra “x” para a posição¹⁷. A questão apresentada é um exercício ou um problema? Para responder a pergunta devemos observar o aluno e não a questão em si mesma. É correto considerá-la como um exercício pelo fato de que o aluno deve apenas substituir na função horária o “s” por zero e isolar o “t”? Para um aluno que já domina tal procedimento a resposta é sim. Agora, a resposta é não para aquele aluno que não está claro que a letra “s” representa o espaço (num referencial não necessariamente retilíneo) e não a posição (referencial cartesiano), dentro de um referencial que provavelmente não é retilíneo; e que não tem condições de presumir, olhando para a função, e verificar que se trata de um movimento uniforme.

Para o primeiro aluno, a definição usual da literatura de exercício se encaixaria muito bem. Já para o segundo claramente se trata de um problema fechado e, por sinal, bem difícil, pois se trata de uma situação totalmente nova. Logo, a definição de exercício apresentada anteriormente parece lidar mais com a dificuldade do que com situações e, ainda, revela mais sobre quem a classifica do que para um aluno que a resolve, pois partindo da definição, a sensação que fica é de que os exercícios são aquelas questões que tem dificuldade menor do que os problemas, e a sua dificuldade reside justamente no tipo de procedimento matemático a ser realizado para encontrar a resposta. Em outras palavras, quem elaborou “o exercício” definiu que se trata apenas de “mais do mesmo”. Julgar uma questão como exercício ou problema apenas analisando seu enunciado é um erro, e o que deve ser levado em consideração é a ação do aluno sobre a questão. Apenas se ele a resolver de forma rápida e algorítmica, é que poderemos avaliar se realmente a questão é um exercício para aquele aluno. Pelas razões apresentadas, neste trabalho sempre iremos considerar uma questão como um

¹⁷ Sampaio e Calçada (2005) fazem uma introdução escalar para a cinemática e dessa forma surge o conceito de espaço. Máximo e Alvarenga (2010) não fazem esta consideração, no entanto, alerta que muitos problemas que não são retilíneos podem ser resolvidos com o modelo do MRU. Gaspar (2002) afirma que o conceito de espaço não é importante para a Física.

problema após a ação do aluno, pois somente então é que teremos condições de avaliar se aquilo se tratava de um exercício.

Com esta exposição, acreditamos ter justificado de forma consistente a escolha neste momento pelos problemas fechados para os estudos desta tese. Devemos ter sempre em mente que a nossa pergunta de pesquisa envolve o desenvolvimento dos fundamentos para essa construção. Por essa razão, em primeiro lugar devemos entender como e o que adaptar. No estudo I de nossa pesquisa, que será exploratório, tentaremos verificar a consistência da determinação prévia da dificuldade em problemas fechados.

4.4 Construindo Problemas com o Auxílio da TCC

Vamos fazer agora um exercício teórico para analisar a carga cognitiva associada a determinados problemas em Física. Imaginamos que em uma situação de ensino, esses problemas sejam oferecidos aos alunos para resolvê-los com o objetivo de avaliar sua aprendizagem em cinemática. Vamos considerar os exercícios listados na tabela 3. Não é fácil quantificar a dificuldade de um problema em si mesmo, por essa razão montamos uma escala de dificuldade comparada na primeira coluna da tabela 3, e ao final da análise justificaremos os números.

O primeiro problema é bem simples, uma vez que para a sua solução basta aplicar a equação da velocidade média ($V_m = \Delta x / \Delta t$), pois é conhecida a distância total percorrida e o tempo total de viagem, implicando em uma carga intrínseca baixa. O problema apresenta todos os dados diretamente em seu enunciado, assim podemos afirmar que a carga alheia é baixa, e também por que não há o efeito de “desvio da atenção”, pois o problema é direto e o enunciado é curto. Obviamente que nas três situações apresentadas não há ainda a preocupação na redução da carga alheia por efeitos modais.

Já o segundo problema apresenta uma dificuldade maior em relação ao primeiro devido à falta de informações diretas para a solução. Sabemos que muitos problemas que envolvem velocidade média não necessariamente fornecem os dados para a solução, devendo o aprendiz, através de outros meios, construir um caminho. Mais ainda, existem problemas que além de não fornecer o tempo gasto na viagem indicam uma distância percorrida de forma totalmente indireta. Então, pelo fato de que o aluno precisa calcular o tempo total antes de calcular a velocidade média já implica em aumento considerável na carga intrínseca, isto por

que é necessário calcular dois intervalos de tempo, um para cada trajetória, e ainda utilizando uma forma diferente da equação da velocidade média ($\Delta t = \Delta x / V_m$). Como não temos ainda por que acreditar que o aluno já possua em sua estrutura cognitiva um esquema desta equação, acreditamos que sua forma modificada implica em um aumento da carga intrínseca, pois embora para um especialista tratar-se da mesma equação como um esquema, para o novato isso deve ser verificado. Ainda mais, existe grande quantidade de informação. Notamos que para diminuir a carga intrínseca, poderíamos solicitar ao aluno um passo intermediário, que é calcular o tempo de cada trajetória. Após isso, em outra pergunta solicita-se a velocidade média. Esta quebra da carga intrínseca é conhecida como “interação isolada dos elementos”.

Tabela 3: Exercícios que serão analisados segundo a TCC.

Dificuldade Comparada	Enunciado	Tipo de Problema
1.	Um automóvel percorre 100 km em 2 horas. Qual a velocidade média do automóvel?	Fechado e Quantitativo
2.	Um automóvel percorre uma distância de 150 km desenvolvendo, nos primeiros 120 km, uma velocidade média de 80 km/h e, nos 30 km restantes, uma velocidade média de 60km/h. Qual a velocidade média do automóvel no percurso total? (adaptado de Máximo e Alvarenga, 2010).	Fechado e Quantitativo
3.	Calcule o tempo em que se dará o encontro entre um automóvel e um carro de polícia que se lança em sua perseguição. (Adaptado de Peduzzi, 1997).	Aberto e Qualitativo

O terceiro problema pode ser considerado como o mais difícil, uma vez que ele não possui nenhuma informação quanto às velocidades, tipos de movimento, distância entre os automóveis. Todas as possíveis variáveis que o problema contenha devem ser hipotéticas. Pelas conclusões apresentadas pela nossa revisão da literatura em resolução de problemas, temos razões para acreditar que a geração de hipóteses é boa para avaliar um aprendiz como especialista ou novato, mas fica muito difícil partir para uma metodologia de aprendizagem em ensino de Física com problemas puramente abertos como este. Peduzzi (1997) já nos

alertava sobre o erro em impor ao aluno problemas nos quais ele não possui a estrutura cognitiva adequada. Fica evidente que poderíamos escolher um problema aberto um pouco mais simples, mas escolhemos este intencionalmente para demonstrar que a dificuldade de um problema não se resume ao seu tipo (aberto ou fechado, qualitativo ou quantitativo). Diferente dos problemas anteriores que tratavam apenas de um automóvel, este solicita a análise da relação entre dois automóveis. Mesmo que o aprendiz resolva escolher dois movimentos com velocidades constantes em módulo, é grande a relação intrínseca entre as variáveis e conceitos. Dependendo do problema, impor ao aprendiz a geração de hipóteses aumenta tanto a carga alheia (falta de dados) quanto a carga intrínseca (relação entre os automóveis). Pensamos que este problema poderia, em uma determinada metodologia, ser oferecido depois de etapas mais simples de resolução de problemas.

Assim, verificamos que para estabelecer a dificuldade dos problemas de Física devemos sempre fazê-lo de forma comparada, ou seja, não há de se falar em um problema difícil *a priori*. Por essa razão, escolhemos indicar, neste conjunto de três problemas, a dificuldade em 1, 2 e 3. Numa situação de vários problemas, a construção da escala de dificuldade deverá ser repensada.

4.5 Construção da Hipermissão

A partir de nossa interpretação da TCC, vamos descrever a hipermissão desenvolvida para esta pesquisa. A menos que seja imprescindível para o entendimento da hipermissão, não entraremos em detalhes técnicos de programação, para que nesse momento o foco da discussão fique restrito as suas propriedades educacionais. Também não nos deteremos com questões referentes à segurança da informação neste momento.

Pensamos que deveria ser desenvolvido um programa voltado para a *internet*, onde o usuário pudesse acessá-lo em sua casa, escola ou trabalho, ou seja, uma hipermissão. A rede mundial de computadores pode ser acessada através de um computador que tenha instalado algum navegador¹⁸, por essa razão buscou-se uma linguagem de programação voltada para a *internet*. Sendo assim, utilizamos o PHP¹⁹, por ser totalmente compatível ao HTML²⁰, além de ser também uma linguagem de programação *open source* mundialmente utilizada. Como o PHP é voltado para a internet e é processado no servidor, não existe

¹⁸ Do inglês *Browser*.

¹⁹ Acrônimo de *Hipertext Preprocessor*

²⁰ Abreviação para a expressão *HyperText Markup Language*

nenhuma restrição quanto ao sistema operacional instalado no computador do usuário. Vamos apresentar a hipermissão de uma forma geral.

The image shows a web interface for a physics hypermedia system. At the top center, there is a logo with a blue atom symbol and the word 'FÍSICA' in red. Below the logo is a navigation menu with four items: 'Velocidade Média', 'Exemplo', 'Unidades', and 'Aritmética'. The main content area is split into two columns. The left column, titled 'Exercício N. 1', contains a physics problem: 'Nas olimpíadas, um corredor percorre 100 m rasos a 36 km/h em aproximadamente 10 segundos. A alternativa que indica corretamente o tempo de percurso, a distância percorrida e a velocidade do corredor, respectivamente, é'. Below the text are four radio button options: A) 100 m; 10 s; 36 km/h; B) 36 km/h; 100 m; 10 s; C) 10 s; 100 m; 36 km/h; D) 36 km/h; 10 s; 100 m. At the bottom of this column is a button labeled 'RESPONDER' with a green checkmark icon. The right column, titled 'Material de Consulta', contains text explaining the system's purpose: 'O presente material foi desenvolvido para auxiliar os alunos que possuem dificuldades nos exercícios de física. Você pode consultá-lo quantas vezes quiser sempre que julgar necessário.' Below this text is another instruction: 'Para consultar o material clique nos links do menu que fica no topo e no pé de cada página.' At the bottom of the right column is another navigation menu with the same four items: 'Velocidade Média', 'Exemplo', 'Unidades', and 'Aritmética'.

Figura 4: Página principal da hipermissão com destaque para o espaço de exercícios.

Depois que o aluno realiza o *login* no sistema, na figura 4 temos a página principal da hipermissão. Na região indicada temos um espaço destinado à apresentação da questão a ser exibida ao aluno. Na mesma figura, ao lado direito observamos o material de consulta. Nele o aluno pode consultar a matéria sempre que achar necessário para resolver um determinado problema.

4.6 Público Alvo, Elaboração das Questões e Material de Consulta.

Desenvolvemos a hipermissão com questões sobre velocidade média. A intenção futura é construir um curso inteiro de Física para o Ensino Médio; sendo assim, nada mais sensato que começar com essa matéria, sendo um dos primeiros conteúdos abordados (obviamente que antes desse conteúdo teríamos ainda Notação Científica e Algarismos Significativos tal como Máximo e Alvarenga (2010); outros ainda trazem a problemática das grandezas escalares e vetoriais antes mesmo do conteúdo de cinemática tal como Gaspar, (2002)).

O sistema irá sortear as questões a serem apresentadas ao aluno, e aquele exercício já respondido não será apresentado novamente para aquele aluno. A dinâmica de

apresentação das questões é semelhante ao realizado por Damando et al. (2004), ou seja, se o aluno acerta um problema ele é direcionado para uma questão de maior dificuldade, de acordo com os critérios estabelecidos na tabela 4. Se errar o aprendiz é direcionado para uma questão de menor dificuldade. A diferença é que a cada resposta fornecida o sistema não recalculará a dificuldade do problema e nem reavaliará o perfil do aluno. Em nossa análise dos resultados discutiremos mais sobre a eficiência desse procedimento. Como a adaptação da dificuldade da questão e o conteúdo ainda não são analisados por um módulo de usuário (conforme Palazzo, 2000), resolvemos chamar essa modificação como “adaptação fraca”.

A hipermídia foi aplicada em duas turmas de primeiro ano do Ensino Médio do Curso Técnico Integrado do IFRS. Esses alunos frequentam durante a semana apenas dois períodos de Física. No curso integrado, além das disciplinas comuns ao Ensino Médio, também cursam as disciplinas técnicas.

Participaram da pesquisa 35 alunos que responderam 20 questões sobre velocidade média. Esse número de questões foi escolhido levando em consideração o tempo que os alunos levam para resolver uma prova de Física. Uma das turmas é a de 1º ano do Curso de Técnico em Informática com 27 alunos. Durante o ano os alunos devem estudar para 15 disciplinas, sendo 4 técnicas. A outra turma que participou da pesquisa é a 1º ano do Curso de Mecânica que conta com 12 alunos, e da mesma forma que a turma da informática, além das disciplinas do Ensino Médio, cursam 4 técnicas. Quatro alunos não realizaram o teste pois faltaram à aula no dia da aplicação. Percebemos que esses alunos estão submetidos a uma carga cognitiva muito grande, com pouco tempo destinado aos estudos de Física.

A tabela 4 foi construída supondo que o aluno possui uma memória de trabalho fixa, dividida entre as cargas cognitivas intrínseca, alheia e relevante. Resolvemos assim chamar essa suposição de fixa-linear. Ela foi construída tomando como base os exercícios característicos do conteúdo abordado (conforme Sampaio e Caçada, 2005; Máximo e Alvarenga, 2010; Paraná, 2005; Gaspar, 2002). Observamos algumas destas características e avaliamos a carga cognitiva associada. Deve ficar claro que a tabela 4 se refere exclusivamente ao conteúdo de velocidade média.

O material de consulta (Apêndice A) para os alunos durante a realização dos problemas foi preparado com base em alguns livros de Física para o Ensino Médio. Como o conteúdo trata de velocidade média, construímos um espaço onde o aluno poderia consultar o

conceito de velocidade média, um exemplo característico do conteúdo de forma simples, outro espaço onde o aluno poderia consultar as unidades de medida e, por fim, um espaço com ajuda em operações elementares, conforme pode ser visto no *menu* superior na figura 4. Parte do conteúdo é apresentada na figura 5.

Tabela 4: Aumento da carga cognitiva de acordo com a característica/resolução do problema.

Modo de resolução do problema/Característica do problema	Tipo de Carga Cognitiva		
	Intrínseca	Alheia	Relevante
1) Utilizar o conceito ou equação com os dados fornecidos explicitamente pelo problema; 2) Promove a realização de contas independentes;	+	Neutro	-
3) Para a solução do problema é necessário combinar dois ou mais resultados intermediários ou equações (cada combinação); 4) Combinar com os dados do problema um procedimento matemático ou conceitual que não pertence exclusivamente ao conteúdo; 5) Para a solução do problema o aprendiz deve manipular a equação para isolar um dos termos que não o definido pelo conceito ou equação. 6) O problema não fornece diretamente cada informação necessária para a sua resolução. 7) O problema fornece grandezas com unidades que devem ser transformadas.	+	+	-2
8) Apresenta-se contextualizado.	Neutro	-	+
9) O problema possui um enunciado muito longo ou mal contextualizado.	Neutro	+	-

Velocidade Média

Nesta seção apresentaremos o conceito de velocidade de forma simplificada.

Suponha que um automóvel em uma estrada percorra 400 quilômetros em 8 horas. Pode-se afirmar que, em média, ele percorreu 50 quilômetros a cada hora ou, então, que sua **velocidade média** (V_m) no percurso foi de 50 quilômetros por hora:

$$V_m = 50 \text{ quilômetros por hora} = 50 \text{ km/h}$$

De modo geral, sendo **d** a **distância percorrida** (ou **espaço percorrido**) por um corpo num **intervalo de tempo Δt** , a velocidade média do corpo, nesse intervalo de tempo, é dada por:

$$V_m = \frac{d}{\Delta t}$$

Figura 5: Início do conteúdo conceitual de velocidade média²¹.

²¹ Usamos como referência Máximo e Alvarenga (2010) para a construção do material, por essa razão, foi colocado d como distância percorrida.

4.6.1 Problemas de Dificuldade 1

Para cada problema apresentado existe um modo padrão de resolução que é justamente o modo pelo qual a dificuldade é atribuída ao problema. Os problemas de dificuldade 1 serão definidos então como tendo carga intrínseca igual a I , carga alheia igual a A e carga relevante igual a R . Supomos que esses níveis representam os mínimos para os casos da carga alheia e intrínseca, e máxima para a relevante. Logo, nesse primeiro delineamento definimos ao aluno um espaço cognitivo fixo de $I + A + R$ unidades de recurso cognitivo (URC). Por lógica, não cabe aqui definir um tamanho numérico exato, até porque para cada aluno os limites de cada carga podem ser diferentes. Então nesse momento criamos esta escala para justificar teoricamente a dificuldade atribuída ao conjunto de problemas. Lembrando que a dificuldade aqui atribuída deve ser sempre comparada. Após a aplicação do estudo exploratório, vamos reanalisar a consistência ou não da tabela 3. A tabela 5 fornece um dos problemas de cada dificuldade e as cargas atribuídas.

4.6.2 Problemas de Dificuldade 2

Nos problemas desta dificuldade trabalharemos a questão da transformação das unidades. Em alguns problemas posteriores será necessário converter certas unidades de medidas em outras para obter as unidades corretas. A troca de unidades faz parte do domínio conceitual do problema, além de exigir alguns cálculos.

Esses problemas possuem certo número de combinações de unidades. No entanto não chegam a ser um problema difícil, até porque a transformação das unidades é quase direta e não envolve ainda a utilização de equações, apenas transformações de unidades. Tendo em vista que é necessário realizar um cálculo por vez e os dois não se relacionam dentro do problema, entendemos que a carga intrínseca aumenta nesta situação. Agora como se trata de um problema sem contextualização, entendemos que houve um aumento da carga alheia em relação ao problema anterior. Como foi estabelecido anteriormente, trata-se de uma situação número 2 da tabela 3.

4.6.3 Problemas de Dificuldade 3

Agora temos um tipo de problema com situações reais, no qual é preciso operacionalizar o conceito de velocidade média, aumentando a carga intrínseca e diminuindo a relevante. Realizando estas operações, percebemos que houve diminuição da carga alheia,

manteve-se constante a carga relevante e aumentou-se a carga intrínseca. Essa situação é a de número 1 da tabela 4.

4.6.4 Problemas de Dificuldade 4

Os problemas desta dificuldade envolverão uma operação diferente da equação da velocidade média original. A ação esperada para resolver este problema é aquela definida na tabela 4 ação número 5.

O conceito de velocidade média nos diz que devemos tomar a distância total percorrida e dividi-la pelo intervalo de tempo total. Mas aqui o aluno deverá realizar um procedimento algébrico para tornar a equação original que estava na forma $V_m = d/t$ e passar para a forma $d = V_m \cdot t$. Isto implica no aumento da carga cognitiva intrínseca e diminuição da relevante.

4.6.5 Problemas de Dificuldade 5

Para a resolução deste conjunto de problemas o aluno deverá realizar novamente uma operação algébrica sobre a equação da velocidade média. Em relação à dificuldade anterior o aluno deveria utilizar a equação $d = V_m \cdot t$. Agora ele deverá utilizar uma forma diferente desta equação na forma $t = d / V_m$.

Ao analisarmos esta dificuldade com a anterior, perceberemos que para resolver o problema teríamos que realizar duas operações com a equação da definição de velocidade média. Mas em relação à dificuldade anterior teremos que realizar apenas uma. Por essa razão aumenta-se a carga intrínseca e diminui-se a relevante. A carga alheia continua inalterada pelo fato de continuarmos com um problema contextualizado. Os problemas desta dificuldade seguem a tabela 5.

4.6.6 Problemas de Dificuldade 6

Nesta dificuldade os alunos deverão utilizar a forma original do conceito de velocidade média, diminuindo então a carga intrínseca e aumentando a relevante em 2 URC cada uma. No entanto, temos que realizar uma operação de transformação de unidades para encontrar a resposta correta, por isso, deve-se aumentar a carga intrínseca e alheia em 1 URC cada uma, e diminuir a relevante em 2 URC.

4.6.7 Problemas de Dificuldade 7

Nesta etapa os problemas deverão ser resolvidos pelos alunos a partir da modificação da equação do conceito de velocidade média, da mesma forma que os problemas da dificuldade 4. Por isso, aumenta-se a carga intrínseca e diminui-se a relevante em 1 URC cada uma. Somado a isso, agora o aluno deverá transformar as unidades do problema para obter a unidade solicitada conforme os problemas da dificuldade anterior; com isso, não há alteração na carga alheia.

4.6.8 Problemas de Dificuldade 8

Da mesma forma que os problemas de dificuldade 5, é necessário realizar duas operações algébricas sobre a equação da velocidade média para obter uma equação que fornece o tempo. Logo, em relação aos problemas de dificuldade 7 há um aumento na carga intrínseca e uma diminuição na carga relevante em 1 URC. Como o aluno deverá novamente transformar as unidades, conforme os problemas da dificuldade anterior, a carga alheia não se altera.

4.6.9 Problemas de Dificuldade 9

A partir desta dificuldade os problemas se utilizam de combinações de equações e, para sua resolução, deve-se realizar um procedimento matemático a mais, além da equação da velocidade média. O procedimento matemático ou conceitual que deve ser utilizado pode ser diferente em cada problema. Eles não se limitam a apenas utilizar a equação da velocidade média ou suas modificações, é necessário se utilizar de uma informação não disponível diretamente dentro do problema.

Se o aluno alcança esse nível de dificuldade, ele já passou por problemas em que era necessário transformar a equação da velocidade média, quando, por exemplo, ele desejava calcular o intervalo de tempo. Aqui se considera que o aluno consegue automatizar a informação da equação $V_m = d / t$ por isso manteremos a carga intrínseca associada constante em relação às modificações na equação, cabendo aqui o aumento da carga cognitiva devido à combinação das equações.

4.6.10 Problemas de Dificuldade 10

Na categoria do último nível de dificuldade, os alunos terão que realizar diversas combinações para a resolução do problema. Por esta razão a carga intrínseca e alheia somam mais uma URC e a carga relevante diminui mais 2 URC.

Aqui cabe uma ressalva: estes últimos problemas podem ser considerados os mais difíceis de resolução pelas características peculiares de cada um. Padronizar a resolução das questões desta última etapa não seria lógico, como foi para os problemas de dificuldade até 8. Cada problema exige uma combinação que não necessariamente é a mesma para outro. Então, o importante a ressaltar é que esses problemas são de fato mais difíceis, pelas suas características individuais.

Seguindo essa definição, veremos que a partir de determinado nível de dificuldade os problemas poderão exigir um recurso cognitivo maior do que aquele disponível ao aluno. Isso significa que para o aluno resolver o problema, ele dependerá da construção de automações e de esquemas; do contrário, não conseguirá avançar a partir de determinado nível. Escolhemos 10 questões para compor cada nível de dificuldade, para que um determinado exercício não se repetisse. Os problemas de cada nível solicitam a mesma operação da equação da velocidade média, embora os enunciados sejam diferentes. As questões de Física são fechadas e quantitativas para facilitar a coleta de dados pelo computador, assim como para avaliar a correção da resposta.

Mais uma vez ressaltamos que a dificuldade atribuída é determinada pela expectativa com que o aprendiz executa as ações que cada problema sugere de acordo com a tabela 4. Apenas pela análise do material recolhido é que poderemos ver se isto realmente acontece ou não. Como já foi dito, a escolha por problemas fechados e quantitativos se deve à facilidade de verificar computacionalmente se a resposta do aluno está correta ou não.

Tabela 5: Problemas característicos do grupo de dificuldade e a carga cognitiva atribuída.

Dificuldade	Problema	Tipo de Carga Cognitiva		
		Intrínseca	Alheia	Relevante
1	Um automóvel a 40 km/h consegue percorrer uma estrada de 5 km em aproximadamente 7,5 minutos. A alternativa ²² que indica corretamente a velocidade, o tempo de viagem e a distância percorrida pelo automóvel, respectivamente, é:	I	A	R
2	Quanto vale 30 m/s em km/h, e 3h em minutos, respectivamente?	I + 1	A + 1	R - 2
3	Nas olimpíadas, um corredor percorre 200 m rasos aproximadamente 20 segundos. Qual a velocidade média do corredor?	I + 2	A	R - 2
4	Qual será a distância percorrida de um automóvel com uma velocidade média de 20 m/s em 15 segundos?	I + 3	A + 1	R - 4
5	Um leopardo alcança uma presa percorrendo 69 metros com uma velocidade média de 13 m/s. Qual o tempo que o leopardo levou para alcançar a presa?	I + 4	A + 2	R - 6
6	Um ônibus faz um percurso de 3 km em 1,5 minutos em uma estrada. Qual a velocidade média do ônibus durante este percurso?	I + 4	A + 3	R - 7
7	Qual será a distância percorrida de um automóvel com uma velocidade média de 72 km/h em 10 segundos?	I + 5	A + 3	R - 8
8	Se um atleta percorrer uma prova de atletismo de 1,8 km com uma velocidade média de 5 m/s, qual será o tempo alcançado por este atleta?	I + 6	A + 4	R - 10
9	Um trem de 50 metros de comprimento, com velocidade de 72 km/h, atravessa um túnel de 100 metros de comprimento. O tempo de travessia será de:	I + 7	A + 5	R - 12
10	Um observador O, situado em C, vê passar uma carreta M dotada de velocidade constante 17 m/s; 4,2 segundos depois ouve o choque da carreta contra o obstáculo AB. Sendo de 340 m/s a velocidade de propagação do som no ar, qual a distância que separa o observador do obstáculo? Considere desprezíveis as dimensões da carreta.	I + 8	A + 5	R - 13

²² Todos os problemas apresentam alternativas para que o aluno escolha a correta.

4.7 Análise de Desempenho

Aos alunos foram atribuídos números de identificação, começando pelo número 15. Ao todo 35 alunos foram testados e responderam 20 questões (exceto os alunos 39 e 52); para isso, utilizaram caneta e papel para realizar os cálculos que entregaram ao final da atividade. Vamos começar fazendo uma análise global dos resultados obtidos até agora.

A média de acertos dos alunos foi de 13,23 questões e a de erros foi de 6,46 questões. Contudo, como as questões não foram as mesmas para cada aluno, devido à natureza da adaptação fraca, seria incorreto classificar os alunos em termos de acertos e de erros comparados com o geral, neste momento. Isso dependerá de uma futura construção matemática estatística adequada. Mas por ora podemos argumentar que, dentro das limitações que cada aluno apresentou neste teste, eles responderam corretamente cerca de 13 questões e erraram cerca de 6 questões.

Na figura 6, vemos gráficos que demonstram o desempenho analítico de alguns alunos. Os gráficos foram construídos a partir da dificuldade da questão que fica no eixo vertical e a ordem da questão respondida no eixo horizontal. Percebemos no gráfico de desempenho dos alunos que eles tendem a estabilizar em uma determinada dificuldade. Isso é evidente no aluno 38, que não conseguiu superar a dificuldade 4, ficando numa dinâmica de acertar os problemas de dificuldade 3 e errar os seguintes. O mesmo comportamento é apresentado pelo aluno 25. Notamos, também, que o aluno 27 ficou oscilando entre as dificuldades 5 e a 6, da mesma forma que o aluno 29, mas este conseguiu passar para um novo patamar entre 9 e 8.

Neste momento vê-se bem o porquê de não utilizarmos médias, desvio-padrão, análise de variância ou mesmo testes de fidedignidade: os alunos não respondem às mesmas questões e nem estão sob as mesmas condições. Cada caso deve ser avaliado por si só; no entanto, podemos estudar a correlação que existe nos caminhos seguidos por alunos que possuem o mesmo desempenho. Utilizamos o conceito “*trajetória na hipermídia*” como a sequência de questões respondidas pelos alunos, assim como a página consultada durante a realização dos problemas.

Referente às consultas efetuadas vemos que a página referente ao conceito de velocidade média foi acessada 233 vezes, sendo, então, a mais consultada. A página referente

às unidades foi acessada 212 vezes e a página com o exemplo de problema resolvido 179 vezes. A página referente à ajuda em matemática elementar foi acessada apenas 48 vezes – o que nos faz questionar sua necessidade.

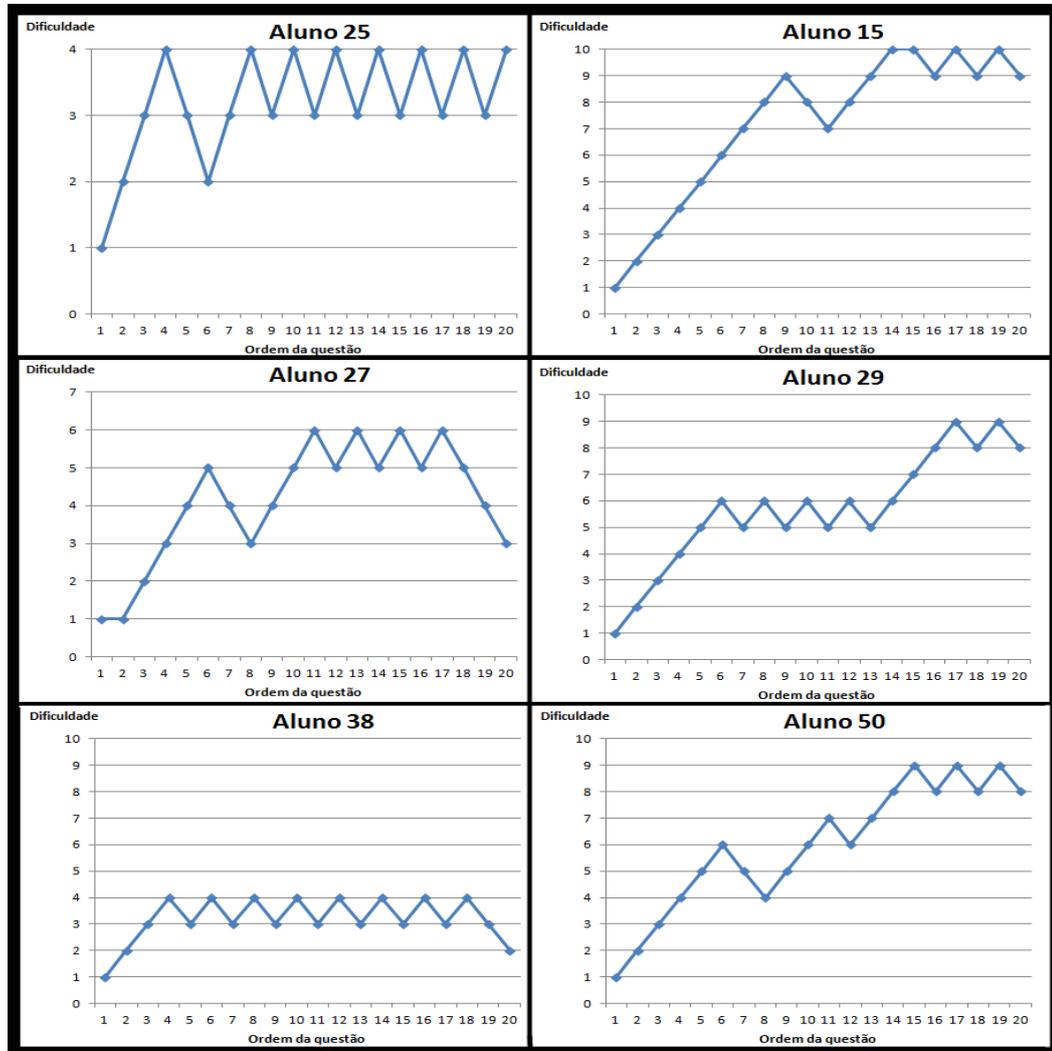


Figura 6: Gráficos de desempenho analítico de alguns alunos.

Vemos então que os alunos possuem a tendência de se estagnar em um determinado nível de dificuldade. Dessa forma, podemos pensar que se a hiperfúria pudesse determinar estes níveis, poderia servir como um indicador de adaptação. No entanto, devemos pensar que tipo de indicador seria este; afinal, em algumas situações os alunos decaem de rendimento depois de se estabelecer no nível. Já outros, conseguem superá-lo, atingindo níveis de dificuldades crescentes antes de se acomodar novamente. Como uma forma de atribuição de nota geral, vamos desenvolver uma equação que informe a nota de desempenho

do aluno. Para tanto, vamos considerar a dificuldade alcançada pelo aluno, os acertos e erros, segundo a fórmula:

$$Nota = Dificuldade + \frac{Acertos}{(Acertos + Erros)}$$

Assim, para que o aluno obtenha a nota máxima no teste é necessário que acerte todas as questões, mas se houver algum erro, sua nota deverá ser corrigida. Vamos fazer uma comparação dos desempenhos analíticos dos alunos que obtiveram notas iguais a 8,70 (Tabela 6). Notamos que esses alunos têm a tendência em se estabelecer em determinado nível de dificuldade, mas não necessariamente o mesmo como pode ser visto na figura 7. Por essa razão, um indicador de adaptação baseado apenas no nível corrigido do aluno não parece adequado. Outra constatação é que desempenhos gerais iguais podem ter trajetórias parecidas na hipermídia, como foi o caso dos alunos 16 e 29. No entanto, parece mais comum que os alunos tenham suas trajetórias diferentes uns dos outros. Na tabela 7, encontra-se a mesma comparação entre alunos que obtiveram notas semelhantes entre si próximos de 5,60.

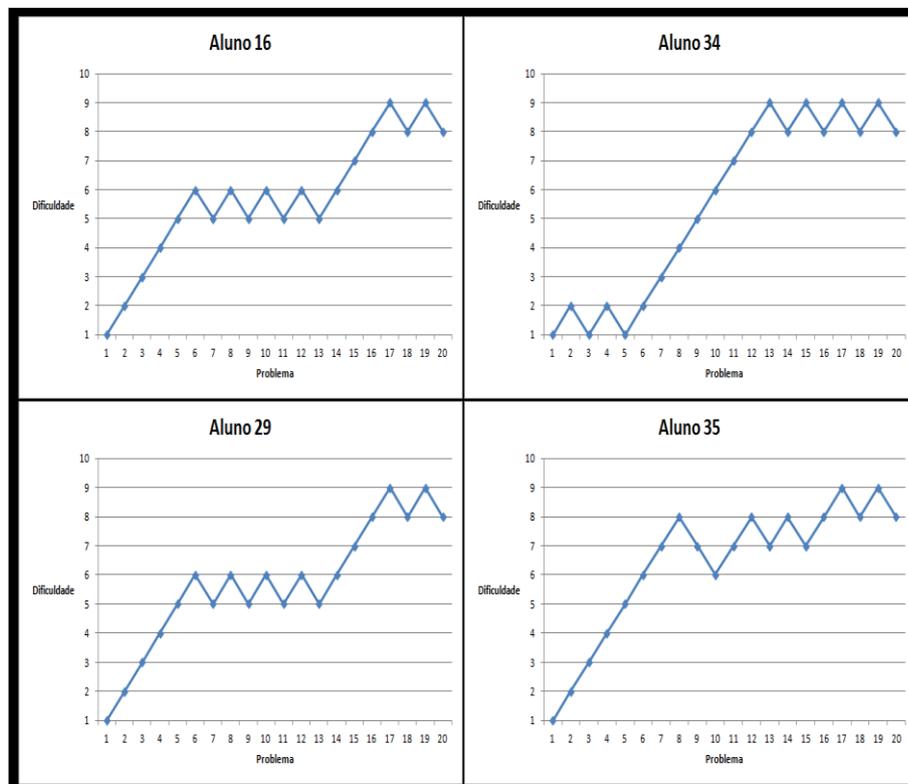


Figura 7: Gráficos de desempenho analítico comparado dos alunos que obtiveram nota 8,70.

Tabela 6: Comparação de páginas consultadas por alunos com nota 8,70.

Aluno	Página Consultada			
	Velocidade Média	Exemplo	Unidades	Aritmética
29	8	5	14	2
16	7	5	2	1
34	19	0	8	0
35	5	4	4	2

Tabela 7: Comparação de páginas consultadas por alunos com nota 5,60. O aluno 27 teve nota 5,55 e o aluno 28 teve nota 5,63.

Aluno	Página Consultada			
	Velocidade Média	Exemplo	Unidades	Aritmética
20	7	3	9	1
24	15	6	7	5
27	6	3	3	1
28	12	7	9	4
46	8	4	6	0
48	5	9	5	2
53	11	10	8	1

Neste caso não foi possível constatar nenhum padrão, o que reforça a ideia de que cada aluno possui sua própria forma de articular um problema, com algumas similaridades. Vemos na tabela 7 que os alunos 24 e 28 acessam o conceito de velocidade média para resolver as questões, enquanto que o aluno 48 tenta através do exemplo resolvido. O aluno 53 resolve os problemas envolvendo o conceito de velocidade média, o exemplo e as unidades em bloco.

Em razão disso poderíamos pensar em analisar as consultas realizadas por estes alunos durante o momento em eles estão estabelecidos em determinado nível. O aluno 16, durante sua estabilização momentânea nos níveis 5 e 6, não realizou nenhuma consulta. Enquanto o aluno 29, que possui a mesma trajetória do aluno 16, consultou 4 vezes a página referente às unidades. Realizamos a mesma análise em alunos com notas semelhantes e foram constatadas as mesmas diferenças. Logo, concluímos que não existe padrão de consultas em alunos com notas iguais. Adaptar um conteúdo ao aluno através da apresentação de uma página específica não parece adequado em um primeiro momento. Os dados obtidos por esta hipermídia poderiam servir de modelo de usuário para um próximo módulo, a partir do qual o

modelo seria atualizado e utilizado novamente em outro módulo seguinte. Este modelo deve ser individual, pois não foi possível constatar perfis semelhantes nesta abordagem.

4.8 Análise das Questões

Na tabela 8, vemos os dados referentes às questões utilizadas na hipermídia. Na coluna total de alunos que responderam às questões daquela dificuldade (TAR – total de alunos que responderam), vemos que o número de alunos respondentes diminui com o aumento da dificuldade, o que inicialmente pode indicar que a dificuldade atribuída às questões esteja correta; no entanto a coluna que mede o total de acertos pela quantidade total de tentativas (% Acertos), que seria uma medida de dificuldade absoluta, mostra-se totalmente irregular. Isto pode ser explicado por duas razões diferentes.

A primeira razão se deve à estagnação dos alunos em determinadas dificuldades como vimos anteriormente nas figuras 6 e 7. Ou seja, quando isto acontece, eles contribuem mais para o aumento de tentativas de determinados problemas, aumentando tanto o número de acertos num nível de dificuldade e quanto o número de erros no nível imediatamente acima. Essa dinâmica é percebida entre as questões de dificuldade 1 e 2, 3 e 4, 5 e 6 e em 8 e 9. Isto na verdade significa regiões de estabilização, ou seja, regiões onde é mais provável que os alunos permaneçam. Não tomando este cuidado, poderíamos nos enganar facilmente em pensar que os problemas de dificuldade 4 seriam mais difíceis que os de dificuldade 5, por exemplo.

Mesmo assim é notória a quantidade de erros por tentativa que os alunos tiveram nos problemas de dificuldade 2 e 6. Como pode ser visto na tabela 4, esses problemas exigiam duas transformações de unidades em algum momento de sua resolução. Esses dados nos indicam que aparentemente “transformações de unidades” é uma tarefa mais difícil do que manipular a equação da velocidade média. Logo, a atribuição de carga cognitiva da tabela 5 item 7 deve ser repensada.

Com isso, resolvemos criar um indicador mais confiável de dificuldade atribuída, analisando o número total de tentativas por aluno em cada dificuldade, indicado na coluna Total/TAR (Tabela 8). Podemos reparar que se não houvesse a flutuação causada pelos problemas de dificuldade 2 e 6, teríamos de fato um aumento gradual conforme o esperado.

Tabela 8: Análise da consistência das dificuldades atribuídas a cada questão.

Dificuldade da questão	Total	Corretas	Incorretas	Total de Alunos que Responderam (TAR)	% Acertos	Total / TAR
1	65	57	8	35	0,88	1,86
2	62	41	21	35	0,66	1,77
3	62	57	5	35	0,92	1,77
4	72	49	23	35	0,68	2,06
5	83	60	23	33	0,72	2,52
6	97	31	66	33	0,32	2,94
7	50	35	15	26	0,70	1,92
8	68	53	15	24	0,78	2,83
9	64	28	36	21	0,44	3,05
10	35	16	19	10	0,46	3,50

4.9 Análise do Material Recolhido

Quando os alunos estavam resolvendo as questões na hipermídia, foi solicitado que desenvolvessem seus cálculos à caneta em uma folha de caderno para ser recolhido ao final da aula. O objetivo era também analisar esse material em conjunto com os dados obtidos pela própria hipermídia, com isso seria possível validar esses dados qualitativamente, complementando a análise e gerando novos dados para a nossa futura hipermídia.

Na tabela 9 consta a resolução típica de dois tipos de alunos: aqueles que seguem a ordem de resolução do problema e aqueles que não seguem. Quando construímos a tabela 3 pensamos na dificuldade imposta pelo problema a partir de uma solução padrão. Essa solução leva em consideração o uso correto da equação da velocidade média, mesmo tendo que calcular outra variável, a manipulação da equação deve estar clara e em conformidade com o exposto nas páginas de ajuda. No entanto, a questão que surge é que os alunos poderiam querer usar outras formas de resolução, tal como usar dispositivos alternativos decorados, como mostrado no aluno 3 da tabela 9, o que colocaria em dúvida padronizar a resolução dos problemas.

A situação de resolução do aluno 3 foi observada em apenas 2 alunos, sendo que a maioria dos alunos (24 dos 35, próximo de 70 %) seguiram o padrão de resolução semelhante ao do aluno 1. Assim, os dados nos indicam que, partindo do pressuposto de que cada aluno pode resolver um problema à sua maneira, a partir de uma situação de consulta ao material, fica caracterizado que existe a tendência dos alunos seguirem um modo padrão de resolução.

O que nos faz aceitar a hipótese de atribuir dificuldade a uma questão a partir de uma resolução padrão.

Tabela 9: Resolução de problemas de 3 alunos que realizaram a atividade.

Aluno	Forma de Resolução
1	<p> $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{280}{70} = 4 \text{ vezes}$ $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{200}{5,6} = 36 \text{ km/h}$ $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{180}{36} = 5$ </p>
2	<p> $v = \frac{400}{25} = 16 \text{ m/s}$ $200 \div 20 = 10$ $204 \div 3 = 68$ </p>
3	<p> $v = \frac{3000}{8} = 375 \text{ m/min}$ </p>

Um aspecto positivo que pode ser retirado do material é a opinião que os alunos manifestaram sobre a hiperfúria. Segundo Moreira (2004), uma das condições fundamentais para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o aluno demonstre uma disposição para internalizar de forma substantiva e não-arbitrária o novo material. Com isso, não importa quão potencialmente significativo é o material desenvolvido se o aluno não tiver a motivação necessária para aprendê-lo (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980). Se ele estiver disposto a apenas memorizar o conteúdo, teremos uma aprendizagem mecânica. Partindo dessa premissa, vemos que o aspecto motivacional da hiperfúria foi alcançado com sucesso como é destacado no apêndice L, em que temos as opiniões de alguns alunos. Um dado muito

relevante do estudo exploratório é que todos os alunos aprovaram o uso da hipermídia, demonstrando entusiasmo e dedicação durante a realização das tarefas.

5. ESTUDO II

Tendo em vista os resultados apresentados no estudo anterior, nossa preocupação a partir deste momento é entender como o aluno busca a informação ao tentar responder um problema de Física. Por essa razão, é necessário construir uma hipermídia que possa avaliar o conhecimento prévio (atual) do aluno para poder adaptar o conteúdo. Entendendo a HA como um instrumento muito rico de informações sobre os processos cognitivos dos alunos, seria interessante desenvolvê-la de forma que fosse possível conhecer mais sobre o aluno do que sobre a própria hipermídia.

Desta vez, vamos desenvolver uma hipermídia com um conteúdo maior e mais diversificado no intuito de analisar o caminho percorrido pelo aluno em sua busca de informação para resolver um problema de Física – o que não foi possível de ser realizado no estudo I. Para essa análise, vamos avaliar o perfil cognitivo do aluno uma vez que este é o principal eixo de pesquisas em HA e ensino. Tendo em vista que o conceito de perfil cognitivo é diversificado na literatura, conforme já discutido, vamos trazer à luz o conceito de perfil cognitivo oferecido pela TAS para analisar os dados e não para adaptar o conteúdo.

Para que uma hipermídia possa ser considerada uma HA, é necessário que sua adaptação se dê através de um modelo de usuário. A adaptação realizada através de um modelo de usuário será chamada de “adaptação forte” em contraposição àquela que chamaremos de “adaptação fraca”, que será a adaptação em função do que o aluno faz e não de seu histórico de navegação.

Neste estudo, principalmente na parte da construção da hipermídia adaptativa, será fundamentada pela literatura em HA. Como existe de nossa parte a intenção de construir um material potencialmente significativo, durante a etapa de elaboração da hipermídia, vamos utilizar a teoria da aprendizagem significativa para justificar algumas decisões. Sendo assim, ao final da fase de elaboração, teremos uma hipermídia com um mecanismo de “adaptação fraca”, fundamentada pela literatura em HA, apoiada pela TAS e TCC.

5.1 Metodologia

Para este estudo, vamos utilizar a metodologia de estudos de caso, e, para isso, vamos fazer algumas considerações teóricas sobre esta abordagem. A justificativa para o uso de estudo de caso se fundamenta na grande quantidade de informações obtidas a partir de apenas

uma unidade de análise. Neste estudo, o nosso caso será a interação do aluno com o computador.

Ao realizar as análises sobre um único caso, não teremos razões para acreditar que ele se trata de um caso extremo ou peculiar. Assim, teremos que fazer uso de uma variante do estudo de caso, que é o projeto de casos múltiplos. Para isso, não há de se falar em amostragem, e, sim, de replicação. Um dos cuidados que se deve tomar em procedimentos de replicação é possuir uma sólida base de conhecimentos teóricos e também práticos (Yin, 2010). Isto não será um problema para nós, uma vez que já possuímos um referencial teórico consistente e, além disso, temos o apoio de nosso estudo anterior, além da literatura. A replicação em nosso estudo estará garantida, pois os alunos estarão nas mesmas condições ambientais ao se realizar o estudo.

Na literatura, encontramos muitas críticas em relação ao estudo de caso; no entanto, um dos maiores problemas encontrados é que a maior parte dos trabalhos que são apresentados como estudo de caso não se caracteriza como tal (Alves-Mazotti, 2006). Para não cometermos tais equívocos precisamos tomar alguns cuidados metodológicos importantes.

O primeiro deles se refere ao contexto de nosso trabalho diante da literatura. Deixamos claro que nosso estudo se situa dentro de uma área de pesquisa que tenta verificar a validade da construção de HAs baseadas em estilos cognitivos. Sendo assim, não há dúvidas que nosso trabalho irá se inserir dentro de uma discussão acadêmica que é amplamente conhecida.

Em segundo lugar, vamos destacar o que é o nosso caso e por que ele seria importante. O nosso caso é a interação de alunos com um computador que é capaz de se adaptar às dificuldades deste aluno, mais ainda, os alunos escolhidos estão sob forte carga cognitiva. Esta é a característica principal de nosso estudo (e no estudo anterior), e a justificativa para isso é o pressuposto de que um aluno, sob forte carga cognitiva, irá de fato buscar a informação que é realmente importante. Os casos serão completos; isto significa que faremos a distinção do fenômeno estudado e seu contexto, no esforço exaustivo para a coleta de evidências relevantes, e garantimos que a finalização não é determinada pelo tempo e recursos disponíveis (ibid.). Estas características são consideradas como as mais importantes em um estudo de caso.

Destacamos que o estudo de caso não é uma forma pura de pesquisa qualitativa, a saber:

Uma observação importante é que o método de estudo de caso não é apenas uma forma de “pesquisa qualitativa”, mesmo que possa ser reconhecida entre a variedade de opções da pesquisa qualitativa... Alguma pesquisa de estudo de caso vai além de um tipo de pesquisa qualitativa, usando uma mistura de evidência quantitativa e qualitativa. Além disso, os estudos de caso não precisam sempre incluir a evidência observacional direta e detalhada marcada pelas outras formas de “pesquisa qualitativa” (Yin, 2010, pag. 41).

Por fim, destacamos que não é possível buscar a generalização com base em um único caso, da mesma forma que não podemos generalizar com base em um único experimento. Neste sentido, “cada caso deve ser selecionado cuidadosamente para que (a) possa prever resultados similares (uma replicação literal) ou (b) possa produzir resultados contrastantes, mas para razões previsíveis (replicação teórica)” (ibid.). Sendo assim, o delineamento da pesquisa não trata de procurar amostras, mas garantir a replicação. Com isto se espera que o caso selecionado possa ter resultados semelhantes nas diversas unidades investigadas ou a resultados diferentes em razão de fatores teóricos anteriormente previstos pelo autor.

5.2 O Caso

O estudo foi realizado em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio do Curso Técnico Integrado de informática, do IFRS *Campus* Bento Gonçalves, RS, Brasil. Esses alunos frequentam durante a semana três períodos de Física. Da mesma forma que o estudo anterior, no curso integrado, além das disciplinas comuns ao Ensino Médio, também possuem as disciplinas técnicas, logo todos estão sob grande carga cognitiva.

Participaram da pesquisa 26 alunos. Ao todo, foram 7 encontros onde eles interagem com a hipermídia, sem consulta a qualquer material senão aquele fornecido pela própria hipermídia, sem interação entre eles. Em cada encontro, foi abordado um tópico específico da cinemática e teve a duração de 1 hora e 30 minutos. Neste momento, cabe uma explicação mais detalhada destas escolhas. Os assuntos abordados a cada encontro foram: velocidade média, movimento retilíneo uniforme, gráficos do movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado, gráficos do movimento retilíneo uniformemente variado, movimento de queda livre e lançamento de projéteis. Antes de cada encontro, os alunos tiveram aulas tradicionais referentes ao conteúdo abordado. Por exemplo, antes do

encontro sobre velocidade média, na semana anterior, eles tiveram aulas teóricas sobre este conteúdo.

A escolha da cinemática parece natural, uma vez que é a primeira matéria abordada com profundidade no primeiro ano do Ensino Médio. Não avançamos sobre outras matérias para não perdermos os detalhes no que se refere à busca da informação; mudar o âmbito da disciplina dentro da mesma pesquisa pode tornar a análise muito fraca em seus detalhes, uma vez que a quantidade de dados obtidos dos mesmos já é muito grande para se sistematizar, podendo dificultar a replicação. Outra vantagem é que a cinemática é amplamente estudada na literatura em resolução de problemas, e isto garante que os resultados obtidos possam ser comparados. Estes encontros eram realizados no laboratório de informática do Câmpus Bento Gonçalves do IFRS. O grupo era disposto de modo que ficasse apenas um aluno por computador.

Não realizamos apenas um encontro por acreditar que nosso fenômeno de interesse, o padrão apresentado pelos alunos durante a interação com o computador, se manifesta com o tempo. Além disso, pelo conhecimento da literatura apresentado, sabemos que o domínio da hipermídia por parte de um aluno pode ser fator decisivo que influenciará seu desempenho. Assim, ao longo destes encontros, este fator terá sua importância diminuída, pois todos os alunos envolvidos terão o mesmo conhecimento sobre o funcionamento da hipermídia.

Com o intuito de proteger a identidade e evitar problemas éticos com relação à pesquisa, foi solicitado aos alunos que o seu responsável concordasse com os termos apresentados no termo de consentimento livre e esclarecido, apresentado no apêndice J.

5.3 A Hipermídia

Para este estudo, utilizamos uma hipermídia neutra, ou seja, ela não privilegia nenhuma forma de navegação, Mampadi et al. (2011) chamam esta hipermídia de “ordinária”, possuindo ferramentas que permitem tanto uma navegação sequencial quanto uma navegação holística, e em nosso caso possui apenas a adaptação fraca. Dada a exposição teórica e da literatura, acreditamos que, ao ser compelido a responder as questões propostas de dificuldades graduais, o aluno possa manifestar sua característica de navegação pela hipermídia, dando alguma noção de seu estilo cognitivo. Em outras palavras, a navegação não

é totalmente livre para evitar a dispersão; no entanto, a hipermídia não é totalmente fechada a ponto de impedir a verificação do estilo cognitivo do aluno.

Os dados obtidos da navegação e das respostas dadas aos problemas serão armazenados em um *log*, e, posteriormente, convertidos em tabelas e gráficos para facilitar a análise. Todos os *links* que estão nos menus, índices e dentro do conteúdo possuem um identificador para que possamos detalhar a forma de navegação do aluno durante o encontro. Esses identificadores nos *links* informam se a navegação será sequencial ou generalizadora, de acordo com a nossa interpretação da TAS. Também será recolhido dos alunos o desenvolvimento das respostas dadas na hipermídia; assim poderemos substanciar a nossa análise.

A ferramenta utilizada, a hipermídia, passou por um processo de validade de conteúdo. Três professores mestres em Física validaram o conteúdo da hipermídia, assim como as questões a serem apresentadas aos alunos. O conteúdo da hipermídia pode ser observado no apêndice B. As questões características de cada nível de dificuldade podem ser observadas do apêndice C ao I. No apêndice K, apresentamos apenas uma parte do documento devolvido pelos professores que participaram da validação do conteúdo e que resultou em correções.

A figura 8 apresenta a tela de *login* onde o aluno se identifica para acessar o sistema. Após o acesso, o aluno sempre é conduzido à tela de instruções onde é orientado sobre as funcionalidades da consulta à hipermídia, assim como o número de questões que serão respondidas em cada encontro. A figura 9 mostra como é a disposição dos elementos dentro da hipermídia.



Figura 8: Tela de login no sistema.

INSTRUÇÕES

O presente material foi desenvolvido para auxiliar os alunos que possuem dificuldades nos exercícios de cinemática. Você pode consultá-lo quantas vezes quiser sempre que julgar necessário. A hipermídia possui a seguinte forma:

Velocidade Média Escalar

Vamos apresentar o conceito de velocidade de forma simplificada.

Suponha que um automóvel em uma estrada percorra 400 quilômetros em 8 horas. Pode-se afirmar que, em média, ele percorreu 50 quilômetros a cada hora ou, então, que sua **velocidade média escalar** (V_m) no percurso foi de 50 quilômetros por hora.

$V_m = 50$ quilômetros por hora = 50 km/h

De modo geral, sendo Δd a **distância percorrida** ou **espaço percorrido** por um corpo num **intervalo de tempo** Δt , a **velocidade média escalar** do corpo, nesse intervalo de tempo, é dada por:

$$V_m = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

Exercício N. 1

Um ciclista consegue atingir 18 km/h. Percorrendo em linha reta 150 m, em 30 segundos.

A alternativa que indica corretamente o tempo, a velocidade, e a distância percorrida pelo ciclista, respectivamente, é:

A) 30 s; 18 km/h; 150 m
 B) 18 km/h; 150 m; 30 s
 C) 150 m; 30 s; 18 km/h
 D) 18 km/h; 30 s; 150 m

RESPONDER

A. Para consultar o material você pode clicar nos links do menu que fica na lateral de cada página;

B. Você também pode navegar através dos botões de **voltar** (←) e **avancar** (→) no topo da página;

C. Em alguns conceitos, escritos na cor azul, é possível clicar para ser direcionado a uma página referente ao conteúdo relacionado a ele;

D. Você deve marcar uma das alternativas para responder a questão. **Só há uma resposta correta.**

E. Depois que você escolher uma alternativa, clique em **responder**. Um novo exercício será apresentado.

Nesta etapa você irá responder 8 questões.

INICIAR!

Figura 9: Tela de instruções.

Na figura 10, podemos ver que o aluno tem duas opções principais de navegação: a primeira, através do menu lateral, e a outra pelo menu que fica no topo de cada página. Pela literatura, o menu lateral está relacionado com a navegação generalizadora (holística), enquanto a navegação sequencial, do topo da página, está relacionada com a particularizadora (serialista).

Um cuidado foi tomado ao programar o acesso ao submenu, visto na figura 11. Quando ele é feito através do menu lateral faz com que os *links* herdem a característica generalizadora; enquanto que o acesso ao submenu realizado através da navegação do topo da página herda a característica particularizadora. A princípio, a organização em índice do conteúdo está relacionada com a característica particularizadora de navegação; contudo, este submenu pode ser acessado de duas maneiras diferentes: ou através do menu lateral ou pelo menu do topo da página. Esta diferença na origem da navegação, se não fosse disponibilizada, dificilmente o aluno acessaria o conteúdo com uma característica generalizadora.

1. Velocidade Média

2. M.R.U.

3. M.R.U.V.

4. Queda Livre

5. Lançamentos

6. Apoio

← Lançamento Horizontal → Funções do lançamento

Lançamento Oblíquo

Da mesma forma que o lançamento horizontal, o lançamento oblíquo também pode ser descrito como a soma de dois movimentos, um na direção vertical e outro na direção horizontal. O movimento vertical do objeto é um lançamento vertical enquanto que o movimento horizontal é um movimento retilíneo uniforme. **A rigor, não há diferença entre o lançamento horizontal e o vertical**, o que muda são apenas as condições iniciais. No momento do lançamento a velocidade inicial, formará um ângulo em relação a direção horizontal.

Em razão da inclinação da velocidade em relação à direção horizontal, o objeto poderá ter diferentes alcances conforme a figura a baixo. Para a mesma velocidade inicial, o ângulo de inclinação determinará tanto o alcance horizontal como a altura máxima atingida.

y ↑

Exercício N. 1

Um ponto material é lançado obliquamente com uma velocidade que vale 20 m/s num local onde $g = 10 \text{ m/s}^2$, formando um ângulo θ com a horizontal. Após o lançamento, ele fica sujeito unicamente à ação da gravidade. Sendo $\cos \theta = 0,6$ e $\sin \theta = 0,8$, a velocidade do ponto material no ponto mais alto da trajetória é, em m/s:

A) 16.
 B) 12.
 C) 6.
 D) zero.

RESPONDER

Figura 10: Disposição dos elementos dentro da hipermissão.

1. Velocidade Média

2. M.R.U.

3. M.R.U.V.

4. Queda Livre

5. Lançamentos

6. Apoio

← Lançamento Horizontal → Funções do lançamento

Lançamento de Projéteis

5.1 - Lançamento Horizontal

5.2 - Lançamento Oblíquo

5.3 - Funções do Lançamento

Exercício N. 1

Um ponto material é lançado obliquamente com uma velocidade que vale 20 m/s num local onde $g = 10 \text{ m/s}^2$, formando um ângulo θ com a horizontal. Após o lançamento, ele fica sujeito unicamente à ação da gravidade. Sendo $\cos \theta = 0,6$ e $\sin \theta = 0,8$, a velocidade do ponto material no ponto mais alto da trajetória é, em m/s:

A) 16.
 B) 12.
 C) 6.
 D) zero.

RESPONDER

Figura 11: Disposição do submenu.

5.4 Resultados

Os resultados da pesquisa foram analisados sob a interpretação da aprendizagem significativa e da literatura de hipermídias adaptativas que usam estilos cognitivos como forma de adaptação da navegação. O estudo, pela sua natureza, gerou uma grande quantidade de dados de apenas um indivíduo. Por essa razão, sistematizamos os dados através de gráficos para que seja possível identificar algum padrão de navegação e de aprendizagem. Ao final da análise, elaboramos um conjunto de diretrizes metodológicas para serem utilizadas na construção de uma hipermídia adaptativa em ensino de Física – que é o objeto principal da tese.

Para tal análise é necessária uma explicação sobre como os gráficos devem ser interpretados. No estudo foram construídos três tipos de gráficos diferentes. Dois deles foram condensados em um, que é o gráfico Desempenho & Estilo de Navegação (DNAV), mostrado na figura 12.

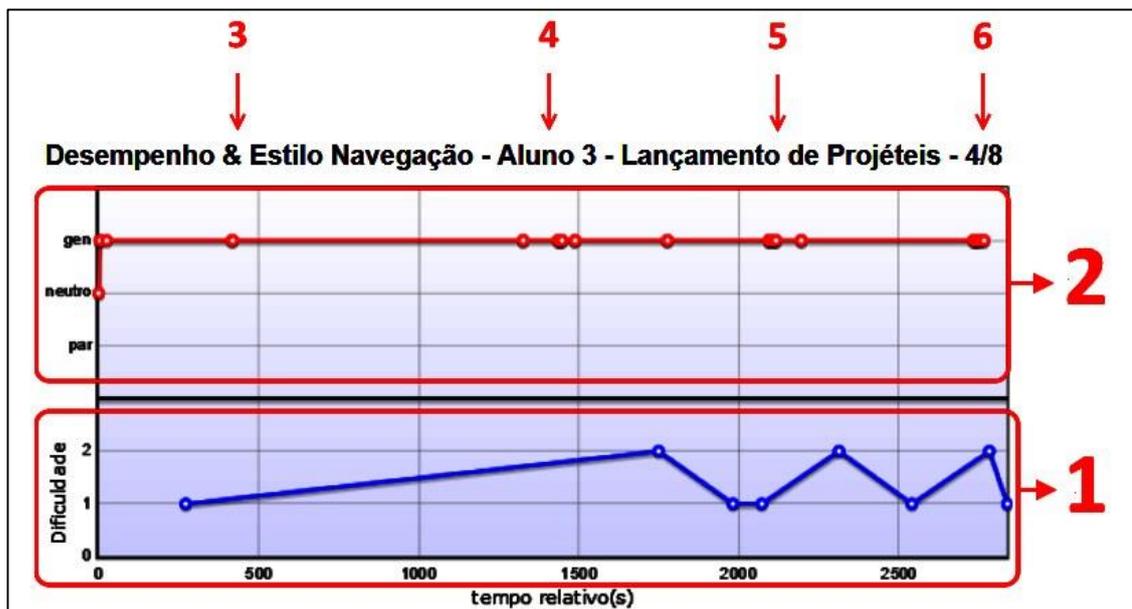


Figura 12: Elementos que compõem o Gráfico DNAV.

O destaque na figura 12 representado pelo número 1 nos mostra o gráfico do desempenho do aluno, que é o grau de dificuldade dos problemas pelo tempo relativo em que os mesmos foram respondidos, em segundos. Aqui foi o utilizado o tempo relativo que é a

diferença entre o instante de tempo em que se iniciou atividade e o instante em que o problema foi respondido.

O destaque número 2 corresponde ao gráfico do estilo de navegação pelo tempo relativo. O estilo de navegação é determinado no momento em que o aluno clica em determinado *link*. Vimos anteriormente como se determina quando o *link* clicado tem caráter generalizador ou particularizador; então, ao acessar determinado conteúdo da hipermídia é registrado o tempo relativo em que o mesmo ocorre. Os gráficos do estilo de navegação e de desempenho compartilham o mesmo eixo horizontal, pois assim facilitam a compreensão em relação ao momento em que ocorre o comportamento generalizador/particularizador.

Por fim, os destaques 3, 4, 5 identificam o nome do gráfico, o aluno e o conteúdo trabalhado, respectivamente. O destaque 6 nos informa quantas questões o aluno acertou e a quantidade de questões respondidas. Dessa maneira, podemos ver pela figura 12 que temos um gráfico DNAV do aluno 3, que estava respondendo questões sobre lançamento de projéteis e que acertou 4 questões das 8 que respondeu. O aluno atingiu apenas dois níveis de dificuldade e teve uma característica generalizadora ao longo de toda a atividade.

Essas informações ainda precisam ser complementadas com o gráfico que indica a sequência exata da navegação pela hipermídia. Na figura 13, pode-se ver como foi construído o gráfico Sequência de Navegação (SNAV).

No topo do gráfico SNAV é informado o seu próprio nome, o aluno e o conteúdo trabalhado. Ele é o gráfico da sequência de navegação pelo conteúdo. O destaque número 1 indica os conteúdos da hipermídia em que o aluno desenvolve sua atividade. O gráfico é dividido em regiões conforme o conteúdo, assim, o destaque número 2 informa a região que se encontram os links do conteúdo de MRU e GMRU. Por fim, o destaque 3 informa a região dos links do menu sobre lançamento. Sabemos que são os links do menu lateral, pois o gráfico DNAV indica que o aluno sempre teve um comportamento generalizador. Com isto, devemos sempre analisar os dois gráficos juntos, DNAV e SNAV, pois é desta forma que teremos condições de verificar o que exatamente aconteceu com o aluno durante as atividades.



Figura 13: Elementos que compõem o Gráfico SNAV.

Agora que sabemos como os dados foram transformados, vamos passar para as diretrizes construídas a partir da análise de todos os gráficos, DNAV e SNAV, gerados para os alunos. Conseguimos desenvolver nove diretrizes que precisam ser observadas para a construção de uma HA para o ensino de Física. Utilizamos a mesma forma de análise de Hilger, Oliveira e Moreira (2011) quando se tem grande quantidade de dados.

5.4.1 Quando os alunos estão conhecendo a hipermídia

Diferentemente do que é feito na literatura, os alunos não foram colocados em contato com a hipermídia previamente, antes de realizar qualquer atividade. Eles foram colocados diretamente em contato com a hipermídia sem nenhum conhecimento sobre a mesma. Quando isto é feito, assume-se que o conhecimento da hipermídia possa influenciar em seu desempenho (Mitchell, Chen e Macredie, 2005a; Mitchell, Chen e Macredie, 2005b; Mampadi et al., 2011). Essa assunção é verificada de fato em nosso estudo. Neste momento ainda não faremos nenhuma asserção sobre o desempenho.

Durante o primeiro contato dos alunos com a hipermídia, verificamos que existe uma tendência à navegação generalizadora, que se estabiliza em determinado conteúdo com o tempo. Naturalmente, podemos afirmar que tal comportamento se deve justamente ao desconhecimento do funcionamento da mesma.

No primeiro encontro, nenhum aluno conhecia a hipermídia de nosso estudo. Sendo assim, verificamos que em uma situação onde o aluno desconhece o funcionamento da hipermídia, sua tendência é tentar conhecê-la, explorando as diversas possibilidades que ela possui. Antes do acesso aos problemas em si, foi mostrado ao aluno como a hipermídia funcionava (figura 9); mesmo assim, os alunos investem um bom tempo navegando sobre assuntos que claramente ainda não estão relacionados ao problema. As figuras 14 e 15 mostram este comportamento referente ao aluno 6. Podemos ver a influência que o primeiro contato com a hipermídia possui ao verificar os gráficos dos demais encontros deste mesmo aluno (figuras 16 e 17).

Depois do primeiro contato com a hipermídia, onde o aluno pode explorá-la de forma exaustiva, ele se estabiliza em determinado conteúdo, de acordo com a série de problemas que está respondendo. O desempenho do aluno não parece refletir esta estabilização, uma vez que seu rendimento no MRUV foi baixo em relação aos outros encontros. Com isso, vemos que o primeiro contato com a hipermídia influencia claramente a forma de navegação, demonstrando uma tendência à aproximação significativa do conteúdo, da forma como pressupõe a teoria da aprendizagem significativa. No entanto, essa forma de navegação não influencia em seu desempenho. Vemos, também, que o aluno varia bastante de um padrão de navegação generalizadora ou particularizadora de acordo com o gráfico DNAV (figura 14).

Dessa forma corrobora-se o disposto na literatura referente à influência do conhecimento da estrutura da hipermídia sobre o tipo de navegação. A diferença é que vemos a navegação generalizadora como uma tentativa de aproximação mais significativa do aluno sobre o conteúdo. Desconhecendo a hipermídia, o aluno passará mais tempo explorando a mesma; no entanto, consegue identificar o conteúdo correspondente à série de problemas que tenta responder após a familiarização com o material.

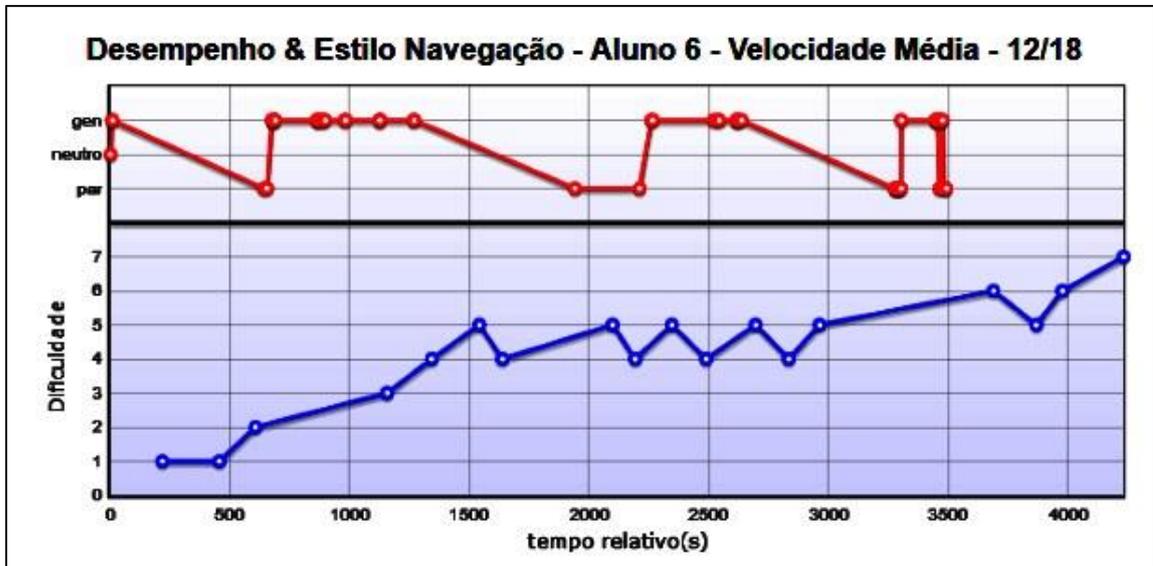


Figura 14: Gráfico DNAV da velocidade média do aluno 6.

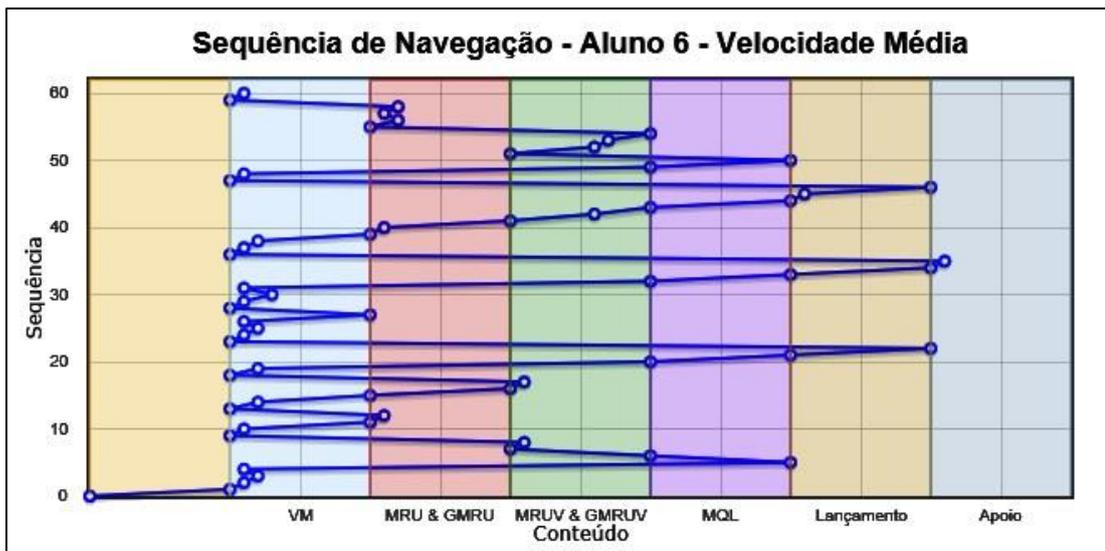


Figura 15: Gráfico SNAV da velocidade média do aluno 6.

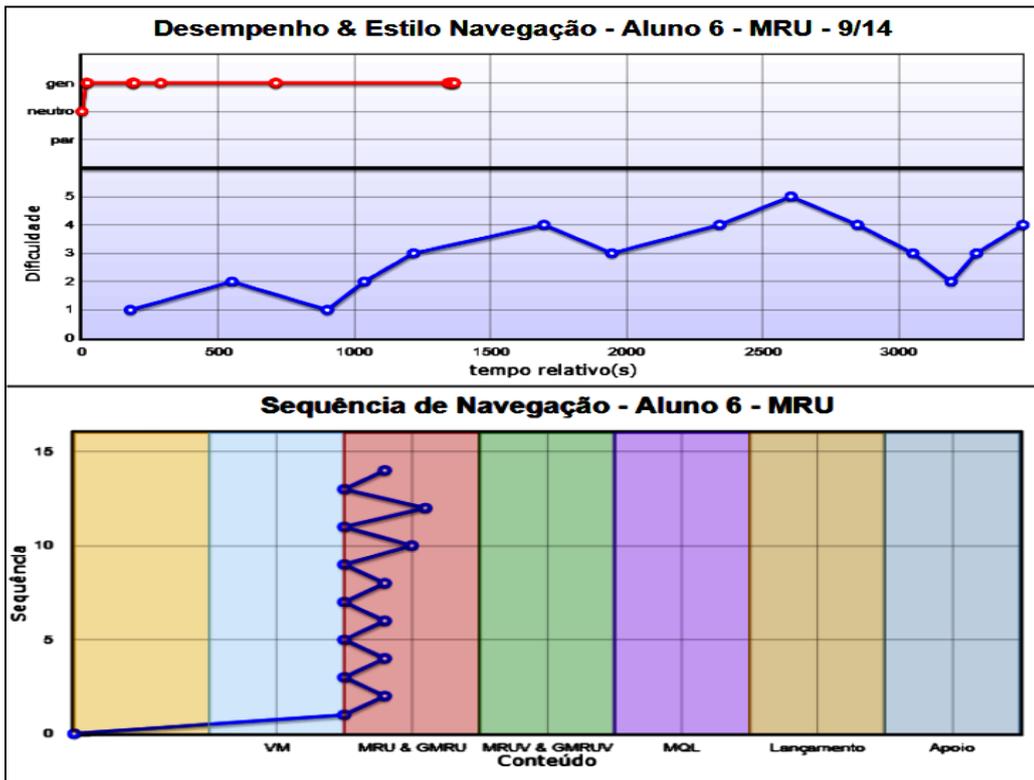


Figura 16: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 6.

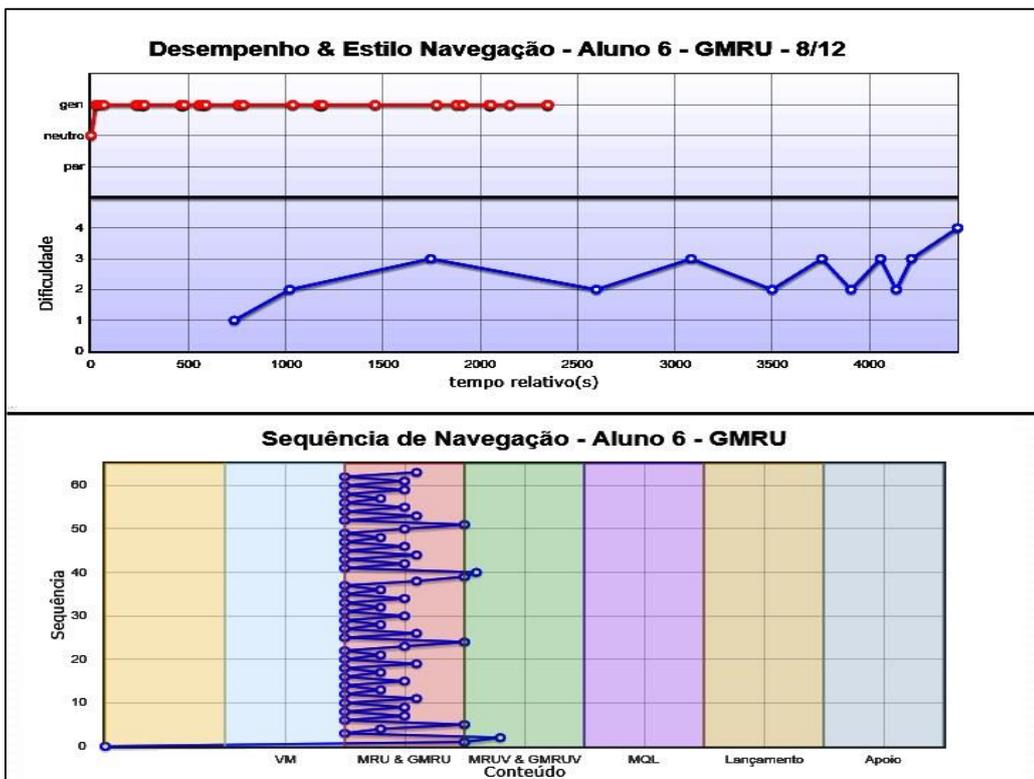


Figura 17: Gráfico DNAV e SNAV do gráfico do GMRU para o aluno 6.

5.4.2 Quando o aluno não consulta mais o material

Existem alguns momentos em que os alunos param de consultar o material por um longo período. Pelo gráfico DNAV, podemos perceber quando o aluno está resolvendo com facilidade as questões, neste caso exercícios. Por outro lado, também é possível verificar que o mesmo pode estar com dificuldades em resolver as questões, neste caso problemas.

Podemos ver pelos gráficos DNAV dos alunos 4, 18 e 12 o momento que os mesmos param de realizar novas consultas. No caso deles, percebemos que alcançaram a máxima dificuldade das questões da série. O aluno 4 (figura 18) chegou ao nível 6 de dificuldade sem errar nenhuma questão; iniciou uma série de consultas ao material e se estabilizou neste nível. Notamos que o aluno teve uma navegação sequencial, utilizando a hipermídia apenas como um suporte. Característica semelhante é possível perceber em alunos que possuem bom desempenho.

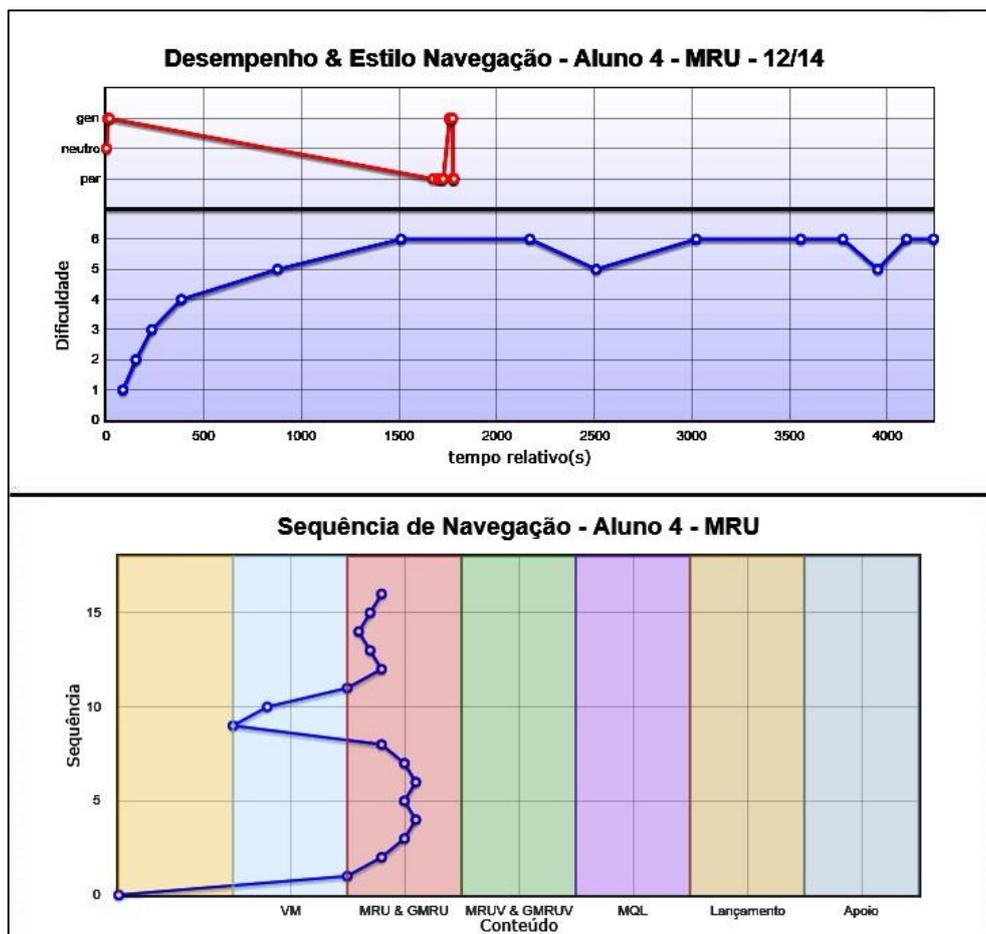


Figura 18: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 4.

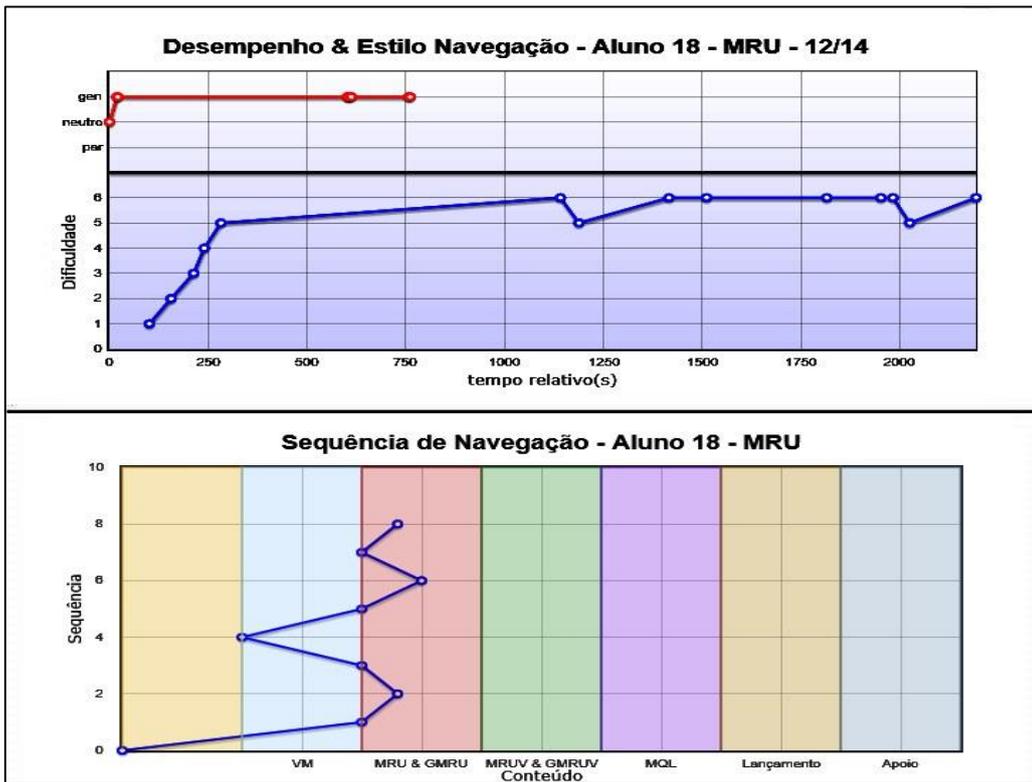


Figura 19: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 18.

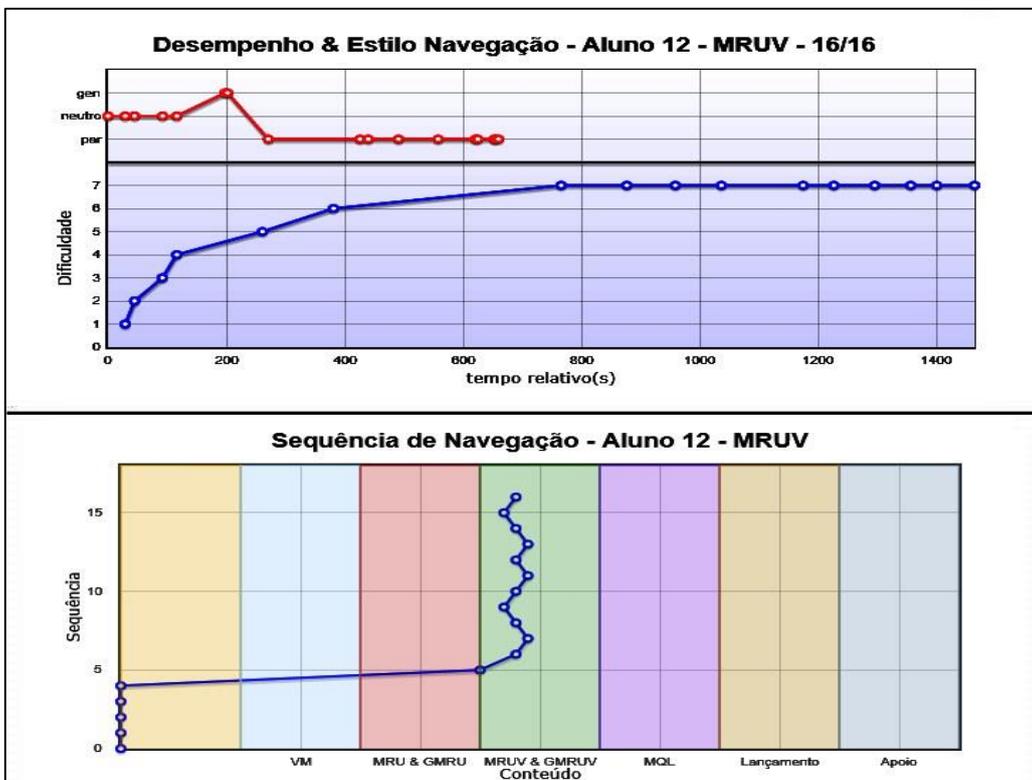


Figura 20: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 12.

Embora tenhamos casos em que os alunos possuem bom desempenho com uma navegação generalizadora, no caso destes três alunos tiveram uma navegação predominantemente particularizadora. Por este motivo, corroboramos alguns dos resultados obtidos por Rezende e Barros (2008) ao verificarmos que os alunos com bom rendimento tendem a utilizar a hipermídia como um suporte, uma espécie de banco de dados, que os auxiliam até determinado ponto, quando então param de consultar o material.

Como um contraponto, o aluno 7 em MRU teve o mesmo comportamento, porém com uma navegação generalizadora. Isto demonstra que os alunos com bom desempenho podem estar utilizando a hipermídia como um suporte ao seu conhecimento, porém a forma de navegação pode ser tanto generalizadora como particularizadora. Aqui, vale ressaltar que todo o padrão de navegação do aluno foi em um momento de dificuldade, formando a tendência generalizadora, para depois utilizar o material como apoio nos demais problemas.

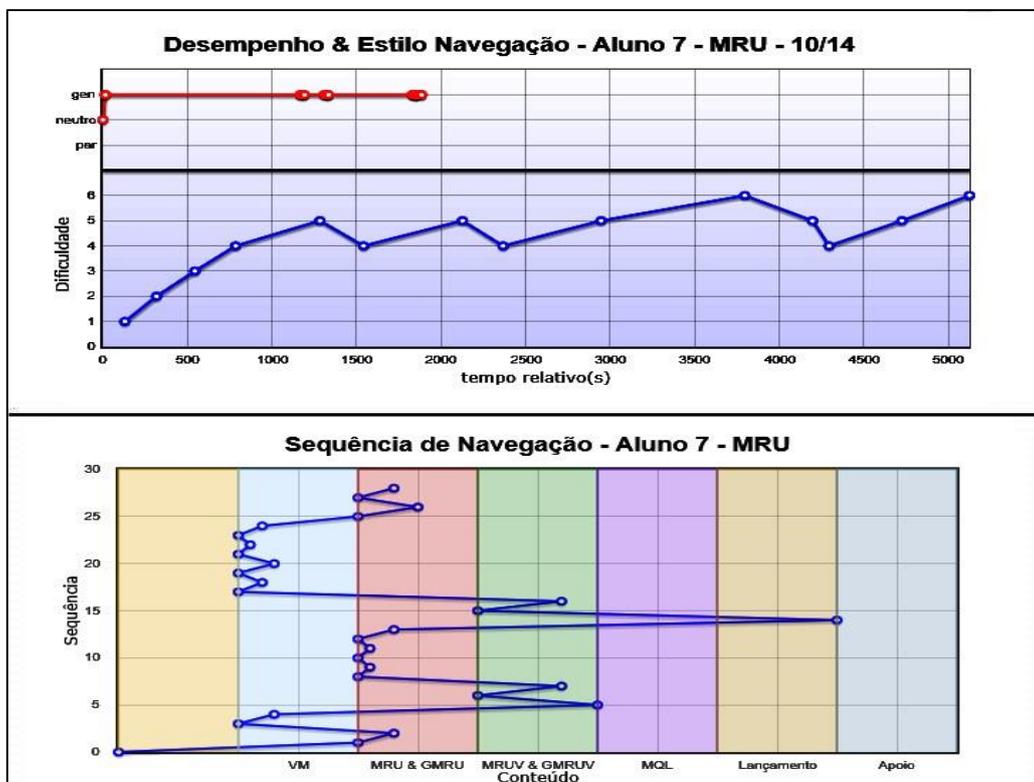


Figura 21: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 7.

Agora, quando temos alunos de baixo desempenho ou eles possuem navegação generalizadora ou simplesmente param de navegar. Nestes casos, também é possível verificar que os alunos se estabilizam em determinada dificuldade. No estudo I já havíamos constatado tal comportamento, mas naquele momento não tínhamos como determinar a forma de navegação. Assim, percebemos que os alunos com baixo desempenho tendem à navegação generalizadora, mas não por conta de sua tentativa de aprender a estrutura da hipermídia, conforme constatado anteriormente. A navegação generalizadora nos expõe uma tentativa de encontrar a informação desejada e, para isso, este tipo de navegação ganha espaço. Aqui, em complemento ao estudo de Rezende e Barros (2008), constatamos que a navegação desorganizada, de alunos com baixo rendimento se deve à busca generalizadora da informação que necessitam. Logo, será mais simples olhar para o tipo de questão que está sendo resolvida pelo aluno do que buscar uma lógica em sua navegação, o método eficaz de adaptação.

O aluno 3 mostra a aparente desorganização em sua navegação pela hipermídia. Apesar de o mesmo ter atingido o último nível de dificuldade no primeiro encontro sobre velocidade média, e também no encontro sobre MRU ter chegado ao nível 6 (o último nível era o 7), ele não conseguiu passar do segundo nível de dificuldade no encontro sobre gráficos do MRU (existia 6 níveis de dificuldade). Os gráficos DNAV e SNAV (figura 22) mostram a característica generalizadora. Na situação dada, o aluno 3 não conseguia determinar a posição inicial do automóvel (figura 23), assim podemos afirmar que este aluno não conseguiu trabalhar o conceito de velocidade constante como um esquema. Podemos concluir isto pela falta de clareza do aluno em relação ao significado de posição inicial, levando em consideração a forma diferente como a equação do MRU foi escrita e a forma algorítmica que o mesmo procede para realizar o problema.

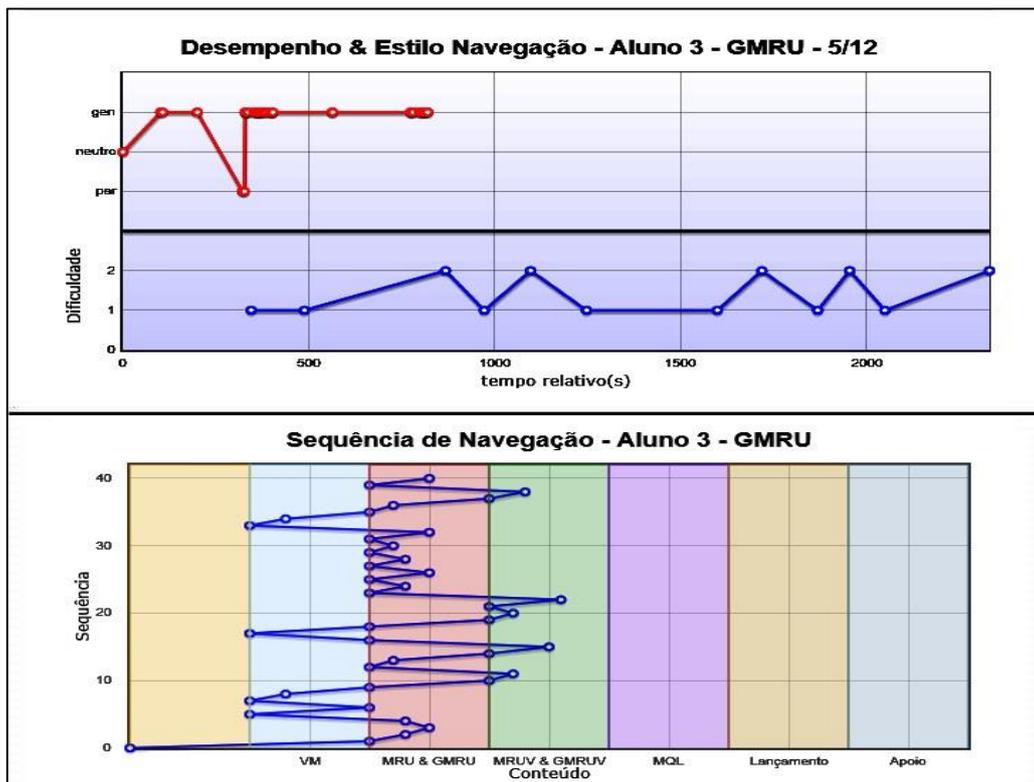


Figura 22: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRU para o aluno 3.

Exercício n.12

$$x = x_0 + vt$$

$$x = -8 + 4t$$

$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{4 - (-8)}{3} = \frac{4 + 8}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ m/s}$$

Figura 23: O aluno 3 tenta resolver o problema de forma algorítmica.

5.4.3 Avaliação do conhecimento prévio ou intervenção conceitual

Neste momento, faremos uma análise em relação à possibilidade de se avaliar o conhecimento prévio de um aluno por meio da hipermissão criada. O interesse repousa na determinação do conhecimento de um aluno frente a um assunto específico e utilizá-lo para adaptar o próximo conteúdo a ser observado. Até agora não realizamos qualquer medida neste sentido. Embora dentro de cada seção de exercícios o aluno só avance a um problema de maior dificuldade se conseguir responder corretamente o de dificuldade inferior, essas informações não foram levadas adiante entre as matérias. Em outras palavras, a aprendizagem que poderia ser avaliada em uma seção não é levada em consideração para a próxima.

Pela teoria da aprendizagem significativa, o método de ensino potencialmente eficaz é aquele que utiliza o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aluno. Por essa razão, é de se esperar que o aluno com dificuldade, já apresentada anteriormente, carregue esta mesma dificuldade adiante, se não houver qualquer intervenção. Esta premissa é consistente tendo em vista a escolha sequencial de nosso conteúdo. Por exemplo, a seção sobre gráficos de MRU suceder a seção sobre o MRU. Desta mesma maneira, os conhecimentos sobre MRU, MRUV e MQL podem ser vistos como pré-requisitos para avançarmos sobre o lançamento de projéteis.

Vamos estudar se existe algum indicador de que o desempenho de um aluno pudesse determinar o desempenho na próxima seção. Pelo gráfico SNAV veremos claramente quando o aluno se concentra ou não no conteúdo próprio da seção e, por essa razão, vamos chamar de dispersão quando o aluno realiza consultas fora da seção.

Procedemos a uma análise de correlação entre os desempenhos dos alunos em MQL e LP e encontramos um coeficiente de correlação de apenas 0,44. Dessa forma, não poderíamos utilizar os resultados de encontros anteriores como uma medida de conhecimento prévio que vá influir sobre o próximo encontro. Com isso, vemos que estatisticamente não temos base para argumentar a utilização dos dados anteriores como conhecimento prévio. Porém, deve-se fazer a seguinte consideração: os alunos não responderam as mesmas questões. Metodologicamente, para se aplicar o teste estatístico todos os indivíduos participantes deveriam estar sob as mesmas condições. Sendo assim, já era de se esperar que qualquer teste estatístico nos levasse um resultado ruim. Mesmo fazendo correlações entre encontros anteriores com posteriores, somos levados aos mesmos resultados.

Neste caso, vemos que uma tentativa de sistematizar a avaliação através de uma hipermídia com adaptação fraca não se mostra viável. Sendo possível utilizá-la com uma ferramenta de diagnóstico individual. Vimos, anteriormente, o caso do aluno 3 que não conseguia formar um esquema entre velocidade constante, posição inicial, final e o intervalo de tempo. Assim, podemos olhar para os gráficos DNAV e SNAV para verificar as dificuldades dos alunos, e, aqui, essas informações valeriam como avaliação do conhecimento prévio para uma intervenção futura do professor.

Vimos que uma navegação generalizadora em uma situação de baixo rendimento representa a tentativa do aluno em buscar a informação. No entanto, um momento importante ocorre quando o aluno, ainda com baixo rendimento, tende para a navegação generalizadora, mas concentrada na seção correta. Isto significa que o aluno não está entendendo o conteúdo, como mostram as figuras 24 e 25.

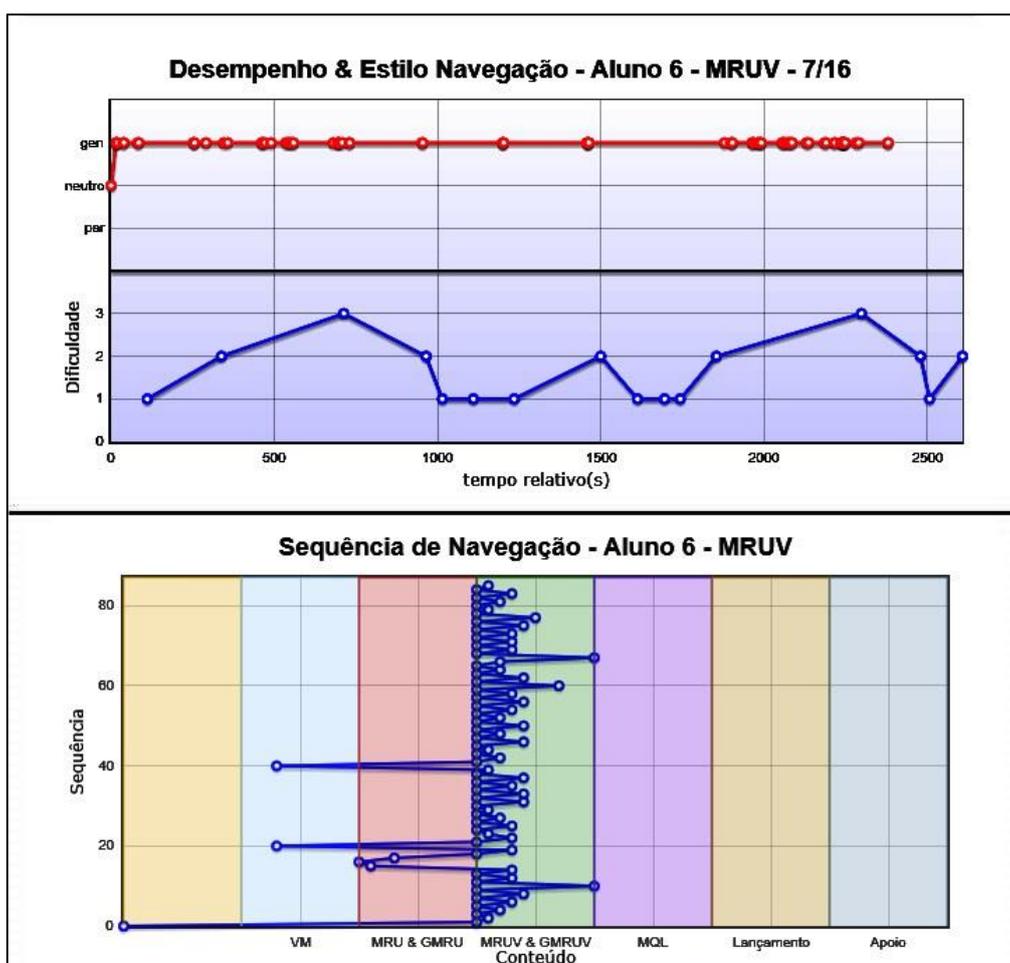


Figura 24: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 6.

Exercício n.3

$$X = 4 + 3.t + 2.t^2$$

$$v = 7.t + 4.t^2$$

4m/s 3m/s

Figura 25: Tentativa de resposta do aluno 6 à questão de dificuldade 3.

Podemos ver que o aluno não consegue relacionar, em um único construto, a equação da posição pelo tempo com os diversos elementos conceituais que nela se apresentam. Assim, não consegue retirar a informação da aceleração e a velocidade inicial. Não podemos afirmar que para este aluno estava perfeitamente claro que se tratava de um problema de aceleração constante, pois o aluno navega pela seção correta sem se dar conta do significado conceitual do tipo de movimento. Outro aspecto que chama a atenção é a tentativa de somar o número 4 com o número 3 da equação. Antes da análise sob a ótica da Física, vemos que algebricamente este procedimento não faz qualquer sentido e nos revela uma tentativa algorítmica de encontrar a solução do problema. Não precisamos avançar para as outras tentativas de realizar os problemas deste aluno para diagnosticar a sua dificuldade, que é conceitual.

Nesse momento, se estivesse programada, a hiperfídia poderia intervir conceitualmente no aluno. Poderia ser feita uma pausa na apresentação de novos problemas e, então, a hiperfídia o guiaria pelos fundamentos conceituais da matéria. Como podemos perceber, ele chega ao terceiro nível já com certa dificuldade. Ele possui um entendimento do significado de aceleração, consegue calcular seu valor, mas não consegue inter-relacionar com os conceitos anteriores. Vemos claramente uma característica já mencionada pela literatura em RP, típica de alunos novatos (Cabral da Costa e Moreira, 1996). Outros alunos apresentaram a mesma característica (figuras 26 a 29).

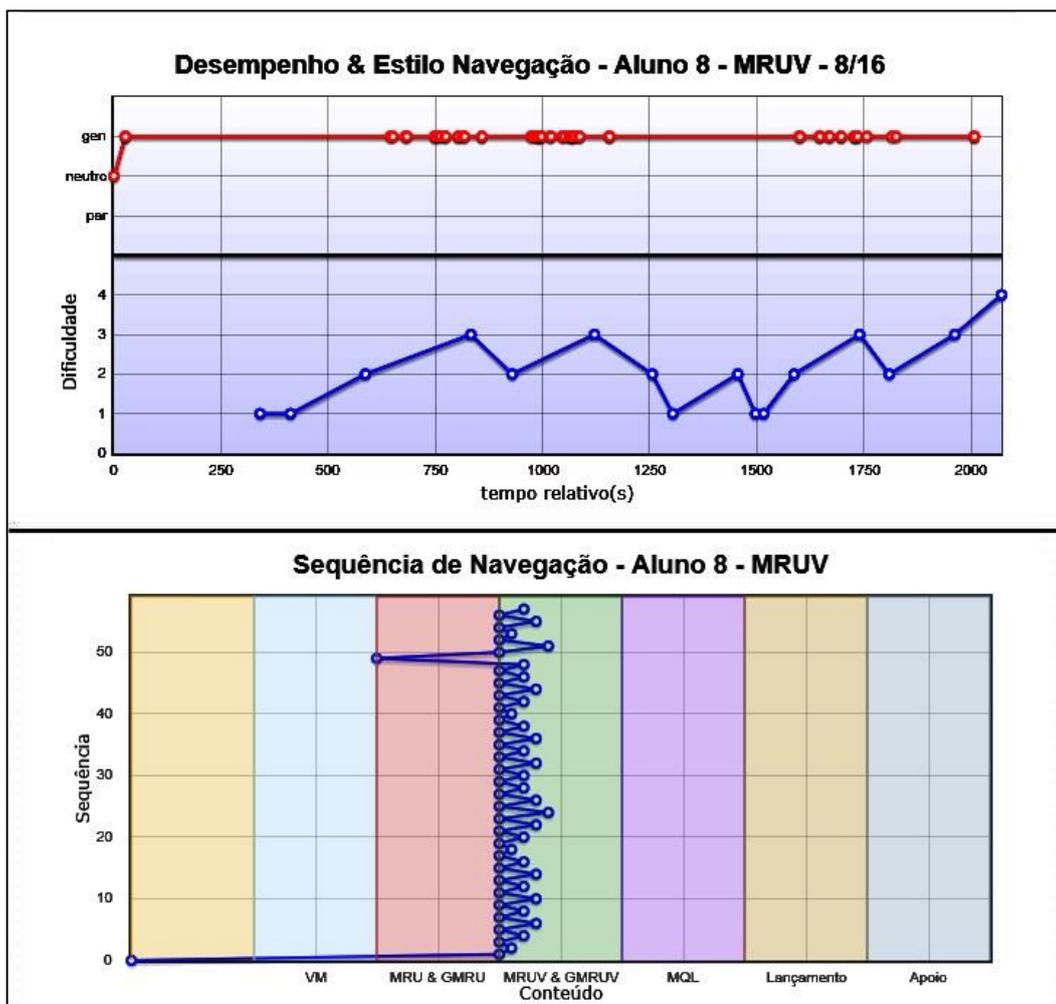


Figura 26: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 8.

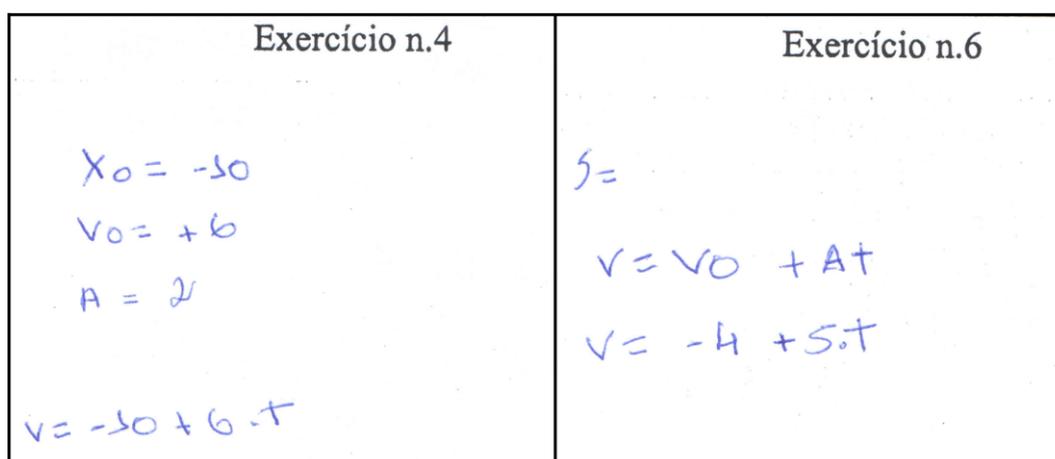


Figura 27: Tentativas de resposta do aluno 8 à questão de dificuldade 3.

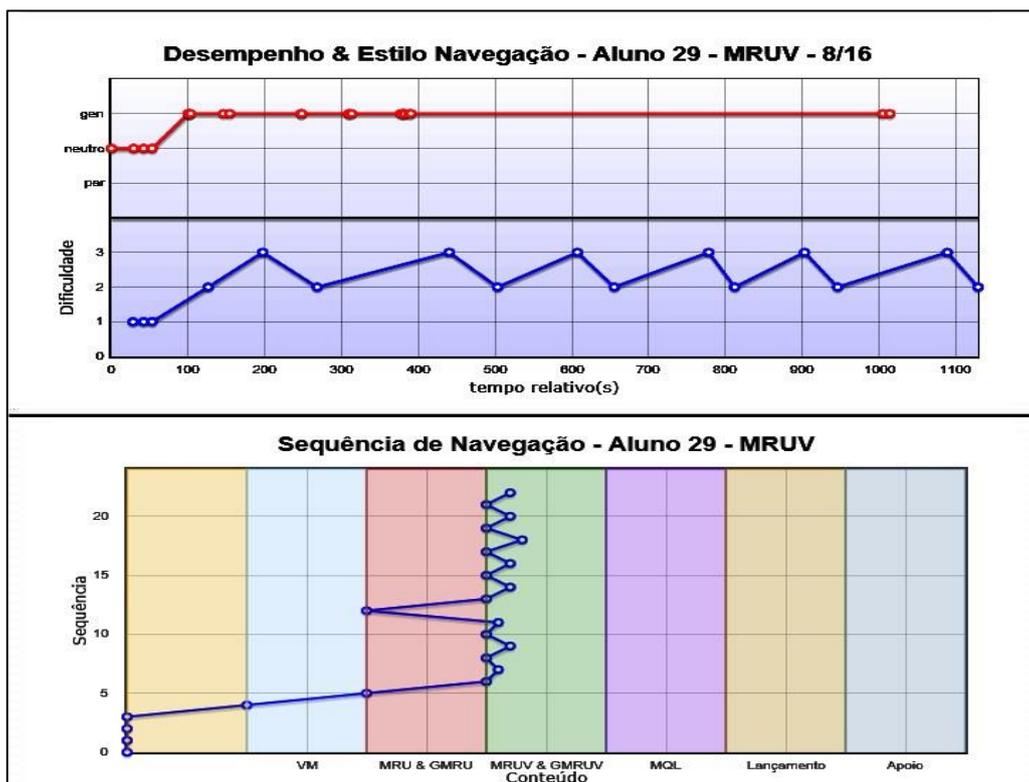


Figura 28: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 29.

<p>Exercício n.5</p> $s = -18 + 2 \cdot t - 3 \cdot t^2$ $v = v_0 + at$	<p>Exercício n.7</p> $x = 5 + 10 \cdot t + 3 \cdot t^2$ $v = 5 + 10t$
<p>Exercício n.9</p> $x = 10 + 6 \cdot t + 2 \cdot t^2$ $v = v_0 + A \cdot t$ $v = 6 + 2 \cdot t$	<p>Exercício n.11</p> $s = -5 + 7 \cdot t - 4 \cdot t^2$ $v = v_0 + A \cdot t$

Figura 29: Tentativas de resposta do aluno 29 à questão de dificuldade 3.

Podemos perceber que existe uma complexidade importante na tentativa de atribuir ao computador a tarefa de ensinar conceitualmente a aceleração constante a um aluno, que iria além de uma mera adaptação na forma de navegação. O problema da adaptação em ensino de cinemática teria que passar pela adaptação do conteúdo, pois pelos gráficos SNAV das figuras 24, 26 e 28 vemos que os alunos estão navegando no conteúdo correto, pois há pouca dispersão.

A adaptação na navegação possibilita uma grande redução no trabalho de diagnóstico das dificuldades dos alunos, além de permitir desconsiderar o tipo de conteúdo a ser abordado. Neste tipo de adaptação, bastaria aplicar um teste de preferência, como o que é feito pela literatura, e então deixaríamos o computador trabalhando sozinho para o aluno, aplicando uma navegação pré-definida. No entanto, analisando os dados não podemos considerar apenas esta forma de adaptação, que se mostra insuficiente.

Utilizar a hipermídia, da forma como foi construída, permitiria avaliar o conhecimento prévio de forma mais consistente se, ao invés de apresentar todo o espectro do conteúdo, o assunto abordado fosse ainda mais reduzido a cada encontro; assim, estaríamos alinhados com a TCC. Reduzindo a quantidade de elementos apresentados, podemos facilitar a formação de esquemas na memória de trabalho do aluno, e, ainda, utilizar estas informações na adaptação de um próximo encontro de forma continuada dentro de um mesmo conteúdo.

5.4.4 Análise dos resultados e sobre a consistência de uma adaptação na navegação

Como a hipermídia é ordinária, podemos verificar qualquer uma das tendências de navegação por parte dos alunos (generalizadora ou particularizadora). Com os gráficos DNAV e SNAV evidenciam-se com clareza as informações relacionadas ao histórico de consultas dos alunos durante a realização das tarefas. Até agora podemos perceber que o primeiro contato dos alunos com a hipermídia tende a ser a navegação generalizadora, onde os alunos investem boa parte do tempo conhecendo o sistema. Vimos também que existem momentos onde as consultas ao material cessam. Para os alunos com bom desempenho, a hipermídia funcionaria mesmo como um auxílio ao conhecimento, e a navegação desorganizada (generalizadora) de alunos com baixo desempenho significa a busca pela informação. Ainda verificamos que seria mais conveniente uma adaptação no conteúdo do que na navegação. Vamos avaliar com mais profundidade este último aspecto.

Se olharmos com atenção a figura 10 veremos como é atrativa uma navegação generalizadora, pois estes *links* estão mais bem posicionados em relação aos *links* de navegação sequencial (particularizadora). Logo, teremos que olhar tanto o gráfico DNAV como o gráfico SNAV para ter certeza sobre a forma de navegação do aluno, avaliando a dispersão. Dessa forma, chegamos a um entendimento diferente da literatura em hipermídia adaptativa: a origem do *link* não necessariamente diz respeito à forma da navegação. Vamos olhar os gráficos DNAV e SNAV do aluno 4 em MRUV e GMRUV.

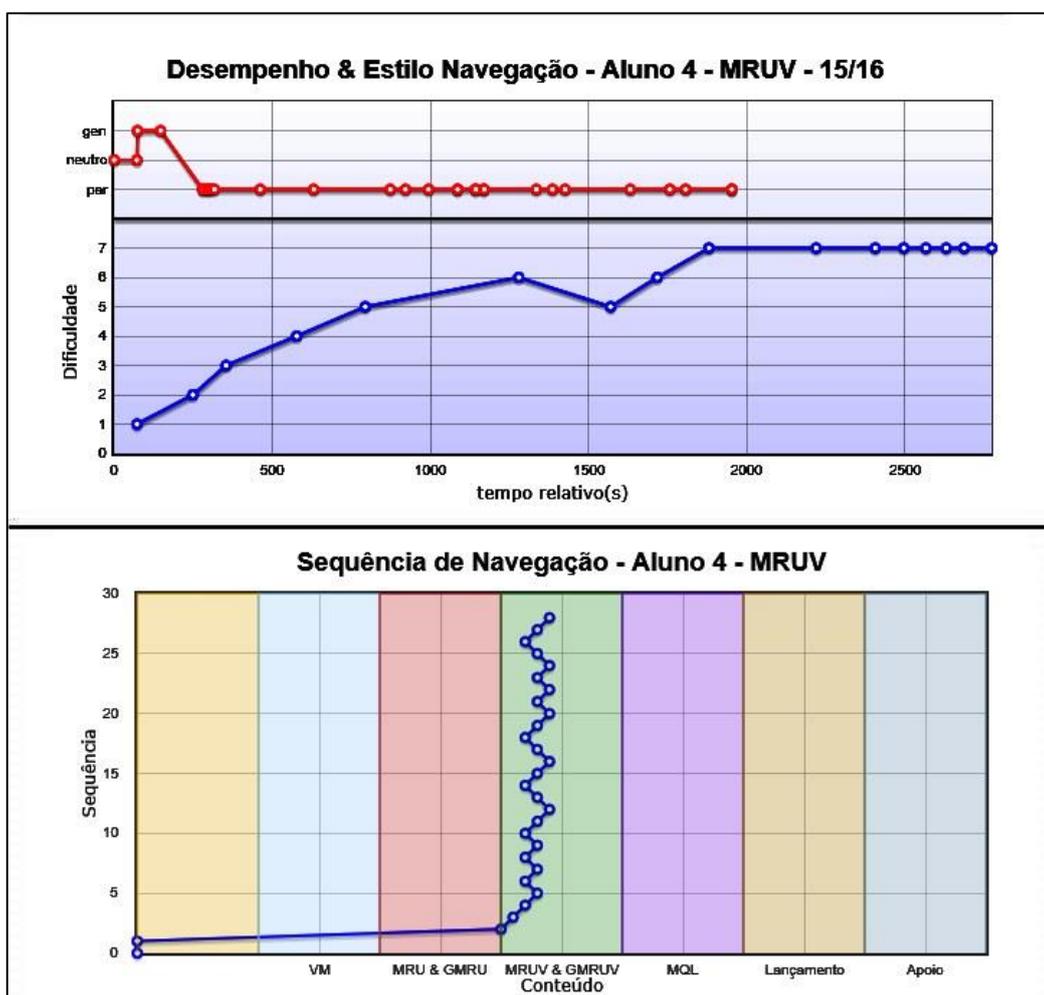


Figura 30: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 4.

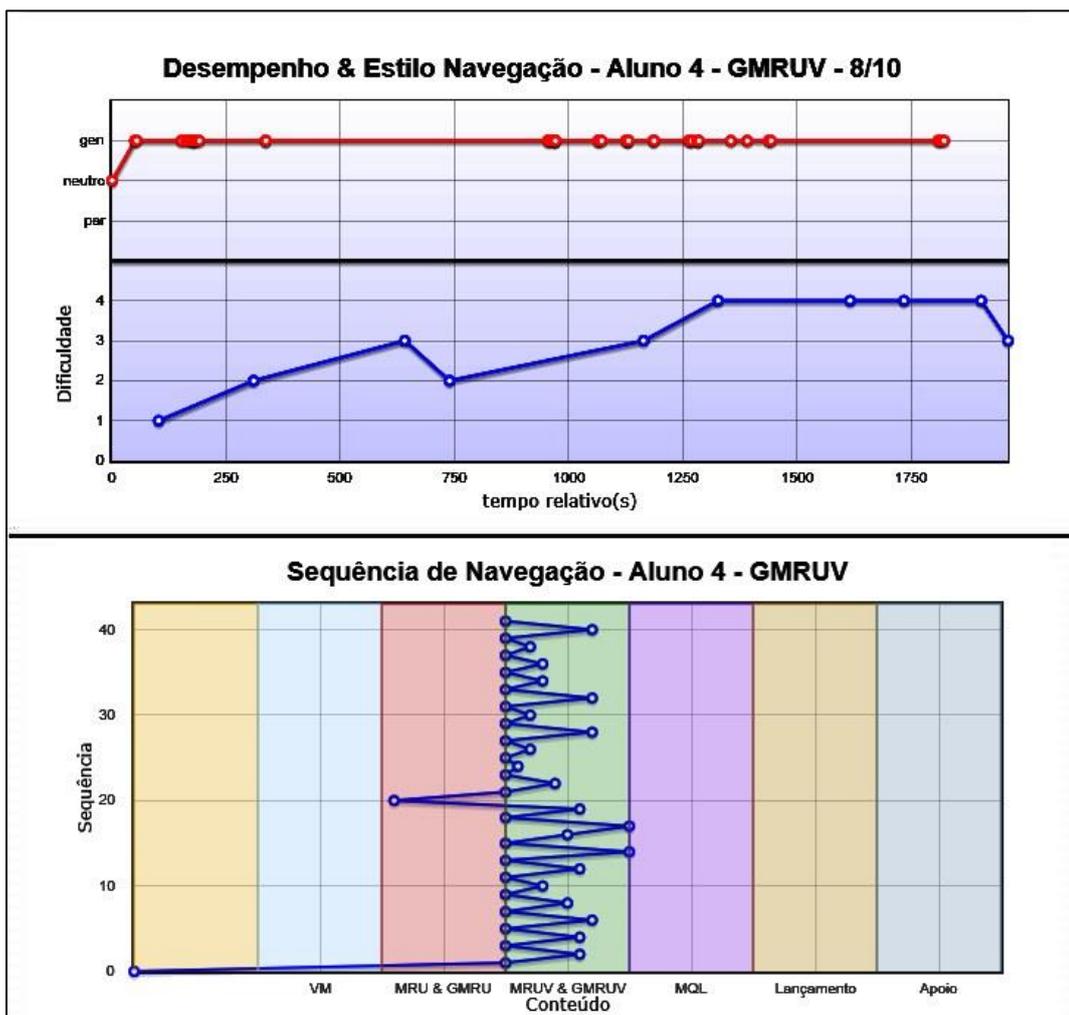


Figura 31: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRUV para o aluno 4.

Vemos pela figura 30 que o aluno 4 não teve qualquer dispersão: assim, teríamos uma leitura correta do gráfico DNAV ao verificar uma navegação particularizadora. No entanto, a figura 31 mostra que este mesmo aluno teve pouquíssima dispersão; o aluno voltava para o *menu* lateral e, após, ao conteúdo diversas vezes. Pelo DNAV, seríamos conduzidos a pensar que o aluno teve um comportamento generalista, e isto está errado. Em ambos os encontros, o aluno teve uma navegação particularizadora, típica dos alunos com bom desempenho que usam a hipermídia como suporte. Já havíamos chamado a atenção em relação à dispersão, só que agora fica evidente. Vamos olhar agora para este mesmo aluno em lançamento de projéteis.

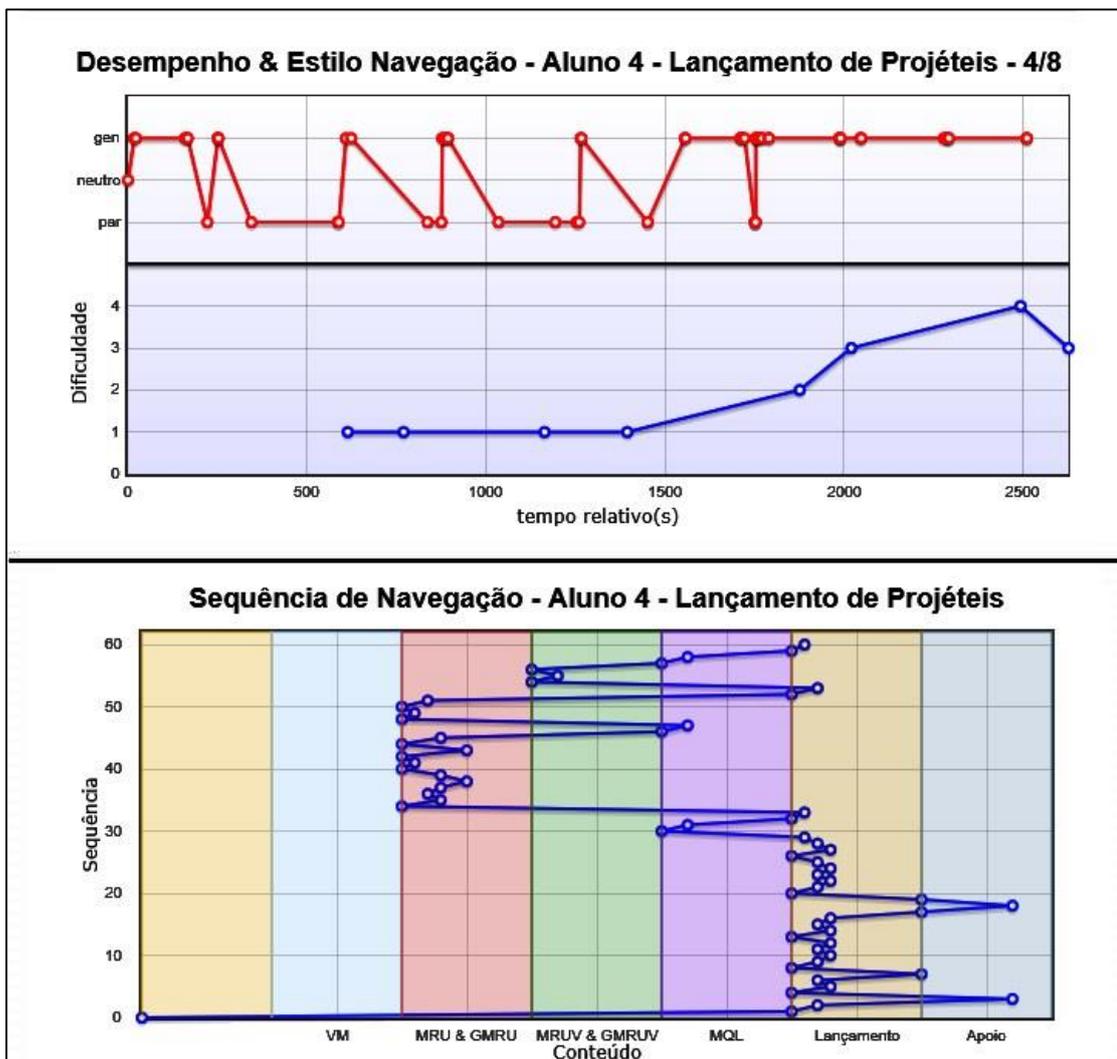


Figura 32: Gráfico DNAV e SNAV do Lançamento de Projéteis para o aluno 4.

Neste encontro, vemos claramente (figura 32) a navegação generalizadora (a desorganizada, segundo Rezende e Barros, 2008), do aluno que está tendo dificuldades com o conteúdo. Já no caso do aluno 9, o gráfico DNAV nos daria corretamente o comportamento generalizador e particularizador da navegação (figuras 33 e 34).

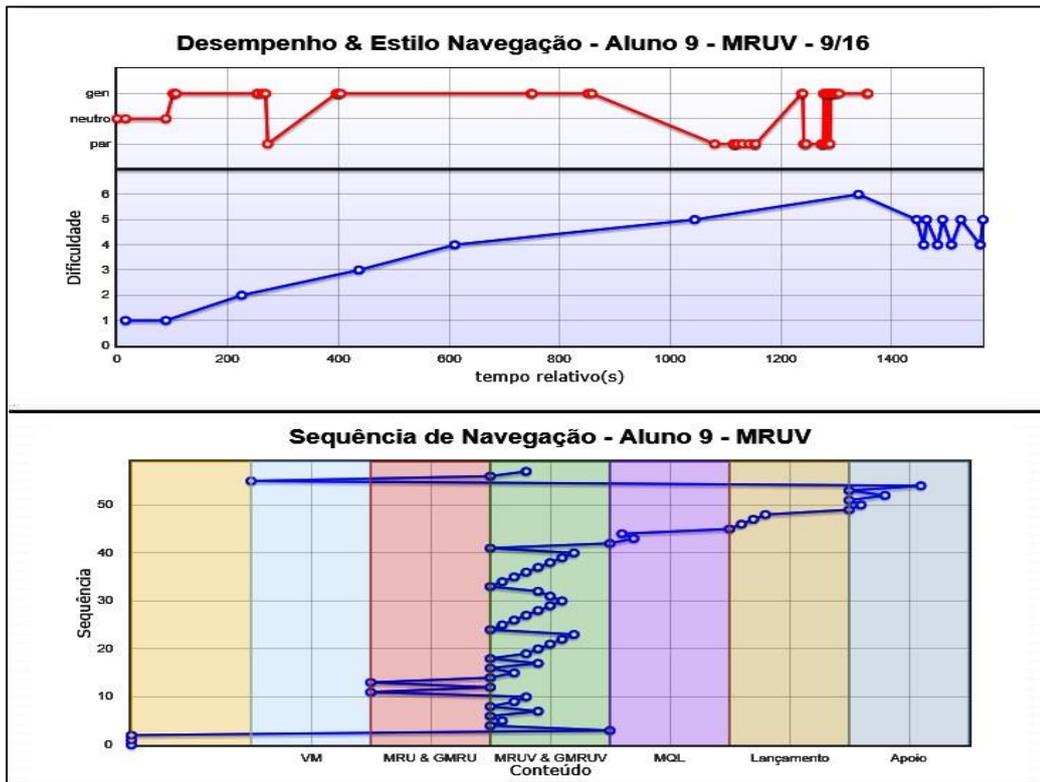


Figura 33: Gráfico DNAV e SNAV do MRUV para o aluno 9.

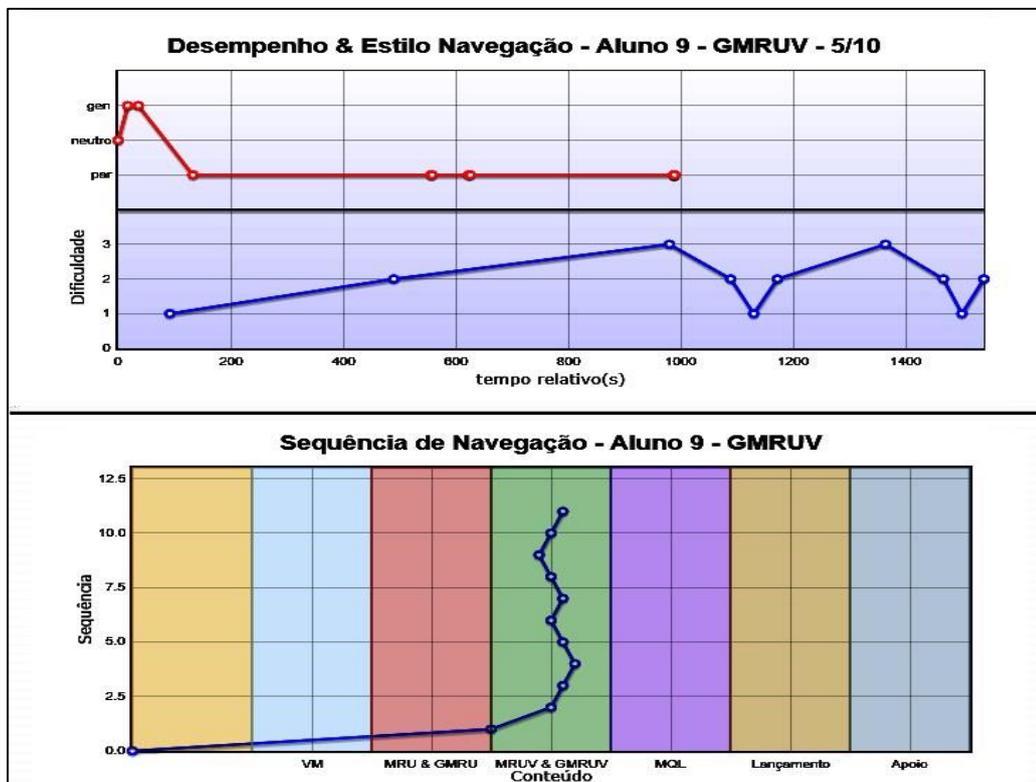


Figura 34: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRUV para o aluno 9.

Dessa forma fica evidente que a origem dos *links* não implica necessariamente a forma de navegação. Outro aspecto que chama a atenção é que um aluno pode ora ter uma navegação generalizadora e ora ter uma navegação particularizadora, dependendo do grau de dificuldade que um aluno está encontrando no conteúdo. Do estudo I, e deste, vemos que os alunos alcançam patamares de dificuldades. Agora, notamos que estes níveis de dificuldades que os alunos alcançam também moldam a forma de navegação. Um exemplo é o aluno 11 em MRUV, que começou como particularizador e, no momento de dificuldade, iniciou a navegação generalizadora.

Podemos afirmar que a forma de navegação está relacionada com o desempenho do aluno dentro da hipermídia. No primeiro encontro, pelos fatores que já apresentamos, a navegação generalizadora teve significado marcante. No entanto, com o passar dos encontros chega o momento em que as dificuldades apresentadas pelos alunos começam a determinar o grau de dispersão dos mesmos pelo conteúdo. Sendo a dispersão oscilante de acordo com a dificuldade dos problemas a cada encontro, somos levados a concluir que a forma de navegação do aluno está relacionada mais com a dificuldade imediata do problema do que com um construto estável em sua estrutura cognitiva, como é o estilo cognitivo. Em outras palavras, não é possível determinar de forma inequívoca o estilo de navegação de alunos que são expostos a problemas de dificuldades crescentes em cinemática.

O paradigma da literatura é que sendo o estilo cognitivo um construto estável, ele poderia ser avaliado previamente através de um teste de preferência (Mampadi et al., 2011). Assim, identificar-se-ia o estilo cognitivo do aluno, apresentar-se-ia uma hipermídia de acordo com a sua preferência e determinar-se-ia o ganho de desempenho em relação a outro aluno que interage com uma hipermídia não adaptada. Vimos na literatura que as pesquisas não encontram resultados positivos nesta abordagem, nem efeitos do estilo cognitivo sobre o desempenho dos estudantes. Mitchel, Chen e Macredie (2005b) ainda afirmam que uma estrutura não adaptada (normal) contém aspectos positivos para alunos de ambos os estilos cognitivos, naquele caso em estilos dependentes/independentes do campo. Além disso, alunos dentro da mesma categoria podem preferir formas de navegação diferentes, de acordo com o seu desempenho. Mais ainda, uma estrutura normal de navegação poderia auxiliar mais todos os alunos, do que uma hipermídia especializada em determinado perfil.

Desta forma, os resultados da presente pesquisa têm suporte empírico na literatura quando sugerem que não é possível determinar o estilo cognitivo de um aluno quando

apresentamos problemas de dificuldades crescentes. Teoricamente, a teoria holista/serialista já foi questionada na literatura. Riding e Sandler-Smith (1997) já falam que na verdade a dimensão serialista/holista poderia fazer parte do mesmo estilo cognitivo. Desta forma, vamos nos concentrar no que a teoria da aprendizagem significativa pode oferecer para explicar tais resultados.

Os gráficos DNAV e SNAV mostram que após o primeiro contato do aluno com a hipermídia, que claramente é generalizadora, não é possível determinar de forma inequívoca o padrão de navegação do aluno ao olhar somente para a origem do *link*. Tanto que agora não consideramos mais a navegação particularizadora como um conceito que estaria em oposição à navegação generalizante como o faz a literatura. Para este trabalho, o correto seria utilizar o conceito de navegação particularizadora como uma forma concentrada da navegação generalizante, tendo em vista que o aluno pode mudar a forma de navegação de acordo com o grau de dificuldade encontrado. Mais ainda, o aluno realmente utiliza de forma conveniente os *links* do *menu* lateral para navegar tanto de forma generalizante como concentrada. Podemos ver isso na figuras 35 e 36, onde o aluno utiliza o menu lateral, origem generalizante do *link*, mas é apenas uma forma conveniente de ir e voltar para as mesmas páginas.

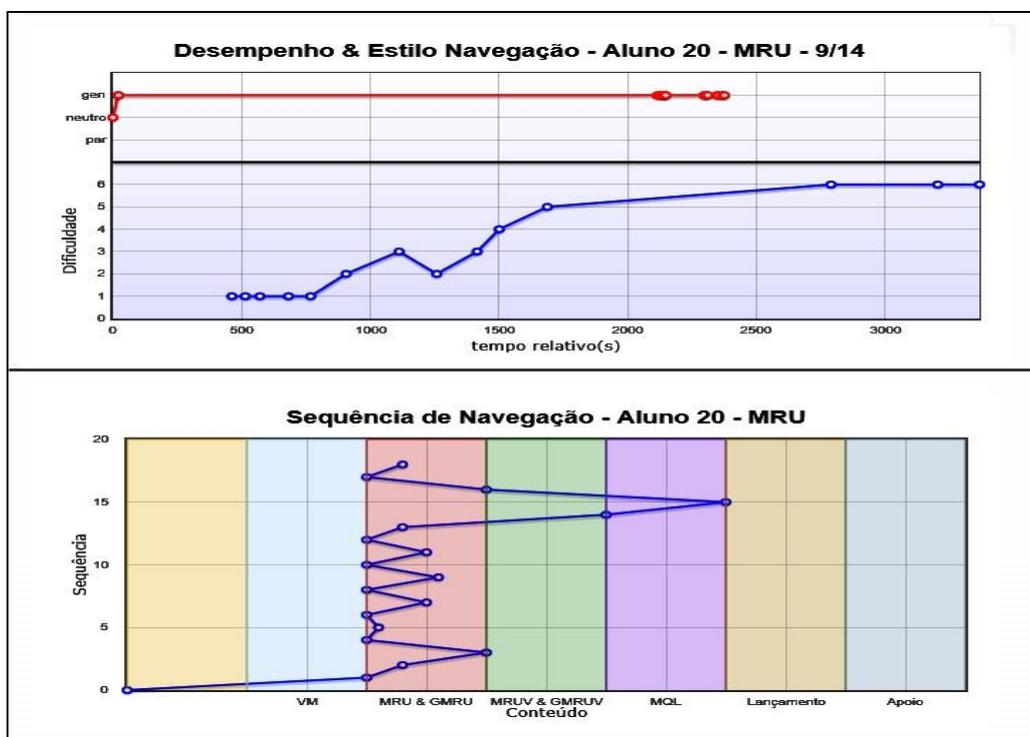


Figura 35: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 20.

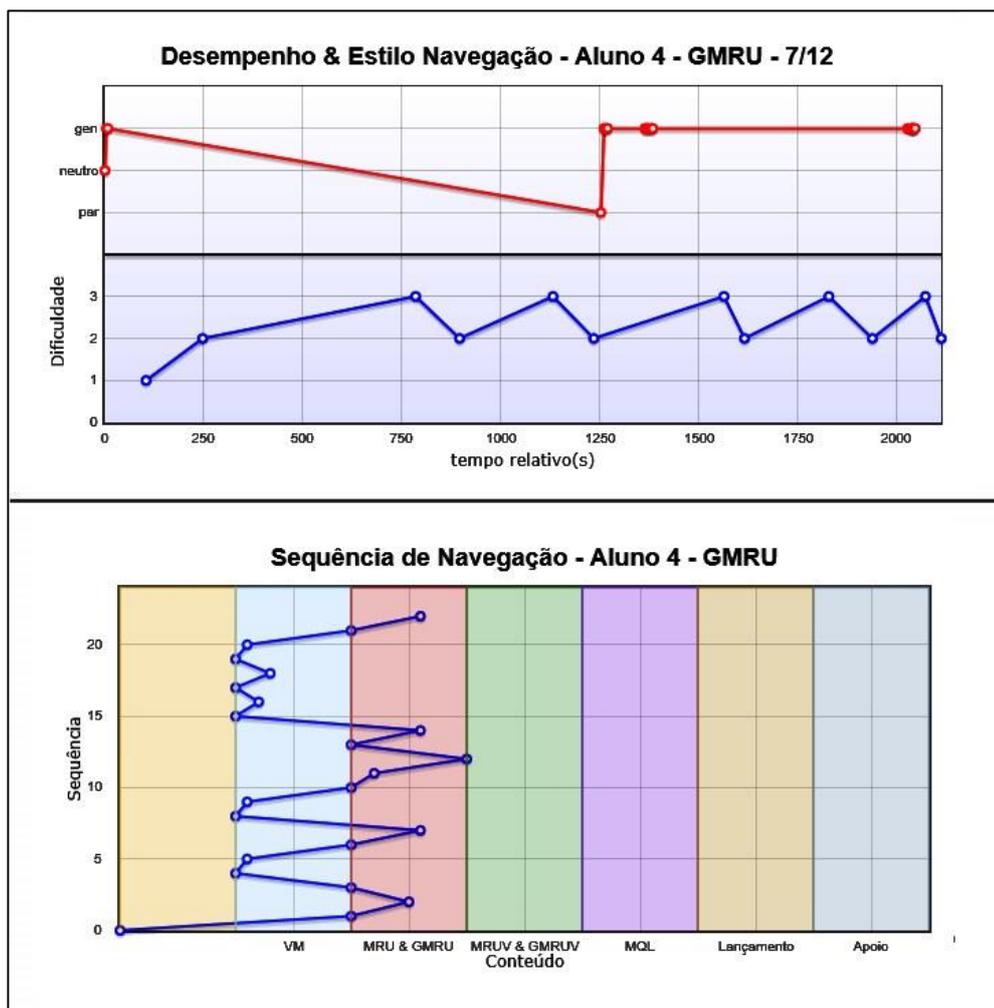


Figura 36: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRU para o aluno 4.

Por essas razões, não falaremos mais em navegação particularizadora e sim concentrada, e não a entenderemos como oposição à navegação generalizadora. A teoria da aprendizagem significativa já alertava e de fato comprova-se por este estudo que não estamos tratando de uma medida de traço cognitivo estável. A dificuldade imposta pela questão apresentada, e a conseqüente necessidade de informação, se sobrepõem a qualquer preferência relativa dos indivíduos de focar os aspectos particulares ou gerais das ideias. Para apoiar esta inferência, a teoria da aprendizagem significativa nos diz que o estilo cognitivo estaria relacionado aos princípios gerais da organização cognitiva (Ausubel, Novak e Hanesian 1980). O estilo cognitivo seria o construto que medeia a motivação e emoção de um lado e a cognição de outro (ibid.). Teoricamente, o estilo cognitivo é um traço estável do indivíduo; por isto, pela sua posição e função dentro da estrutura cognitiva, é difícil sustentar que dentro de um procedimento dinâmico de aprendizagem estaríamos medindo diretamente este traço

cognitivo apenas inferindo sobre a origem de *links* clicados pelo aluno. Em verdade, se pensarmos em utilizar a hipermídia como um misto de ferramenta de ensino e de medida de conhecimento prévio, não poderíamos falar em estilo cognitivo sem antes mencionar o fato de que são os subsunçores que estão em contato com a nova informação; em outras palavras, pela teoria da assimilação a interação aluno-computador requer mecanismos de diferenciação progressiva dos conceitos subsunçores e a conseqüente reconciliação integradora tão dinâmicos que fica inviável qualquer inferência direta sobre o estilo cognitivo. Com isto, a apresentação de problemas de dificuldades crescentes não permite determinar o estilo cognitivo dos alunos; e nem adaptar a navegação.

Agora o que é marcante é a postura do aluno frente à dificuldade das questões de ora ter a navegação generalizadora ora ter a navegação concentrada. Sendo assim, podemos inferir que o aspecto generalizador das consultas pode estar servindo ou a uma aproximação do material com disposição significativa por parte do aluno, quando está conhecendo a hipermídia, ou demonstrando a desorganização da navegação de alunos com baixo rendimento. Já a navegação concentrada estaria relacionada com a disposição do aluno de usar a hipermídia para apoiar uma decisão de forma mecânica ou mesmo como apoio ao que o aluno já sabe. Logo, uma hipermídia adaptativa em ensino de cinemática, em um contexto de apresentação de questões de dificuldades crescentes, deveria reconhecer a dispersão associada ao desempenho do aluno para então verificar a necessidade de se adaptar o conteúdo ou de realizar uma intervenção conceitual, se o propósito for auxílio à aprendizagem. Isto é necessário, pois devemos sempre perguntar qual o propósito da hipermídia adaptativa, que pode ser para mapear o conhecimento prévio ou auxiliar na aprendizagem.

Utilizando a hipermídia para mapear o conhecimento prévio, a adaptação fraca é suficiente, pois poderíamos interpretar a navegação generalizadora como a busca da informação, algo que o aluno não sabe, mas com disposição significativa para aprender. Ainda, poderíamos interpretar a navegação concentrada como um apoio ao conhecimento que o aluno já tem. Para termos uma ideia de como seria procedida a análise referente ao conhecimento prévio do aluno, tomaremos como exemplo a evolução do aluno 33, desde velocidade média até gráficos do MRU.

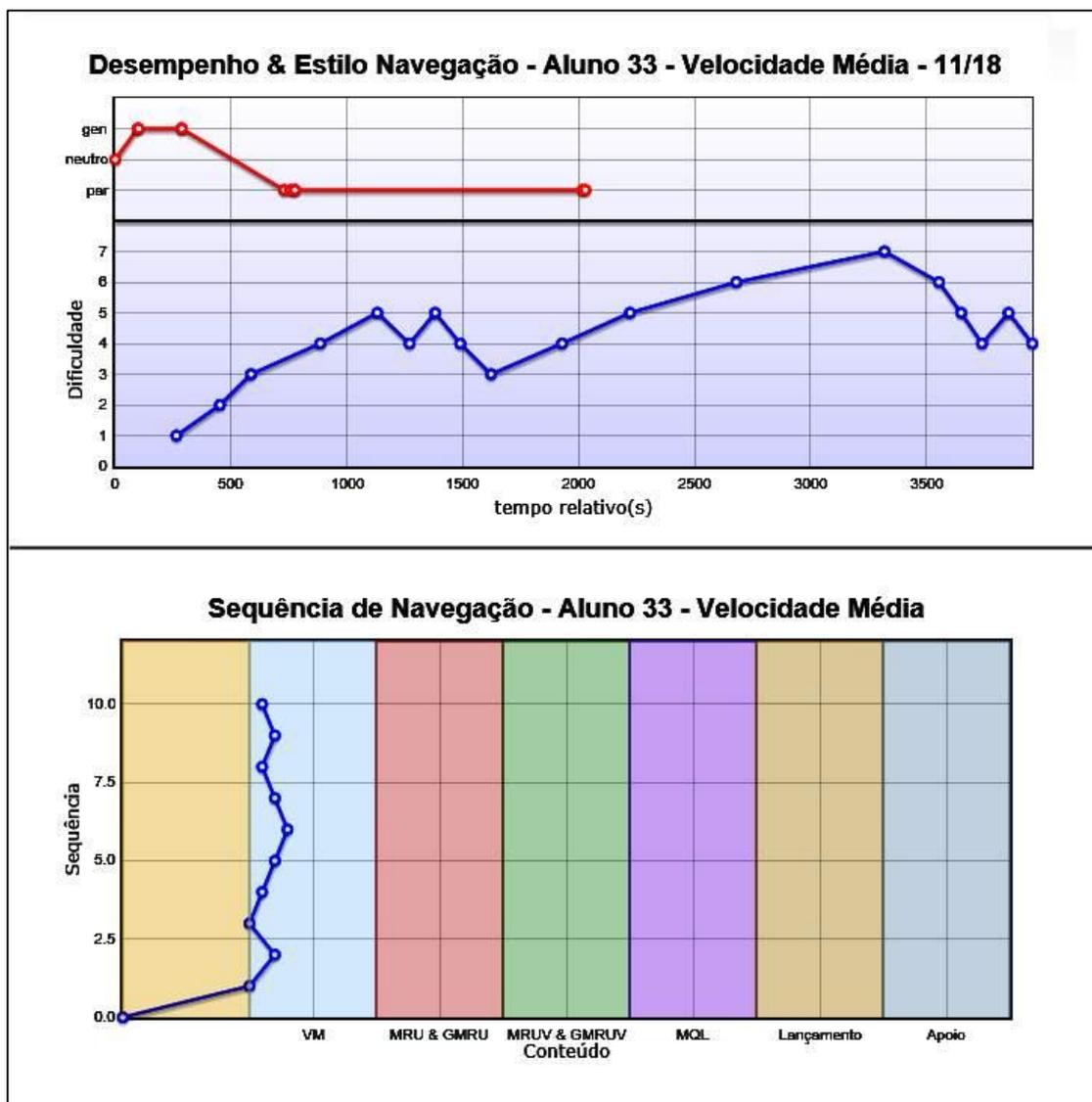


Figura 37: Gráfico DNAV e SNAV da Velocidade Média para o aluno 33.

Pela figura 37, vemos que o aluno utiliza a hipermídia como apoio ao seu conhecimento, pois possui um bom desempenho e tem navegação concentrada. Não podemos afirmar neste caso se houve disposição potencialmente significativa diante da hipermídia. Vemos que ele parou de consultar o material não por desistência, mas porque parou em determinada página que conseguia auxiliá-lo a partir do nível 5 de dificuldade.

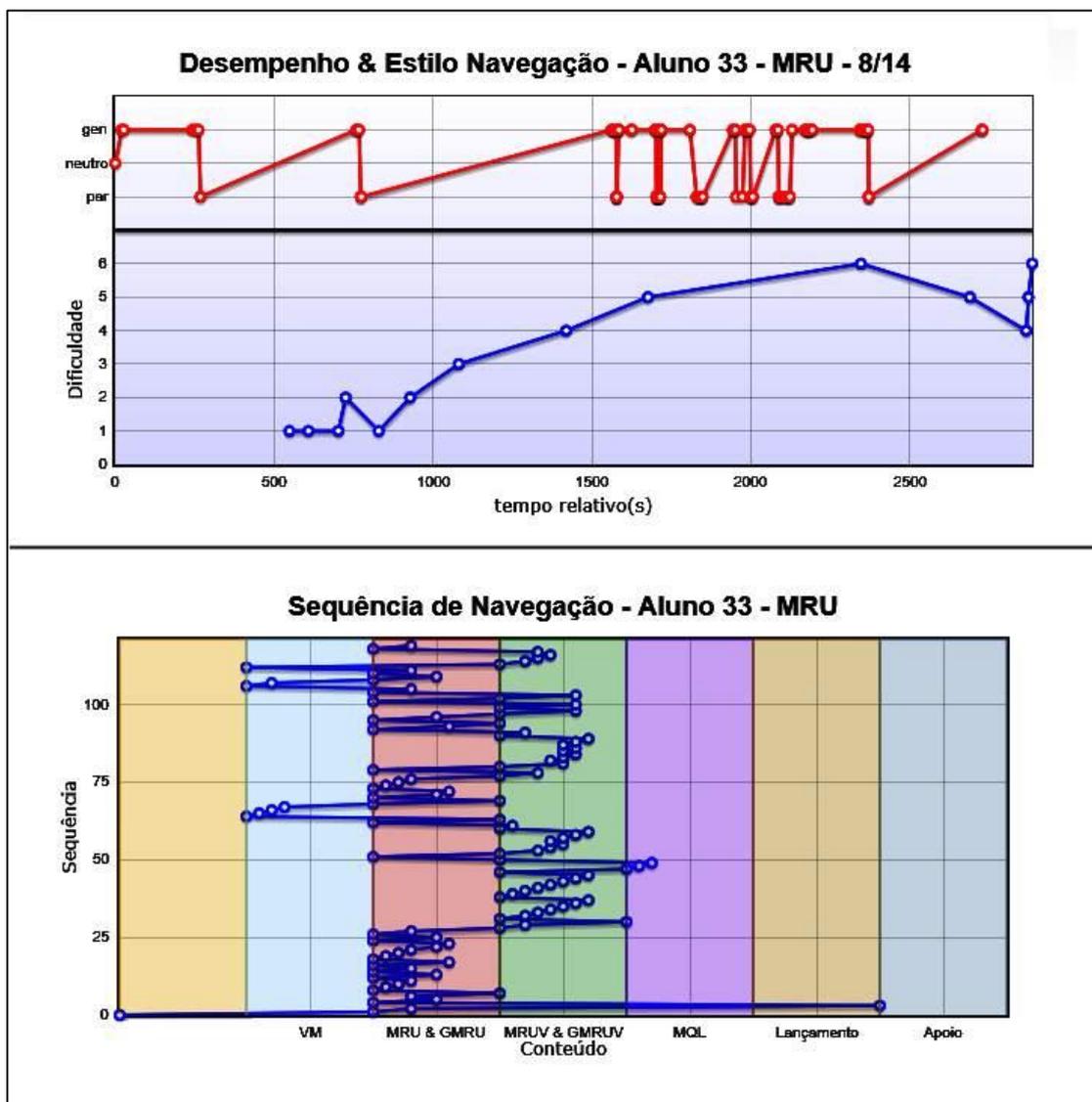


Figura 38: Gráfico DNAV e SNAV do MRU para o aluno 33.

Na figura 38, já podemos perceber a mudança do aluno referente ao tipo de navegação. Considerando o início ruim, temos indícios de uma navegação desorganizada. Apesar do avanço até a dificuldade 6, houve um recuo; logo, deveríamos nos concentrar nas questões de dificuldade 2, 5 e 6, nas quais o aluno mostra dificuldades. Na dificuldade 2, podemos inferir que como ocorreram diversos erros em reconhecer a relação linear entre a posição e o tempo, temos um breve momento em que o mesmo não conseguiu relacionar conceitualmente o significado dos termos que compõem a equação do movimento. Superada essa parte, o mesmo chega ao último nível errando as duas tentativas que fez. Pelo tempo utilizado para responder na primeira vez, podemos suspeitar de uma desistência na segunda tentativa, devido ao pouco tempo empregado para responder. Vemos neste aluno a dificuldade

em relacionar o movimento de dois móveis, problema já levantado pela literatura. Com isto podemos diagnosticar que este aluno precisa de um pouco mais de atenção ao estabelecer a equação do movimento e precisa de auxílio para resolver problemas que envolvam dois móveis.

É importante notar que o diagnóstico do conhecimento prévio é dependente do tipo de problema oferecido. Neste caso, temos uma limitação, pois nossos problemas foram construídos apenas em função da quantidade de operações que deveriam ser realizadas sobre o esquema (TCC) que representaria a velocidade constante. A análise poderia ser mais completa se os problemas fossem estrategicamente elaborados para verificar questões pontuais da matéria; como por exemplo, explorar a relação entre velocidade média com velocidade constante em trechos diferentes do movimento. Neste caso, não falaríamos de dificuldade da questão e sim sobre o entendimento conceitual destes dois tipos de movimento relacionados.

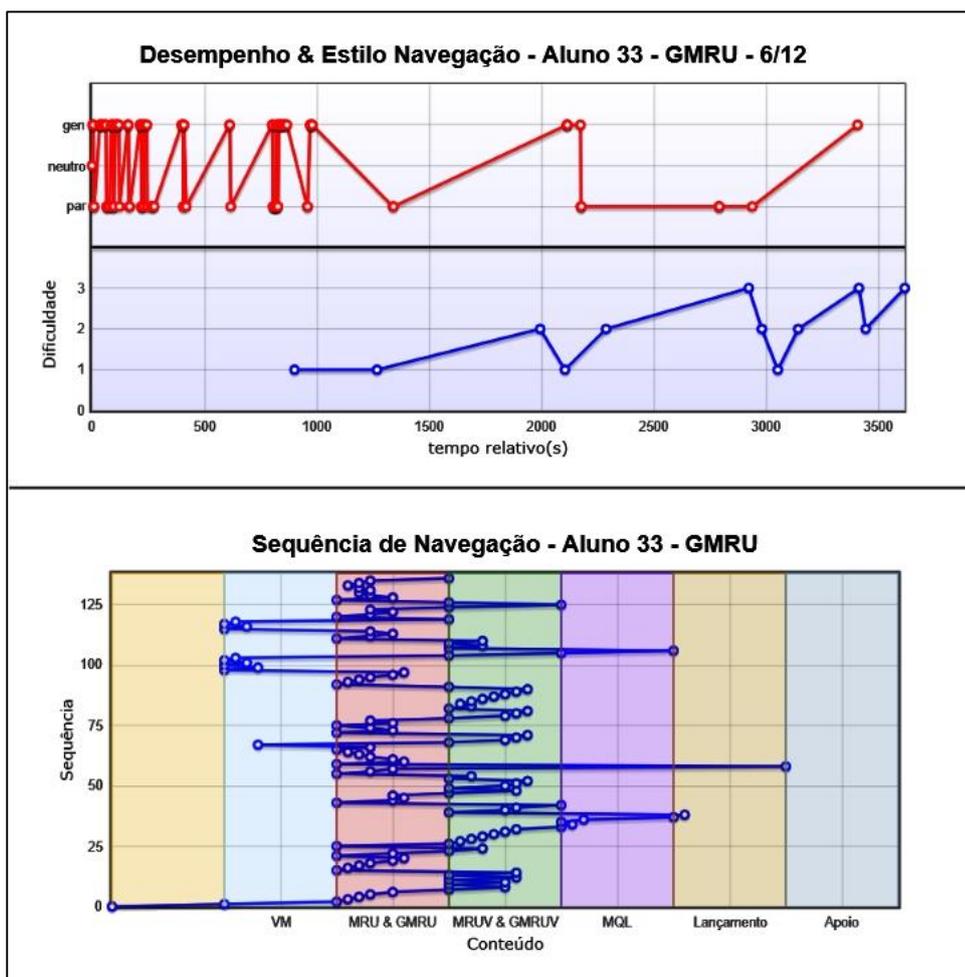


Figura 39: Gráfico DNAV e SNAV do Gráfico do MRU para o aluno 33.

Podemos ver na figura 39 que o aluno segue o mesmo padrão anterior, tendo em sua navegação generalizadora apenas um indicador de busca da informação que não possui. E agora vemos que o aluno de fato não consegue relacionar graficamente diferentes tipos de movimentos constantes em diferentes trechos. Antes, não tínhamos esta possibilidade, mas agora graficamente temos como estimar a dificuldade e o tipo conceitual do problema. Com o DNAV e SNAV de MRU e gráficos do MRU, temos condições de afirmar que o aluno tem alguma dificuldade em equacionar o tipo de movimento, em relacionar velocidade média em diferentes trechos do movimento e relacionar dois móveis juntos. Com este diagnóstico, teríamos todos os elementos necessários para adaptar um conteúdo necessário para atender às necessidades deste aluno, e, é claro, imaginando que houvesse um próximo encontro sobre MRU ou mesmo um atendimento a este aluno. Então, neste contexto, somos levados a entender que uma hipermédia tenha que ser adaptada pelo seu conteúdo e não por uma característica de navegação do aluno.

6. DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA HIPERMÍDIA ADAPTATIVA EM CINEMÁTICA

Com esta análise, podemos agora resumir os fundamentos para a construção de uma hipermissão adaptativa em cinemática. Cada tópico de nossa análise pode ser visto como diretrizes nas quais o pesquisador deve se apoiar com o objetivo de desenvolver a hipermissão na forma de um sistema que consiga se adaptar ao conhecimento do aluno e/ou diagnosticar o conhecimento prévio.

1. Os alunos tendem à navegação generalizadora quando estão conhecendo a hipermissão;
2. Os alunos tendem a se estagnar em determinado nível de dificuldade.
3. A interrupção da consulta ao material pode sugerir a dificuldade encontrada em determinado nível ou o apoio ao conhecimento que o aluno já possui.
4. A navegação concentrada pode indicar o uso da hipermissão como apoio ao conhecimento que o aluno já possui.
5. A navegação generalizadora pode representar uma aproximação significativa ao material ou a busca desorganizada da informação de alunos com baixo desempenho.
6. Se a intenção é a avaliação do conhecimento prévio, a adaptação fraca é suficiente.
7. Se a intenção é auxiliar na aprendizagem, devem ser programadas intervenções conceituais em 2, 3, 4 e 5.
8. O estilo de navegação é determinado pela dificuldade encontrada na resolução do problema.
9. O estilo cognitivo não pode ser determinado pela navegação na hipermissão.

Com estas diretrizes podemos agora ter uma noção mais clara de como deve ser programada uma hipermissão adaptativa em ensino de cinemática. Antes de tudo, deve ser considerado que aqui apenas usamos problemas fechados para a análise. Tendo em mente as diretrizes 1, 8 e 9, vamos começar quando o aluno interage com a hipermissão, e a mesma detecta o comportamento do aluno referente à diretriz 2. Se a intenção é o auxílio à aprendizagem (diretriz 7), a hipermissão deve estar pronta para realizar alguma adaptação. Pensando em uma abordagem conceitual, a intervenção ocorreria com a parada momentânea na exibição de problemas e a aplicação da proposta. Damos aqui como exemplo de proposta a mudança no conteúdo ou a exposição de um exemplo comentado. Para isso, cada questão apresentada ao aluno deve estar em um banco de dados, onde a informação referente ao

conteúdo e dificuldade possa ser usada pela hipermídia a fim de selecionar o conteúdo correspondente. Quando o aluno se sentir confortável com a exposição, ele seria novamente conduzido à realização dos problemas.

A mesma adaptação pode ocorrer ao ser detectado o evento da diretriz 3. No entanto, a hipermídia deve reconhecer em que nível de dificuldade o aluno está. Assim, ela pode avaliar se o que ocorreu é a desistência do aluno ou utilização da mesma para apoio de conhecimento. Nesta situação, ficaria a critério do pesquisador se aumentaria ainda mais a dificuldade das questões ou faria a exposição de um conteúdo mais avançado. Para verificar o uso da hipermídia como apoio ao conhecimento, pode ser usada a diretriz 4 em associação com a diretriz 3, aumentando a precisão da intervenção.

Outra forma de adaptação é a combinação da diretriz 2 e 5. Vimos que a navegação generalizadora pode estar associada à busca da informação. Neste caso, com os dados da questão será simples reconhecer o que o aluno está procurando. Neste caso específico, caberia uma adaptação na navegação, onde seria permitida apenas a navegação em determinados tópicos diretamente relacionados ao problema. A mesma adaptação utilizada ao detectar a diretriz 3 também poderia ser utilizada.

Se a intenção é a mensuração do conhecimento prévio, a adaptação fraca é suficiente para determinar o que o aluno precisa. Nesta situação, o cuidado a ser tomado é em relação à construção da dificuldade dos problemas, que devem intencionalmente refletir as etapas do aprendizado dos conceitos referentes à cinemática. O cuidado repousa no avanço gradual em relação à carga intrínseca observada dos conceitos.

7. CONCLUSÃO

A tese apresentou os fundamentos para a análise da carga cognitiva e a possibilidade de medida de conhecimento prévio, assim como para a construção de uma hipermídia adaptativa. Para isso, foram necessários dois estudos experimentais, fundamentados na literatura em HA e em resolução de problemas.

Apresentamos um relacionamento entre as HAs e a aprendizagem significativa. Também realizamos uma aproximação teórica entre a aprendizagem significativa e a TCC. Como um dos objetivos do estudo era analisar o estilo cognitivo associado à navegação, compatibilizamos o significado de estilo cognitivo para a aprendizagem significativa com o entendimento da literatura.

O estudo I teve também como referência a TCC, na qual fundamentamos a construção de problemas com dificuldades pré-estabelecidas, como abordagem para a medida de carga cognitiva. Verificamos a consistência em atribuir teoricamente uma dificuldade para os problemas, e também verificamos que estagnação dos alunos em determinados níveis de dificuldade. Não conseguimos realizar uma análise mais profunda na navegação dos alunos por conta dos poucos dados de navegação.

Para o estudo II, realizamos um estudo de caso para analisar o comportamento da navegação dos alunos diante da hipermídia, durante a resolução de problemas. Podemos perceber diversos aspectos interessantes, além de estabelecer um diálogo com a literatura em resolução de problemas, onde foi estabelecido paralelo com a literatura, além de expandir o entendimento de navegação generalizadora e a concentrada.

Outro ponto do estudo II foi a conclusão de que não conseguimos estabelecer uma ligação entre o padrão de navegação dos alunos e o estilo cognitivo. Ao analisar este resultado à luz da teoria da aprendizagem significativa, podemos entender melhor o próprio significado de estilo cognitivo, como um construto estável da estrutura cognitiva, como também seu papel dentro desta estrutura. Apontamos que é pouco consistente analisar um estilo cognitivo diretamente a partir dos dados da navegação dos alunos, uma vez que ambos não estão em contato direto. Pela teoria da assimilação, as novas informações são relacionadas aos subsunçores e não ao estilo cognitivo. Outro fator que impede a relação direta é o fato de que a dificuldade imposta por determinado problema faz com que o aluno altere o seu tipo de

navegação. No entanto, mesmo não relacionando navegação e estilo cognitivo, foi possível observar alguns padrões apresentados pelos alunos no que diz respeito à navegação, isto é, a navegação generalizada e concentrada atendem a necessidades mais imediatas dos alunos. Isto significa que a dinâmica imposta pelo auxílio da hipermídia faz com que os alunos sejam mais influenciados pela dificuldade das questões do que um construto estável na estrutura cognitiva.

Até o início deste trabalho havia a intenção de construir uma hipermídia adaptativa completa. No entanto, com o desenvolvimento dos estudos vimos como é grande o trabalho associado às HAs como um todo; ou seja: relacionar com uma teoria, construir a hipermídia e analisar resultados. A construção da hipermídia leva muito tempo; por essa razão, ganhamos como conhecimento o fato de que a preparação da hipermídia deve ser muito bem planejada. Conseguimos elucidar diversos aspectos do processo de busca da informação de alunos em uma situação de resolução de problemas auxiliados por computador.

A ideia era buscar os fundamentos necessários para relacionar a área das HAs com a aprendizagem significativa, e assim formular uma discussão com relação ao conhecimento prévio. No entanto, vimos ao longo da análise que existe um potencial muito grande da HA em expandir seus propósitos, isto é, além de utilizar como medida de conhecimento prévio, também pode ser usada como auxílio à aprendizagem. Embora a questão do auxílio à aprendizagem não fosse o objetivo primário do estudo, resolvemos mostrar como ele poderia ocorrer em uma situação de ensino de cinemática. Tendo esta questão de fundo, ficou evidente que também pensamos na construção de uma futura hipermídia adaptativa em cinemática. Tanto que, se olharmos com atenção os fundamentos desenvolvidos, veremos que existem diretrizes que apontam o “como adaptar”.

Durante a elaboração e realização dos estudos nos apropriamos de algumas discussões importantes, tal como a utilização de problemas fechados e a diferenciação de problemas e exercícios. Preocupamo-nos em deixar clara a preferência pelos problemas fechados; no entanto, é quase automático pensar em por que, mesmo com as dificuldades computacionais apresentadas, não desenvolver uma hipermídia com problemas abertos. Poderíamos ficar muito tempo nesta discussão, uma vez que cada hipermídia serve a um determinado propósito, ou seja, a hipermídia que se cria serve a uma metodologia específica, dependendo da pergunta que está sendo feita e como se pretende respondê-la. A diferenciação

de problemas e exercícios foi necessária devido à escolha por problemas fechados, pela sua natureza e da forma como foram utilizados.

Como não estabelecemos a ligação entre a navegação e um construto estável da estrutura cognitiva dos alunos, que é o estilo cognitivo, convém imaginarmos que, na situação posta, podemos utilizar outros métodos de adaptação. Vimos que uma hipermídia com adaptação fraca atende a propósitos bem pontuais, mas numa situação complexa de aprendizagem a adaptação no conteúdo deve ser considerada. Logo, tanto podemos preservar alunos em dificuldade no conteúdo, como também aumentar o grau de especificidade da matéria para alunos com melhor desempenho. Com isso, um próximo estudo, poderia utilizar a adaptação no conteúdo tomando como parâmetro de adaptação o desempenho do aluno.

Obviamente a discussão não se encerra por este trabalho. O estudo aplicado em cinemática favoreceu a abordagem matemática, no entanto, uma próxima pesquisa poderia realizar uma aproximação mais conceitual do conteúdo. Em nossa análise, constatou-se que há necessidade de restringir o conteúdo abordado para uma verificação do conhecimento prévio mais precisa. No entanto, ao restringir o conteúdo podemos também restringir a análise da navegação generalizadora ou concentrada. Em que medida a restrição de conteúdo influencia a análise da navegação deve ser mais bem compreendida, ficando como sugestão para um novo trabalho.

8. BIBLIOGRAFIA

- ALFONSECA, E.; RODRÍGUEZ, P.; PÉREZ, D. An approach for automatic generation of adaptive hypermedia in education with multilingual knowledge discovery techniques. *Computers & Education*, v. 49, p. 495-513, 2007.
- ALVES-MAZZOTTI, A.J. Usos e abusos dos estudos de caso. *Cadernos de Pesquisa*. v.36, n.129, p.637-651, set/dez, 2006.
- AKBULUT, Y.; CARDAC, C. S. Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011. *Computers & Education*, v.58, n.2, p.835-842, 2012.
- ANGOTTI, J. A. P. Desafios para a formação presencial e a distância do físico educador. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 2. P. 143-150, 2006.
- ANDAROLO, G.; BELLOMONTE, L.; SPERANDEO-MINEO, R. M. A computer-based diagnostic tutor for average velocity. *Computers.& Education*. v.17, n.3, pp. 227-233, 1991
- ARAUJO, I. S. *Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de física geral*. Tese (Doutorado em ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.
- ARTINO Jr, A. R. Cognitive load theory and the role of learner experience: an abbreviated review for educational practitioners. *AACE Journal*, v. 16, n. 4, p. 425-439, 2008.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Americana LTDA, 1980. 615 p.
- AUSUBEL, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht, NL: Kluwer Academic Publishers, 2000. 232 p.
- BADDELEY, A. D. Is working memory still working? *European Psychologist*, v.7, n.2, p.85-07, 2002.
- BAKER, F. B. *The basics os item response theory*. New York: ERIC Clearinghouse, 2001. 172 p.
- BOLACHA, E; AMADOR, F.; Organização do conhecimento, construção de hiperdocumentos e ensino das ciências da terra. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 1, p. 31-52, 2003.
- BRÜNKEN, R.; SEUFERT, T.; PAAS, F. Measuring Cognitive Load. In: PLASS, J. L.; MORENO, R.; BRÜNKEN, R. (Org(s)). *Cognitive Load Theory*. New York: Cambridge University Press, 2010. p. 181-202.
- BRUSILOVSKY, P. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction. Special issue on adaptive hypertext and hypermedia*, Dordrecht, v. 6, n. 2-3, 1996.

_____ Adaptive Educational Hypermedia: From generation to generation (Invited talk). Proceedings of 4th Hellenic Conference on Information and Communication Technologies in Education, Athens, Greece, September 29 - October 3, 2004, pp.19-33.

BRUSILOVSKY, P.; PESIN, L. Adaptive navigation support in educational hypermedia: An evaluation of the ISIS-Tutor. *Journal of Computing and Information Technology*, v.6, n.1, p.27-38, 1998.

BUCHWEITZ, B.; AXT, R. *Questões de Física 1*. Porto Alegre: Sagra-dc Luzzato, 1996. 176 p.

BUGAY, E. L. *O Modelo AHAM-MI: modelo de hipermídia adaptativa utilizando inteligências múltiplas*. Tese (Doutorado em engenharia da produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

BUTELER, L.; COLEONI, E. El conocimiento físico intuitivo, la resolución de problemas em física y el lugar de las ecuaciones matemáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 4355-452, 2012.

CABRAL DA COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Resolução de Problemas II: propostas de metodologias didáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 2, n.1, p. 5-26, 1997a.

_____ Resolução de Problemas III: fatores que influenciam na resolução de problemas em sala de aula. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 65-104, 1997b.

_____ Resolução de Problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 176-192, 1996.

_____ O Papel da Modelagem Mental dos Enunciados na Resolução de Problemas em Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 1, n. 1, 2002.

CALCATERRA, A.; ANTONIETTI A.; UNDERWOOD, J. Cognitive Style, hypermedia navigation and learning. *Computers & Education*, v.44, p. 441-457, 2005.

CALVI, L.; De BRA, P. A flexible hypertext courseware on the web based on a dynamic link structure. *Interact with Computers*, v.10, p. 143-154, 1998.

CHANG, Y.C.; KAO, W.Y.; CHU, C.P.; CHIU, C.H. A learning style classification mechanism for e-learning. *Computers & Education*, v. 53, p. 273-285, 2009.

CHONG, T. S. Recent advances in cognitive load theory research: implications for instructional designers. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology*, v. 2, n. 3, p. 106-117, 2005.

COOK, T.D.; REICHARDT, CH. S; *Métodos Cualitativos y Cuantitativos en Investigación Evaluativa*. Madrid: Ediciones Morata S. L., 2000. 228p.

COOK, A.; ZHENG, R.; BLAZ, J. W. Measurement of cognitive load during multimedia learning activities. In: ___ *Cognitive effectiveness of multimedia learning*. Hershey, PA: Information Science Reference/IGI Global Publishing, 2008. p. 34-50.

CRESS, U; KNABEL, O. B. Previews in hypertexts: effects on navigation and knowledge acquisition. *Journal of Computer Assisted learning*, v. 19, n. 4, p. 517-527, 2003.

DAMANDO, F. S.; GUEDES, L. G. R.; MARTINS, W.; RIBEIRO, L. Ferramenta Avaliativa Dinâmica a partir da Teoria de Resposta ao Item. In: I Encontro Regional em Modelagem e Análise Computacional de Sistemas, Goiânia, 2004.

DANCEY, C. P; REIDY, J. *Estatística sem Matemática para Psicologia: usando SPSS para Windows*. Porto Alegre: Artmed, 2006. 608 p.

DIOGO, R. C; GOBARA S. T. Um ambiente virtual para a aprendizagem de conceitos sobre ondas sonoras: concepção e primeiras análises. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v.16, n.2, p. 23-36, 2008.

FILHO, J. B.; SILVA D. Buscando um sistema de avaliação contínua: ensino de eletrodinâmica no nível médio. *Ciência & Educação*, v.8, n.1, p. 21-38, 2002.

FIORINA, L.; ANTONIETTI, A.; COLOMBO, B.; BARTOLOMEO, A. Thinking style, browsing primes and hypermedia navigation. *Computers & Education*, v. 49, p. 916-941, 2007.

GASPAR, A. *Física. Mecânica*. v. 1, 2002, 1ª Ed. Ática, 384 p.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de Vygotsky: implicações no ensino de ciências, *Investigações em Ensino de Ciências*, v.17, n.1, p. 59-79, 2012.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo, 1999, SP: Atlas, 201 p.

GIL-PEREZ, D., MARTINEZ-TORREGROSA, J., RAMIREZ, L., DUMAS-CARRÉ, A., GOFARD, M. & CARVALHO, A.M.P. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.9, n.1, 7-19, 1992.

GOBARA, S. T.; ROSA, P. R. S.; PIUBÈLI, U. G.; BONFIM, A. K. Estratégias para utilizar o programa Prometeus na alteração das concepções em Mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.24, n.2, p.134-145, 2002.

GOGOULOU, A; GOULI, E; GRIGORAIDOU, M; Adapting and personalizing the communication in a synchronous communication tool. *Journal of Computer Assisted learning*, v. 24, n. 3, p. 203-216, 2008.

HILGER, T. R. ; OLIVEIRA, A.M.M. ; MOREIRA, M.A. . Relación de los estudiantes en las clases experimentales de Física General con la Uve epistemológica de Gowin, en contraposición al informe tradicional. *Latin American Journal of Physics Education*, v. 5, p. 256-266, 2011.

HUANG, S.L.; YANG, C.W. Designing a semantic bliki system to support different types of knowledge and adaptive learning. *Computers & Education*, v. 53, p. 701-712, 2009.

JUNIOR, W. E. F.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. A dinâmica de resolução de problemas: analisando episódios em sala de aula, *Ciências & Cognição*, v. 13, n.3, p.82-99, 2008.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Habilidades Técnicas Versus Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.2, n.2, p.181-205, jul. 2009.

KALYUGA, S. Schema Acquisition and Sources of Cognitive Load. In: PLASS, J. L.; MORENO, R.; BRÜNKEN, R. (Org(s)). *Cognitive Load Theory*. New York: Cambridge University Press, 2010. p. 29-47.

KALYUGA, S.; CHANDLER, P.; SWELLER, J. Managing split-attention and redundancy in multimídia instruction. *Applied cognitive Psychology*, v. 13, p. 351-371, 1999.

KAWASAKI, E. I.; OMAR, N.; FERNANDEZ, C. T. Um modelo de sistema de tutoria inteligente baseado em princípios pedagógicos para a educação de adultos. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 11., 2000, Maceió. *Anais*. Maceió, 2000.

KELLY, D.; TANGNEY, B. Adapting to intelligence profile in an adaptive education system. *Interact with Computers*, v. 18, p. 385-409, 2006.

KOCH, N.; ROSSI, G. Patterns for adaptive Web applications. On-line. Disponível na Internet em: <<http://www.pst.informatik.uni-muenchen.de/personen/kochn/EuroPlop2002-Koch.pdf>>, Acessado em 1 de junho de 2013.

KOZHENIKOV, M. Cognitive styles in the context of modern psychology: toward an integrated framework of cognitive style. *Psychological Bulletin*, v.133, n.3, 464-481, 2007.

LAGANÁ, C.. Estudos de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.33, n.3, 3302, 2011.

LEE, Y.J.; PALAZZO, D. J.; WARNAKULASOORIYA, R.; PRITCHARD, D. E. Measuring student learning with item response theory. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, v.4, 2008.

LEE, C. H. M.; CHENG Y. W.; RAI, S.; DEPICKERE, A. What affect student cognitive style in the development of hypermedia learning system?. *Computers & Education*, v.45, p. 1-19. 2005.

LILLEY, M.; BARKER, T.; BRITTON, C. The development and evaluation of a software prototype for computer-adaptive testing. *Computers & Education*, v. 43, n. 9, p. 109-123, 2004.

LIN, C.B.; YOUNG, S. S.C.; CHAN, T.W.; CHEN, Y.H. Teaching-oriented adaptive Web-based environment for support practical teaching models: a case study of “school for all”. *Computers & Education*, v.44, p. 155-172, 2005.

LIU, L.; HMELO-SILVER, C. E. Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 9, p. 1023-1040, 2009.

LUCERO I.;CONCARI S.;POZZO R. El análisis cualitativo em la resolución de problemas de física y su influencia em el aprendizaje significativo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 1, p. 85-96, 2006.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.28, n.4, p. 473-485, 2006.

MACHADO, D. I.; SANTOS, P. L. V. A. C. Avaliação da hipermídia no processo de ensino e aprendizagem da física: o Caso da Gravitação. *Ciência & Educação*, v.10, n.1, p. 75-100, 2004.

MAMPADI, F.; CHEN, S. Y.; GUINEA, G.; CHEN, M. Design of adaptive hypermedia learning systems: A cognitive style approach. *Computers & Education*, v.56, p. 1003-1011, 2011.

MAMPADI, F. Assessing Acceptance of Adaptive Educational Hypermedia Systems: Prior Knowledge VS. Cognitive Styles. *International Journal of Computer Science Issues*. v.9, n.4, p. 62-70, 2012.

MAMPADI, F.; MOKOTEDI, P. A. Towards Effective Combination of Prior Knowledge and Cognitive Styles in Adaptive Educational Hypermedia Systems. *International Journal of Computer Science Issues*. v.7, n.3, p. 11-18, 2012.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. *Física* v.1. São Paulo: Scipione, 2010. 400 p

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, v. 63, p. 81–97, 1956.

MITCHELL, T. J. F., CHEN, S. Y., & MACREDIE, R. D. Cognitive styles and adaptive web-based learning. *Psychology of Education Review*, v.29, n.1, p.34–42, 2005a.

MITCHELL, T. J. F., CHEN, S. Y., & MACREDIE, R. D. Hypermedia learning and prior knowledge: domain expertise VS system expertise. *Journal of Computer Assisted Learning*, v.21, n.1, p.53–64, 2005b.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 2004.

MORENO, R.; PARK, B. Cognitive Load Theory: Historical Development and Relation to Other Theories. In: PLASS, J. L.; MORENO, R.; BRÜNKEN, R. (Org(s)). *Cognitive Load Theory*. New York: Cambridge University Press, 2010. p. 181-202.

NOGUEIRA, J. S.; RINALDI, C.; FERREIRA, J. M.; PAULO, S. R. Utilização do Computador como instrumento de ensino: Uma perspectiva da Aprendizagem Significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 4, p. 517-522, Dezembro 2000.

OLIVEIRA, A. M. M.; MOREIRA, M. A. O que são hipermídias adaptativas e como relacioná-las com a teoria da aprendizagem significativa. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v.3, n.3, p. 13-28, 2013.

OREAR, J. Física Programada. Rio de Janeiro: LTC, 1972.

PAAS, F.; RENKL, A.; SWELLER, J. Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, v. 38, p. 1-4. 2003.

PALAZZO, L. A. M. *Modelos Proativos para Hipermídia Adaptativa*. 2000. 114 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

_____*Sistemas de Hipermídia Adaptativa*. Disponível em: <<http://ia.ucpel.tche.br/~lpalazzo/Aulas/IWS/m08/Recursos/hiperpdf.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2008a.

_____*Sistemas de Hipermídia Adaptativa*. Disponível em: <<http://ia.ucpel.tche.br/~lpalazzo/sha/sha.htm>>. Acesso em: 09 out. 2008b.

PALOUCCI, R. The effects of cognitive style and knowledge structure on performance using a hypermedia learning system. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, v7, p. 123-150. 1998.

PARANÁ, D. N. *Física*. São Paulo: Editora Ática, 2005. 400 p.

PAPANIKOLAU, K. A.; GRIGORIADOU, M.; MAGOULAS, G. D.; KORNILAKIS, H. Towards new forms of knowledge communication: the adaptive dimension of a web-based learning environment. *Computers & Education*, v.39, p. 333-360, 2002.

PASK, G. Styles and strategies of learning.. *Educacional Psychology*, v. 2, p.128-148, 1976.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no ensino da física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 3, p.229-253, 1997.

PIETROCOLA, M A matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.19, n.1, 89-109, 2002.

POLLOCK, E.; CHANDLER, P.; SWELLER, J. Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12, p. 61-86, 2002.

REZENDE, F.; BARROS, S. S. Students' navigation patterns in the interaction with a mechanics hypermedia program. *Computers & Education*, v. 50, p. 1370-1382, 2008.

REZENDE, F.; GARCIA, M. A. C; COLA, C. S. D Desenvolvimento e avaliação de um sistema de hipermídia que integra conceitos básicos de mecânica, biomecânica e anatomia humana. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 2, p. 239-259, 2006.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. FERRAZ, G. Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, 1402-1402, 2009.

RIDING, R. J.; SADLER-SMITH, E. Cognitive style and learning strategies: some implications for training design. *International Journal of Training and Development*, v. 1, n. 3, p. 199-208, 1997.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. *Física* volume único. São Paulo: Atual, 2005. 472 p.

SKINNER, B.F. *Tecnologia do Ensino*. São Paulo: Herder, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1972, 260p.

SILVA, M. S. *Criando sites com HTML: sites de alta qualidade com HTML e CSS*. São Paulo: Novatec, 2008. 431 p.

SOARES, W. *PHP5: Conceitos, programação e integração com banco de dados*. São Paulo: Editora Érica, 2004. 523 p.

SOUTO, M. A. M.; OLIVEIRA, J. P. M.; VICCARI, R. M.; MADEIRA, M. J. P.; DIEHL, E. K.; WAINER, R.; VERDIN, R. Modelo de Ensino na Internet Baseado em Estilos Cognitivos de Aprendizagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 11., 2000, Maceió. Maceió, 2000.

SOUTO, M. A. M.; VERDIN, R. ; WAINER, R. ; MADEIRA, M. ; WARPECHOWSKI, M. ; BESCHOREN, K. ; ZANELLA, R. ; VICCARI, R. M. ; OLIVEIRA, J. P. . Towards an Adaptive Web Training Environment Based on Cognitive Style of Learning: an Empirical Approach. In: AH'2002 - 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web Based Systems, 2002, Malaga. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, proceedings. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2002. p. 338-347.

SOUZA, C. A.; BASTOS, F. P.; ANGOTTI, J. A. P. Resolução de problemas de física mediada por tecnologias. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 310-339, ago. 2008.

STRUCHINER, M.; RICCIARDI, R. M. V.; GIANELLA, T. R. Construção e reconstrução de um sistema hipermídia sobre anticorpos monoclonais com base na estrutura cognitiva do especialista de conteúdo. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 3, p. 247-260, 2006.

SWAAK, J; JONG, T; JOOLINGEEN, W. R. The effects of discovery learning and expository instruction on the acquisition of definitional and intuitive knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 20, n. 4, p. 225-234, 2004.

SWELLER, J. Cognitive Load during problem solving: effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, p. 257-285, 1988.

SWELLER, J.; CHANDLER, P. Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, ano 12, n. 3, p. 185–233, 1994.

SWELLER, J. Cognitive Load Theory: Recent Theoretical Advances. In: PLASS, J. L.; MORENO, R.; BRÜNKEN, R. (Org(s)). *Cognitive Load Theory*. New York: Cambridge University Press, 2010. p. 29-47.

TABATABAI, M., Investigation of decision making process: a hypermedia approach. *Interacting with Computers*, 9, p. 385-396, 1998.

TAROUCO, L. M. R.; CUNHA, S. L. S. Aplicações de teorias cognitivas ao projeto de objetos de aprendizagem. *Novas Tecnologias na Educação*, v. 1, n. 2, 2006.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: SP: Atlas, 1987. 175 p.

TSENG, J. C.R.; CHU, H.C.; HWANG, G.J.; TSAI, C.C. Development of an adaptive learning system with two sources of personalization information. *Computers & Education*, v.51, p. 776-786, 2008.

VICCARI, R. M.; GIRAFFA, L. M. M. Fundamentos dos sistemas tutores inteligentes. In: BARONE, D. A. C. (Org.). *Sociedades Artificiais: A nova fronteira da inteligência das máquinas*. Porto Alegre: Bookman, 2003. P.155-208.

VICCARI, R. M.; SOUTO, M. A. M. ; OLIVEIRA, J. P. M. ; DIEHL, E. ; MADEIRA, M.; VERDIN, Regina ; WAINER, R. ; ENGLER, S. . Modelo de Ensino Adaptativo na Internet baseado em Estilos Cognitivos de Aprendizagem . In: XI Simpósio de Informática na Educação, 2000, Maceió. XI Simpósio de Informática na Educação, 2000. p. 205-211.

WALSH, L. N.; HOWARD, R. G.; BOWE, B. Phenomenographic study of students' problem solving approaches in physics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, v. 3, 2007.

WATIKINS, J; AUGUSTI, A.; CALCERLEY, G Evaluation of a physics multimedia resource. *Computers Education*, 12, n. 3, p. 165-177, 1997.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. ed., Porto Alegre: Bookman, 2010, 248 p.

APÊNDICE A – Material de Consulta do Estudo I

Este conteúdo foi desenvolvido para auxiliar os alunos durante a resolução das questões da hipermídia. Cada conteúdo pertence a um link diferente da hipermídia.

Página de introdução

Material de Consulta

O presente material foi desenvolvido para auxiliar os alunos que possuem dificuldades nos exercícios de física. Você pode consultá-lo quantas vezes quiser sempre que julgar necessário.

Para consultar o material clique nos links do menu que fica no topo e no pé de cada página.

Página da velocidade média

Velocidade Média

Nesta seção apresentaremos o conceito de velocidade de forma simplificada.

Suponha que um automóvel em uma estrada percorra 400 quilômetros em 8 horas. Pode-se afirmar que, em média, ele percorreu 50 quilômetros a cada hora ou, então, que sua **velocidade média** (V_m) no percurso foi de 50 quilômetros por hora:

$$V_m = 50 \text{ quilômetros por hora} = 50 \text{ km/h}$$

De modo geral, sendo **d** a **distância percorrida** (ou **espaço percorrido**) por um corpo num **intervalo de tempo** Δt , a velocidade média do corpo, nesse intervalo de tempo, é dada por:

$$V_m = \frac{d}{\Delta t}$$

Assim, no exemplo anterior, temos:

d = distância percorrida = 400 km

Δt = intervalo de tempo = 8 horas = 8 h

Portanto, a velocidade média do automóvel nesse intervalo de tempo é:

$$V_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{400\text{km}}{8\text{h}} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 50\text{km/h}$$

Observação

Ao calcularmos a velocidade em um percurso, devemos incluir no intervalo de tempo total os intervalos de tempo correspondentes às eventuais 'paradas' durante o percurso.

Além da velocidade média, existe também a **velocidade instantânea** (v) que indica qual é a velocidade do corpo naquele exato instante. No caso do automóvel, o velocímetro (fig. 1) indica a velocidade instantânea do automóvel. Assim, se o ponteiro do velocímetro marcar 80 km/h, significa que, nesse instante, a velocidade é 80 km/h. Se o automóvel mantivesse sua "rapidez", a cada hora percorreria 80 km.



Figura 1.

Movimento Uniforme

De modo geral, a velocidade de um automóvel durante uma viagem dificilmente se mantém constante. Porém, **se em algum momento do percurso a velocidade instantânea se mantiver constante**, a velocidade média naquele percurso (V_m) será igual a velocidade instantânea (v):

$$V = V_m = \frac{d}{\Delta t}$$

Quando um corpo se movimenta com velocidade instantânea constante, dizemos que seu movimento é uniforme.

UNIDADES

Grande parte das leis da física são descritas através de equações que envolvem grandezas como **posição**, **velocidade** e **tempo**. Por essa razão a unidade de medida utilizada em cada grandeza deve ser muito bem analisada. De acordo com o **Sistema Internacional de Unidades (SI)**, algumas unidades oficiais básicas de medida são:

Tabela 1 Algumas unidades básicas do SI		
Grandeza	Unidades	
	Nome	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s

Unidades de tempo

Como é visto na tabela 1, a unidade de tempo no SI é o **segundo**. No entanto, dependendo da situação, é bem comum usar outras unidades de tempo tal como o minuto, a hora ou o dia. Na tabela 2 vemos como realizar a transformação de algumas unidades em segundos:

Tabela 2 Outras unidades de tempo		
Nome	Símbolo	Valor em unidade SI
minuto	min	1 min = 60 s
hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
dia	d	1 d = 24 h = 1 440 min = 86 400 s

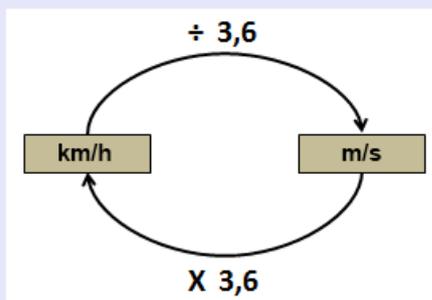
Unidades de comprimento

A unidade de comprimento do SI é o **metro**, cujo símbolo é m. Da mesma forma que o tempo, existem outras unidades de comprimento derivadas do metro. Na tabela 3 vemos como realizar algumas transformações de unidades de comprimento para o metro.

Tabela 3 Outras unidades de comprimento		
Nome	Símbolo	Valor em unidade SI
quilômetro	km	1 km = 1 000 m
centímetro	cm	1 cm = 0,01 m
milímetro	mm	1 mm = 0,001 m

Unidades de velocidade

No SI a unidade de velocidade é o **metro por segundo**, cujo símbolo é **m/s**. Dizer que um automóvel está com uma velocidade de **10 m/s** significa que **a cada segundo ele percorre 10 metros**. No entanto, estamos acostumados a ver os velocímetros dos automóveis utilizar a unidade **quilômetro por hora (km/h)**. Como essas duas unidades são muito comuns, existe um procedimento para facilmente transformar km/h em m/s. Como 1 km é igual a 1000 m (tabela 3) e 1 h é igual a 3600 s (tabela 2), podemos realizar a seguinte transformação:



Portanto temos:

$$1 \text{ km/h} = \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{1}{3,6} \text{ m/s}$$

Por exemplo:

$$36 \text{ km/h} = \frac{36 \text{ m/s}}{3,6} = 10 \text{ m/s}$$

$$5 \text{ m/s} = 5 (3,6) \text{ km/h} = 18 \text{ km/h}$$

ARITMÉTICA

Como resolver equações aritméticas

Uma equação aritmética é aquela equação que envolve somente números. Quando a expressão aritmética envolver **adição e subtração** podemos resolver o que vir primeiro, da esquerda pra direita. Por exemplo:

$$\begin{array}{r} 5 - 10 + 12 = \\ \underbrace{\quad\quad\quad} \\ -5 + 12 = \\ \underbrace{\quad\quad\quad} \\ 7 \end{array}$$

Em uma equação aritmética que envolve as operações de adição, subtração, multiplicação e divisão, devemos obedecer a seguinte ordem::

1.º) Multiplicação e divisão;

2.º) Adição ou subtração

Portanto, resolvendo o seguinte exemplo temos:

$$\begin{array}{r} 8 - \frac{10}{2} + 12 \cdot 3 + 1 = \\ \underbrace{\quad\quad\quad} \quad \underbrace{\quad\quad\quad} \\ 8 - 5 + 36 + 1 = \\ \underbrace{\quad\quad\quad} \quad \underbrace{\quad\quad\quad} \\ 3 + 37 = 40 \end{array}$$

Equações aritméticas com números negativos

Para resolver equações aritméticas que envolvem números negativos é necessário seguir algumas regras de sinal, conforme a tabela abaixo:

+	•	+	=	+
+	•	-	=	-
-	•	+	=	-
-	•	-	=	+

Assim, podemos resolver as equações da seguinte forma:

$$\begin{array}{r} 9 + (-5) = \\ \underbrace{\quad\quad\quad} \\ 9 - 5 = \\ 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} (+4) \cdot (-6) = -24 \\ (-3) \cdot (-5) = +15 \end{array}$$

APÊNDICE B – Conteúdo da Hipermídia Modificada para o Estudo II

Velocidade Média Escalar

Vamos apresentar o conceito de velocidade de forma simplificada.

Suponha que um automóvel em uma estrada percorra 400 quilômetros em 8 horas. Pode-se afirmar que, em média, ele percorreu 50 quilômetros a cada hora ou, então, que sua **velocidade média escalar** (V_m) no percurso foi de 50 quilômetros por hora:

$$V_m = 50 \text{ quilômetros por hora} = 50 \text{ km/h}$$

De modo geral, sendo Δd a **distância percorrida** (ou **espaço percorrido**) por um corpo num **intervalo de tempo Δt** , a velocidade média escalar do corpo, nesse intervalo de tempo, é dada por:

$$V_m = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

Assim, no exemplo anterior, temos:

$$\Delta d = \text{distância percorrida} = 400 \text{ km}$$

$$\Delta t = \text{intervalo de tempo} = 8 \text{ horas} = 8 \text{ h}$$

Portanto, a velocidade média escalar do automóvel nesse intervalo de tempo é:

$$V_m = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{400 \text{ km}}{8 \text{ h}} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 50 \text{ km/h}$$

Observação

Ao calcularmos a velocidade média escalar em um percurso, devemos incluir no intervalo de tempo total os intervalos de tempo correspondentes às eventuais 'paradas' durante o percurso.

Além da velocidade média, existe também a **velocidade instantânea** (V) que indica qual é a velocidade do corpo naquele exato instante. No caso do automóvel, o velocímetro (fig. 1) indica a velocidade instantânea do automóvel. Assim, se o ponteiro do velocímetro marcar 80 km/h, significa que, nesse instante, a velocidade é 80 km/h. Se o automóvel mantivesse sua 'rapidez', a cada hora percorreria 80 km.



Figura 1: Velocímetro de um carro.

A tabela a seguir mostra alguns valores aproximados de **velocidade média escalar**:

Descrição	Velocidade (m/s)
Lesma	0,001
Prova de 100 m rasos	10
Som no ar à temperatura ambiente	330
Bala de rifle	700

DISTÂNCIA PERCORRIDA

Nas rodovias é comum a existência de marcos indicando a posição em relação ao seu início (**espaço**). Na figura abaixo, o marco indica que aquele ponto está a uma distância de 113 quilômetros do seu início.



Marco quilométrico ao lado da estrada.

Em um determinado **intervalo de tempo**, para medir a **distância percorrida** por um automóvel, basta anotarmos a indicação de dois marcos sucessivos (**espaço inicial** e **espaço final**).



Distância percorrida por um automóvel ao longo de uma estrada.

Assim, analisando a figura acima, vemos que o carro percorreu uma distância de 30 km em 10 minutos. Ou seja, para calcular a distância percorrida, devemos subtrair o valor do espaço inicial do valor do espaço final.

$$\Delta d = S_1 - S_0$$

INTERVALO DE TEMPO

O tempo serve para que possamos ordenar eventos em sequência. Quando um determinado fenômeno se repete podemos usá-lo como referência de tempo, comparando sua ocorrência em relação à outros eventos. Um exemplo disso é a rotação da Terra em torno de si mesma, que é usada para a determinação da duração do Dia. Outro exemplo é a revolução da Terra em torno de Sol, que é usada na determinação da duração do Ano.



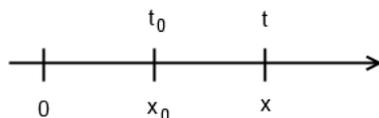
Um relógio de parede.

Assim, podemos utilizar a noção intuitiva de **instante de tempo** como aquele marcado por um relógio. Quando queremos saber o **intervalo de tempo**, basta calcularmos a diferença entre o valor de um instante de tempo posterior e o valor anterior.

$$\Delta t = t - t_0$$

Posição e Deslocamento

Para um carro em movimento com trajetória orientada, costumamos utilizar o eixo dos x como sistema de referência. No instante de tempo inicial t_0 , a posição ocupada pelo objeto será a sua *posição inicial* (x_0).



Sistema de referência para o movimento retilíneo de um objeto.

No instante de tempo posterior, o carro passa a posição x . Assim, a variação da posição do objeto é denominado *deslocamento*.

$$\Delta x = x - x_0$$

É importante notar que *deslocamento* é uma **grandeza vetorial**, enquanto que *distância percorrida* é uma **grandeza escalar**.

Velocidade

Quando um objeto se desloca em uma trajetória retilínea com velocidade constante, o seu movimento é retilíneo uniforme (M.R.U.). Assim, se um automóvel percorre 50 km em 1,0 h, ele percorrerá 100 km em 2,0 h. Para obter este resultado intuitivamente acrescentamos 50 km a cada acréscimo de 1,0 h.

Vemos então que a taxa com que o automóvel muda de **posição** é constante em relação ao tempo. Podemos assim estabelecer a relação entre velocidade, **deslocamento** e **intervalo de tempo** através da equação:

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

A velocidade pode assumir valores **positivos** ou **negativos**. Dizemos que a velocidade é positiva quando o objeto se desloca no sentido positivo do referencial. Quando a velocidade é negativa o objeto está se deslocando no sentido negativo do referencial.

Função Horária da Posição

Como a *velocidade* é constante, podemos escrever a equação do MRU de uma forma mais conveniente através de uma função:

$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0} \Rightarrow x = x_0 + v(t - t_0)$$

É possível ainda admitir $t_0 = 0$ o *instante de tempo* quando o objeto estiver na sua *posição inicial*. Assim a função se torna mais simples:

$$x = x_0 + v.t \quad \text{Função Horária da Posição}$$

A função da *posição* de um MRU é linear do primeiro grau em t . Sabendo a posição inicial e a velocidade podemos determinar a futura posição de um objeto em qualquer instante de tempo t .

Função Horária do Espaço

Ainda que a trajetória não seja retilínea, quando a velocidade é constante podemos usar a função horária da posição. No entanto, por coerência devemos usar s (espaço) no lugar de x (posição).

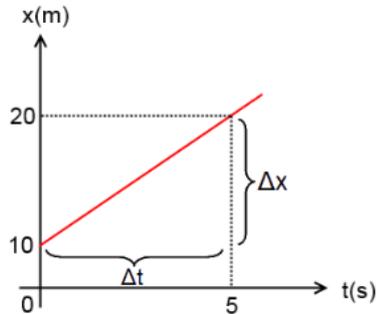
Devemos lembrar que a letra x representa a posição num referencial retilíneo e a letra s o espaço quando o referencial não for necessariamente retilíneo.

$S = S_0 + v.t$ referencial **não necessariamente retilíneo** com velocidade constante.

$x = x_0 + v.t$ referencial retilíneo com velocidade constante.

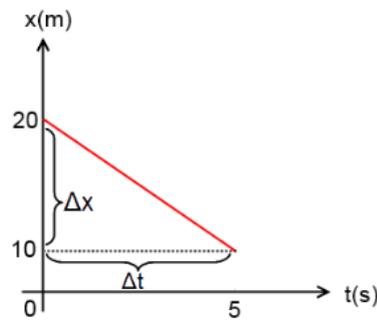
Gráfico Posição pelo Tempo

A função horária da posição do MRU é do 1º grau, portanto seu gráfico é uma reta. Repare o exemplo abaixo:



Pelo gráfico representado na figura ao lado, vemos que a posição inicial do objeto é 10 m. Após 5 s o objeto encontra-se na posição 20 m. Neste caso a **velocidade** do objeto será positiva, pois a posição em 5 s é maior em relação a posição inicial. Podemos calcular a velocidade do objeto através a inclinação do gráfico:

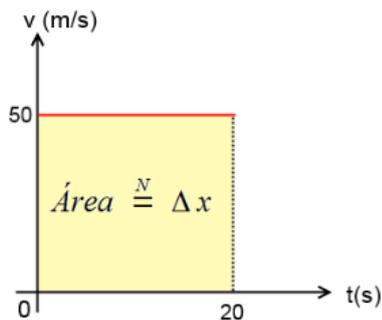
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{20 - 10}{5 - 0} = 2 \text{ m/s}$$



Pelo gráfico representado na figura ao lado, vemos que a posição inicial do objeto é 20 m. Após 5 s o objeto encontra-se na posição 10 m. Neste caso a **velocidade** do objeto será **negativa**.

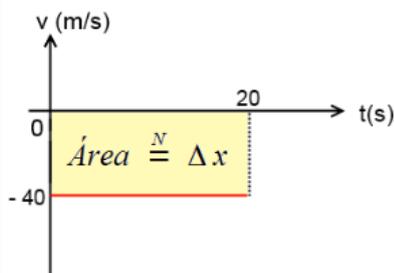
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10 - 20}{5 - 0} = -2 \text{ m/s}$$

Gráfico Velocidade pelo Tempo



Pelo gráfico representado na figura ao lado, vemos que a **velocidade** permanece constante ao longo do **intervalo de tempo** de 20 s. Uma importante propriedade do gráfico velocidade pelo tempo é que podemos calcular o **valor** do **deslocamento** a partir do valor numérico da área sob a reta.

$$\Delta x \stackrel{N}{=} \text{Área} = 50 \times 20 = 1000 \text{ m}$$



Na figura ao lado temos a representação gráfica de uma velocidade **negativa**. A reta estará abaixo do eixo x .

$$\Delta x \stackrel{N}{=} \text{Área} \rightarrow \Delta x = -800 \text{ m}$$

Aceleração

O conceito de aceleração está relacionado com a alteração da **velocidade**. Se a velocidade de um objeto sofre variação, tanto no seu módulo, direção ou sentido, dizemos que o corpo está acelerado. A aceleração é uma **grandeza vetorial**, no entanto, para casos em que o movimento é retilíneo, podemos definir a aceleração escalarmente.

Assim, se a velocidade de um objeto, em uma trajetória retilínea, sofre uma variação na velocidade (Δv) em um **intervalo de tempo** (Δt), a aceleração média (a_m) é definida por:

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

Da definição, vemos que a unidade de aceleração é igual ao quociente entre a unidade de velocidade e a unidade de tempo. Assim, podem ser unidades de aceleração:

$$\frac{m/s}{s}, \frac{km/h}{s}, \frac{cm/s}{min}, \text{ etc.}$$

Função Horária da Velocidade MRUV

Quando um objeto tem aceleração constante temos um movimento retilíneo uniformemente variado (M.R.U.V.). Podemos escrever uma equação que descreve a relação que existe entre a velocidade e o tempo no MRUV, que fornece a **velocidade** do objeto em qualquer **instante de tempo** t . Como a aceleração é constante, podemos escrever a equação da **aceleração média** de forma mais conveniente:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \rightarrow v = v_0 + a(t - t_0)$$

Admitindo-se que $t_0=0$, a expressão se reduz a:

$$v = v_0 + at$$

Nessa função, v_0 é a velocidade inicial do objeto em $t_0=0$. Logo, a velocidade inicial v_0 e a aceleração a são constantes.

Função Horária da Posição do MRUV

Vamos tomar o referencial apresentado na figura abaixo:



Representação do movimento retilíneo uniformemente variado de um objeto.

Pode-se demonstrar que a função da posição x de um objeto em relação ao tempo t é dada pela expressão:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Vemos que a função da posição pelo tempo é uma equação do 2.º grau, e que x_0 é a **posição inicial**, v_0 é a **velocidade inicial** quando $t_0 = 0$, e a é a **aceleração constante**.

Equação de Torricelli

Quando o movimento de um objeto é realizado com **aceleração constante**, é possível relacionar a **velocidade** diretamente com a **posição** do objeto sem envolver o **tempo**. A expressão é conhecida como '**Equação de Torricelli**':

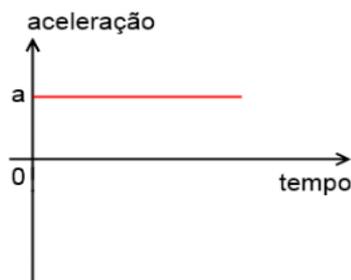
$$v^2 = v_0^2 + 2.a.(x - x_0)$$

Como a equação acima não envolve a variável tempo, muitos problemas podem ser resolvidos mais rapidamente sem a necessidade de utilizar as equações do MRUV vistas anteriormente.

Gráfico da Aceleração pelo Tempo

No MRUV a **aceleração** é constante, por essa razão o gráfico da aceleração pelo tempo (a X t) é uma reta paralela ao eixo dos tempos. Se a reta estiver acima do eixo dos tempos, a aceleração é **positiva**; se estiver abaixo ela será **negativa**.

A variação da **velocidade** pode ser determinada calculando-se a área abaixo da reta no gráfico aceleração pelo tempo.



Representação gráfica de um movimento com aceleração positiva.



Representação gráfica de um movimento com aceleração negativa.

Gráfico da Velocidade pelo Tempo

A **função horária da velocidade** é do primeiro grau. Portanto, o gráfico $v \times t$ deve ser uma reta. Para o caso em que a **aceleração** é positiva ($a > 0$), teremos o gráfico semelhante ao da figura 1. Para um movimento em que a aceleração é negativa ($a < 0$), teremos um gráfico como da figura 2.

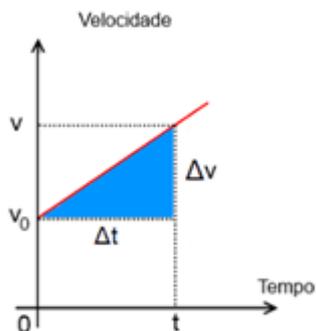


Figura 1: Representação gráfica da velocidade em um movimento com aceleração positiva.

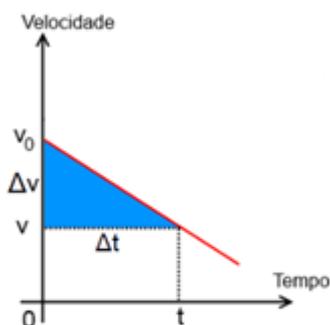


Figura 2: Representação gráfica da velocidade em um movimento com aceleração negativa.

Repare que em cada figura foi assinalado um triângulo azul. Nesse triângulo, o cateto vertical representa a variação da velocidade (Δv). Já o cateto horizontal representa o intervalo de tempo (Δt). Em ambos os casos, podemos calcular a aceleração fazendo:

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

Vimos anteriormente que a área entre o gráfico da velocidade e o eixo do tempo é numericamente igual ao **deslocamento** (Δx). No MRUV a propriedade é semelhante.

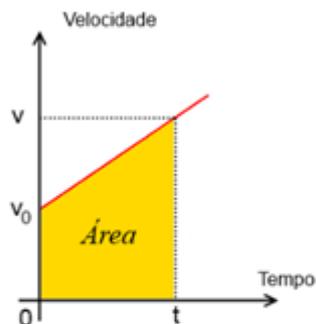


Figura 3: Área do gráfico velocidade pelo tempo fornece o valor numérico do deslocamento.

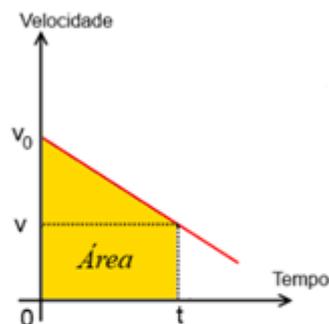


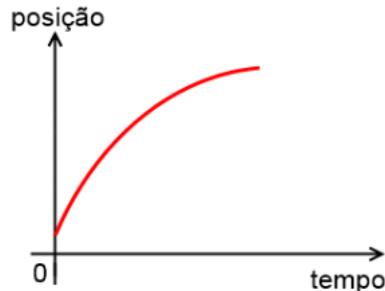
Figura 4: Área do gráfico velocidade pelo tempo, com aceleração negativa, fornece o valor numérico do deslocamento.

Em ambos os casos:

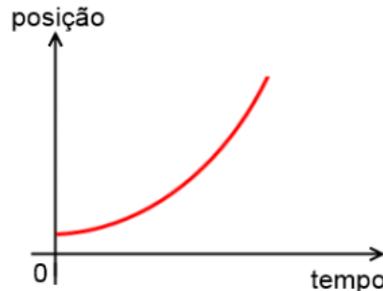
$$\text{Área} \stackrel{N}{=} \Delta x$$

Gráfico Posição pelo Tempo

A função horária da posição do MRUV é do 2º grau, portanto seu gráfico é uma parábola. Se a concavidade da parábola é para baixo a **aceleração** é negativa, enquanto que a concavidade para cima significará uma aceleração positiva.



Representação gráfica de um movimento com aceleração negativa.



Representação gráfica de um movimento com aceleração positiva.

Os gráficos acima representam apenas um arco de parábola, e não um parábola inteira.

A Aceleração da Gravidade

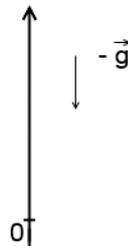
Quando abandonamos um objeto próximo à superfície da Terra, podemos verificar que, ao cair, sua **velocidade** cresce. Ao lançarmos o mesmo objeto para cima, notamos que sua velocidade diminui até se anular no ponto mais alto.

Caso não houvesse resistência do ar, corpos de qualquer forma e massa, abandonados da mesma altura, cairiam ao mesmo tempo no solo. Esse movimento é conhecido como **queda livre (M.Q.L.)**. A trajetória do movimento é retilínea, vertical e a **aceleração** é a gravidade (\vec{g}) de mesmo valor para todos os corpos, aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$. Logo, o movimento de queda livre é um MRUV.

Na prática não é possível eliminar os efeitos da **resistência do ar** no movimento de queda livre. Apenas é possível obtê-lo em laboratórios. No entanto, para um objeto maciço e caindo de baixa altura é possível considerá-lo como um MRUV com boa aproximação.

Agora podemos considerar alguns aspectos específicos da queda livre:

1. Sendo o movimento vertical, adotaremos o referencial como sendo o eixo y;



Sistema de referência para o movimento de queda livre e ao lado a representação do vetor aceleração da gravidade.

2. A variável x, que representa a **posição**, será substituída pela variável y, associada ao eixo vertical das ordenadas;
3. Como a aceleração é a da gravidade, vamos adotar:

$$\vec{a} = \vec{g}$$

Assim, pelo nosso referencial vemos que a aceleração da gravidade é orientada verticalmente para baixo, por essa razão, **seu valor será sempre negativo**.

Funções do Movimento de Queda Livre

No MQL a **aceleração** é a da **gravidade**, assim por uma questão de clareza substituiremos nas funções do movimento a constante **a** pela constante **g**. Além disso, de acordo com o nosso referencial, o valor de **g será sempre negativo**. A tabela a seguir mostra como ficam as funções do MRUV adaptadas ao movimento de queda livre.

Funções	MRUV	Queda Livre
Velocidade em função do tempo	$v = v_0 + a.t$	$v = v_0 - g.t$
Posição em função do tempo	$x = x_0 + v_0.t + \frac{1}{2}a.t^2$	$y = y_0 + v_0.t - \frac{1}{2}g.t^2$
Equação de Torricelli	$v^2 = v_0^2 + 2.a.(x - x_0)$	$v^2 = v_0^2 + 2.g.(y - y_0)$

O valor de g é aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$. Caso o valor da aceleração da gravidade não seja fornecido, em muitos casos, podemos assumir que seu valor seja aproximado para 10 m/s^2 .

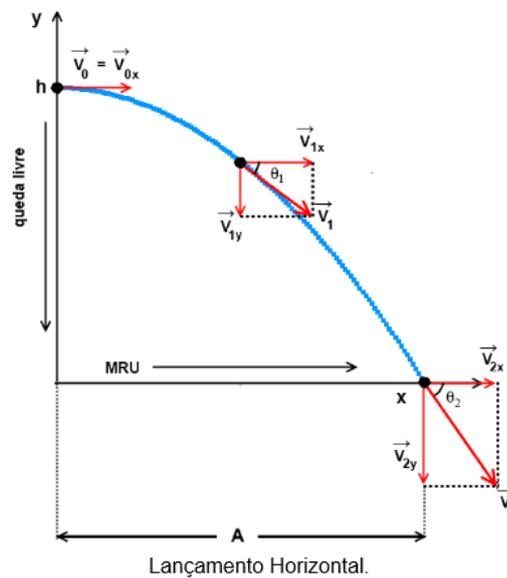
Lançamento Horizontal

Em Física, o movimento de qualquer objeto sob a ação da **gravidade** que não seja puramente vertical, e que **a resistência do ar seja desprezível**, é denominado **lançamento de projétil**. No início do movimento, a direção do vetor **velocidade** não é vertical.

O movimento de um projétil é realizado em um plano. Para facilitar o tratamento matemático, podemos **decompor** a velocidade do projétil em uma **componente horizontal** e uma **componente vertical**. O **lançamento horizontal** pode ser descrito como a **composição** de um movimento de **queda livre (M.Q.L.)** com o **movimento retilíneo uniforme (M.R.U.)**.

$$\text{Lançamento Horizontal} \xrightarrow{\text{composição}} \text{Queda Livre} + \text{MRU}$$

A composição pode ser entendida conforme a figura abaixo:

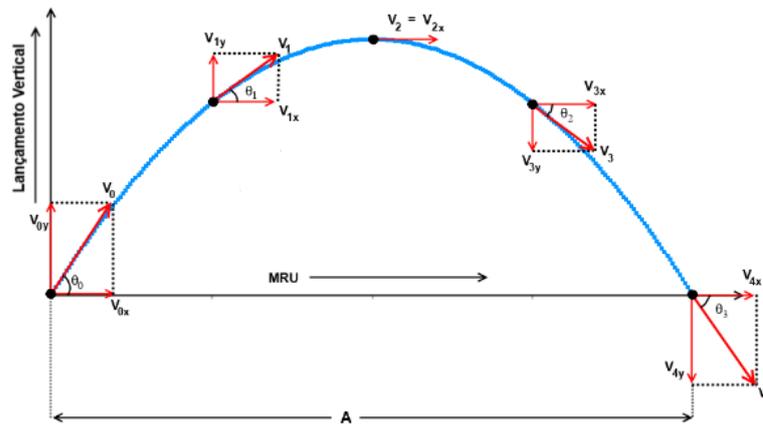


Visto que a aceleração da **gravidade**, possui apenas a componente vertical dirigida para baixo, ela não influenciará o movimento horizontal do projétil. Sendo assim, a componente X da velocidade é constante e esse movimento pode ser considerado como um MRU. Agora, a cada instante de tempo, a componente da velocidade na direção vertical terá seu valor modificado. Podemos ver isso claramente ao comparar o vetor \vec{v}_{1y} com o vetor \vec{v}_{2y} . Isso ocorre por que na direção vertical o movimento estará acelerado. **No lançamento horizontal a componente vertical da velocidade inicial é nula**. Repare na figura acima que o objeto terá um alcance horizontal **A**, que é o **deslocamento horizontal** do objeto.

Resumindo, em um lançamento horizontal, podemos analisar o **movimento horizontal** usando as equações do **MRU**, enquanto que o **movimento vertical** deve ser analisado usando as equações do **MQL**.

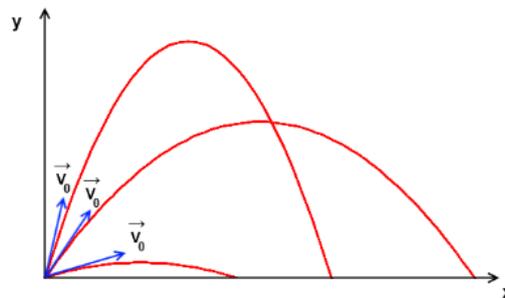
Lançamento Oblíquo

Da mesma forma que o [lançamento horizontal](#), o lançamento oblíquo também pode ser descrito como a soma de dois movimentos, um na direção vertical e outro na direção horizontal. O movimento vertical do objeto é um lançamento vertical enquanto que o movimento horizontal é um [movimento retilíneo uniforme](#). **A rigor, não há diferença entre o lançamento horizontal e o vertical**, o que muda são apenas as condições iniciais. No momento do lançamento a [velocidade inicial](#), formará um ângulo em relação a direção horizontal.



Lançamento Oblíquo.

Em razão da inclinação da velocidade em relação à direção horizontal, o objeto poderá ter diferentes alcances conforme a figura a baixo. Para a mesma velocidade inicial, o ângulo de inclinação determinará tanto o alcance horizontal como a altura máxima atingida.



Alcance horizontal e altura máxima atingida conforme o ângulo de lançamento.

Conhecendo o valor do ângulo de lançamento podemos decompor a velocidade inicial em suas componentes, com o auxílio das expressões de [decomposição de vetores](#):

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \theta$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \text{sen} \theta$$

Vetores

Para que possamos compreender as idéias de *direção* e *sentido* no estudo do movimento, vamos definir vetor. O vetor pode ser entendido como um segmento de reta orientado, da forma como é representado na figura abaixo:



Um vetor.

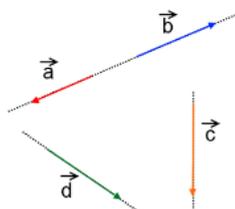
Para expressar que certa grandeza é vetorial coloca-se uma seta ($\vec{}$) acima da letra que corresponde à grandeza. O **deslocamento** é uma **grandeza vetorial**, assim como a **velocidade**. Um vetor têm três características: **módulo**, **direção** e **sentido**.

O **módulo** do vetor é o módulo do valor numérico da grandeza representada pelo vetor mais a unidade, graficamente está relacionado ao seu tamanho. Na figura abaixo vemos que o vetor velocidade (\vec{v}_1) de módulo V_1 é maior que a velocidade (\vec{v}_2) de módulo V_2 .



Módulo de um vetor.

Dois vetores possuem a mesma **direção** quando estão sobre a mesma reta ou retas paralelas. Repare que na figura abaixo os vetores \vec{a} e \vec{b} têm mesma direção, ao passo que os vetores \vec{c} e \vec{d} têm direções diferentes.

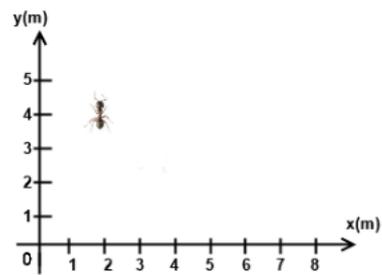


Representação gráfica de alguns vetores no plano.

Dois vetores que têm o mesmo **sentido** quando estão na mesma direção e apontam para o mesmo lado. Assim \vec{v}_1 e \vec{v}_2 tem o mesmo sentido, enquanto que na figura acima vemos que os vetores \vec{a} e \vec{b} têm sentidos opostos.

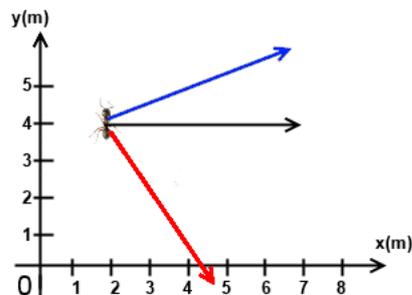
Grandezas Vetoriais

Grandezas vetoriais, para ficarem bem definidas, além da medida (valor numérico e unidade) precisam de uma informação **geométrica**. Imagine a formiga da figura ao lado que se encontra na **posição** 2 metros na coordenada X e na posição 4 metros na coordenada Y. Se for apenas informado que a formiga se deslocou 5 metros, você saberia dizer precisamente qual a nova posição da formiga?



Posição de uma formiga no plano.

Na figura abaixo vemos possíveis deslocamentos da formiga. Veja que a pergunta realizada no início da página não tem resposta pois **deslocamento é uma grandeza vetorial** e para ficar bem estabelecida é necessário informar o módulo, a direção e o sentido.



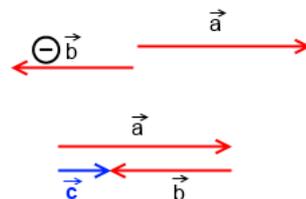
Possíveis deslocamentos de uma formiga no plano.

Além do deslocamento existem outras grandezas vetoriais tais como a **velocidade**, **aceleração** e força.

Operações com Vetores

Soma de vetores de mesma direção

Quando os **vetores** estão na mesma direção, \rightarrow podemos determinar o módulo do vetor resultante somando-se algebricamente os seus módulos. Para isso, vamos convencionar um sentido como positivo. Graficamente temos a figura ao lado.



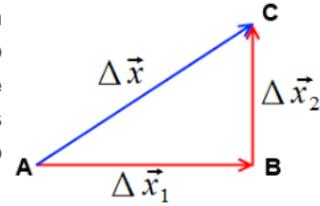
Dessa maneira, o módulo do vetor resultante pode ser determinado subtraindo os módulos dos vetores:

$$c = a - b$$

Operações com Vetores

Vetores de direções perpendiculares entre si

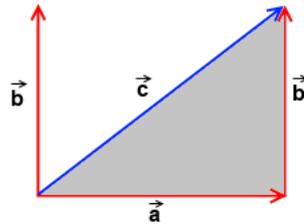
Supondo que um automóvel partindo de A sofra um deslocamento $\Delta \vec{x}_1$ atingindo o ponto B, de módulo 4 m, logo em seguida um deslocamento $\Delta \vec{x}_2$ atingindo o ponto C, de módulo 3 m, conforme a figura ao lado. É fácil notar que os dois deslocamentos $\Delta \vec{x}_1$ e $\Delta \vec{x}_2$ equivalem a um só deslocamento $\Delta \vec{x}$ de A até C.



A soma vetorial, que fornece o módulo de $\Delta \vec{x}$ não é simplesmente a soma dos módulos dos dois deslocamentos:

$$\Delta x \neq 3 + 4$$

Quando os vetores são perpendiculares entre si (ângulo de 90°), temos que aplicar o teorema de pitágoras para encontrar o valor do módulo do vetor resultante:



$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c^2 = 4^2 + 3^2$$

$$c^2 = 25$$

$$c = 5 \text{ m}$$

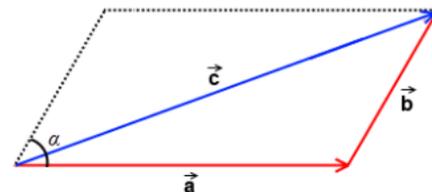
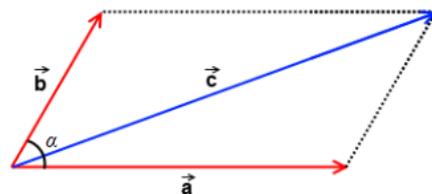
Operações com Vetores

Soma de vetores de direções quaisquer

Quando os vetores não formam um ângulo reto entre si, temos que usar a regra do paralelogramo para encontrar graficamente o vetor resultante, conforme a figura ao lado.

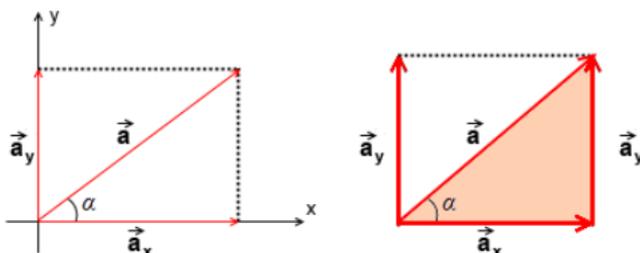
Os vetores a e b formam um paralelogramo cuja diagonal é o vetor resultante c. Se o ângulo entre a e b for igual a α , o módulo do vetor resultante será dado pela expressão:

$$c^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos \alpha$$



Decomposição de Vetores

Na decomposição de vetores realizamos um procedimento inverso ao da [soma de vetores](#). Dado um [vetor a](#), queremos obter dois vetores a_x e a_y , conforme a figura abaixo. Deslocando o vetor a_y , podemos formar um triângulo retângulo. Assim, podemos obter o módulo da componente horizontal (a_x) e vertical (a_y) de a em função do ângulo α .



Do triângulo colorido temos:

$$\cos \alpha = \frac{\text{cateto adjacente a } \alpha}{\text{hipotenusa}} \rightarrow \cos \alpha = \frac{a_x}{a}$$

$$a_x = a \cdot \cos \alpha$$

expressão do módulo do componente horizontal a_x do vetor a .

$$\sin \alpha = \frac{\text{cateto oposto a } \alpha}{\text{hipotenusa}} \rightarrow \sin \alpha = \frac{a_y}{a}$$

$$a_y = a \cdot \sin \alpha$$

expressão do módulo do componente vertical a_y do vetor a .

Como os componentes do vetor a formam um triângulo retângulo, aplicando o teorema de pitágoras, temos:

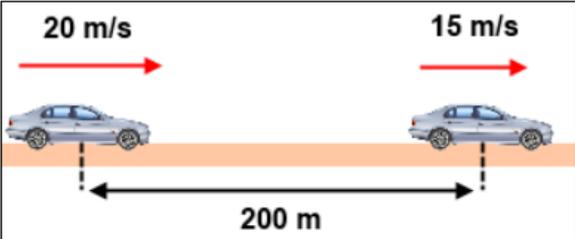
$$a^2 = a_x^2 + a_y^2$$

APÊNDICE C – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de Velocidade Média

Dificuldade	Problema
1	<p>O homem mais rápido do mundo, Usain Bolt, consegue correr a 10,3 m/s e completar os 100 metros rasos em 9,6 segundos, aproximadamente.</p> <p>A alternativa que indica corretamente a velocidade, o tempo e a distância percorrida pelo velocista, respectivamente, é</p>
2	<p>Para encontrar um semáforo com sinal verde, um motociclista deverá percorrer os 400 m que o separa do semáforo em 25 segundos.</p> <p>Qual a velocidade média escalar do motociclista?</p>
3	<p>Para encontrar um semáforo com sinal verde, um motociclista deverá ter uma velocidade média escalar de 15 m/s durante 10 segundos.</p> <p>Qual é a distância que o separa do semáforo?</p>
4	<p>Por quanto tempo um ônibus percorreria uma distância de 300 km de uma estrada com uma velocidade média escalar de 80 km/h?</p>
5	<p>Um leopardo quando persegue uma presa, pode capturá-la em apenas 4 segundos se ela estiver parada a 32 metros. Qual a velocidade média escalar do leopardo?</p>
6	<p>Qual será a distância percorrida por um automóvel com uma velocidade média escalar de 25 m/s em 3 horas?</p>
7	<p>Por quanto tempo um automóvel deve se deslocar com uma velocidade média escalar de 72 km/h para percorrer 30 metros de uma rua?</p>
8	<p>Um automóvel percorre a primeira metade de um trecho retilíneo de extensão total 400 m com velocidade média de 120 km/h. Para que a velocidade média, em todo o trecho, seja de 80 km/h, a velocidade média na segunda metade do trecho deverá ser de:</p>

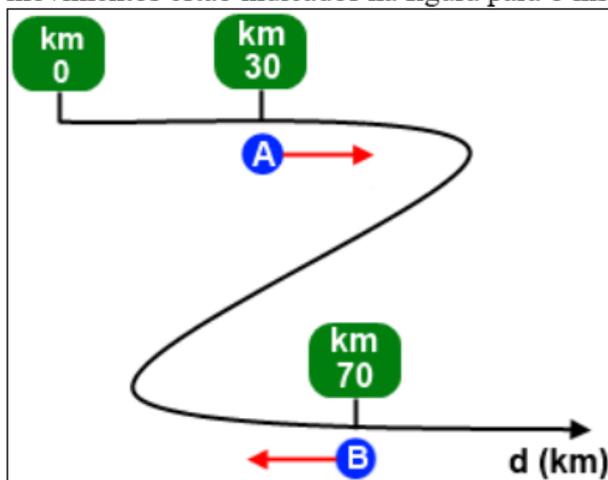
APÊNDICE D – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de MRU

Por uma questão de clareza especificamos as alternativas da dificuldade 1 e 2.

Dificuldade	Problema
1	<p>Dentre as funções abaixo, marque a alternativa que contém uma função horária da posição do MRU.</p> <p>A) $x = -3.t^3 + 15$ B) $x = 2.t - 5$ C) $x = -8 + 3/t$ D) $x = 10 - t^{1/2}$</p>
2	<p>Um automóvel tem movimento uniforme de +15 m/s em um trecho retilíneo de uma estrada. No instante que iniciamos a observação a sua posição é 10 m. Qual a função horária da posição deste automóvel?</p> <p>A) $x = 10 - 15.t$ B) $x = 10 + 15.t$ C) $x = 15 + 10.t$ D) $x = 15 - 10.t$</p>
3	<p>Um automóvel tem movimento uniforme de +15 m/s em um trecho retilíneo de uma estrada. No instante que iniciamos a observação a sua posição é 10 m. Qual será a posição do automóvel no instante de tempo $t = 2,0$ s?</p>
4	<p>Um automóvel tem movimento uniforme de +15 m/s em um trecho retilíneo de uma estrada. No instante que iniciamos a observação a sua posição é 10 m. Qual será o instante de tempo quando estiver na posição 100 m?</p>
5	<p>Um automóvel que se desloca com velocidade constante de 20 m/s persegue outro que se desloca com velocidade de 15 m/s, no mesmo sentido e na mesma estrada. O primeiro encontra-se 200 m atrás do segundo no instante $t = 0$.</p>  <p>O primeiro estará ao lado do segundo no instante:</p>

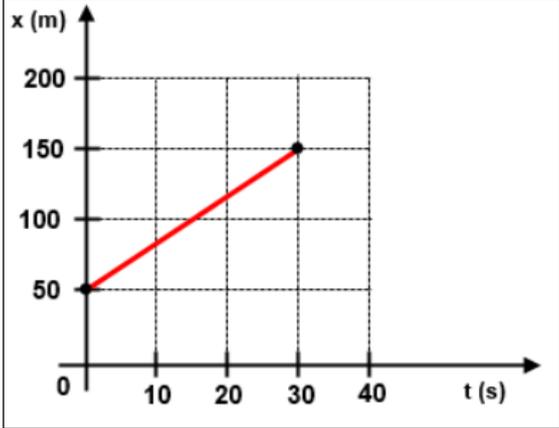
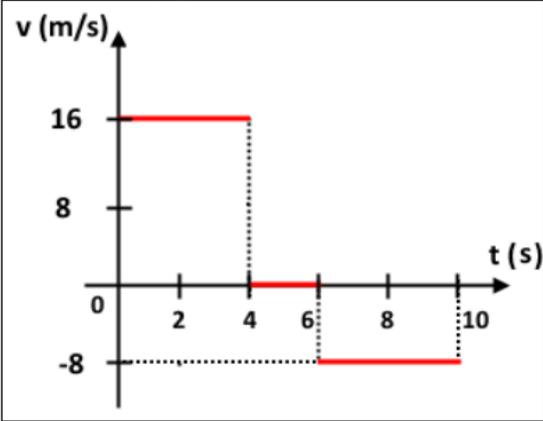
6

Dois móveis, A e B, em movimento uniforme percorrem um trecho de estrada representado pela figura abaixo. Os espaços e os sentidos dos movimentos estão indicados na figura para o instante inicial ($t = 0$).



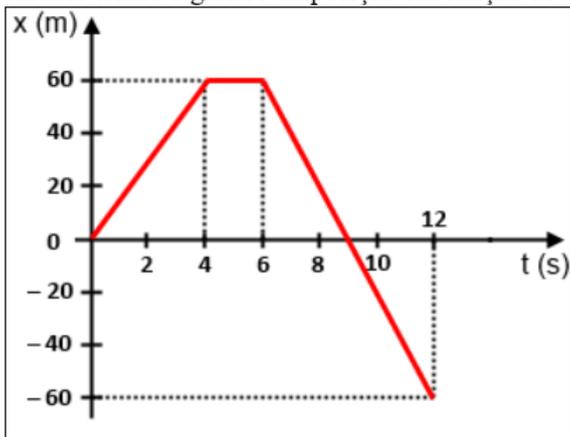
Sabendo que $|V_A| = 24 \text{ km/h}$ e $|V_B| = 10 \text{ m/s}$, o encontro ocorrerá no km

APÊNDICE E – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de Gráficos do MRU

Dificuldade	Problema										
1	<p>A seguir temos o gráfico da posição em função do tempo para um automóvel.</p>  <p>A equação horária do espaço deste movimento em m/s é</p>										
2	<p>A tabela abaixo fornece a posição, em alguns instantes, para um automóvel em M.R.U.</p> <table border="1" data-bbox="507 1155 979 1294"> <tbody> <tr> <td>x (m)</td> <td>12</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>-6</td> </tr> <tr> <td>t (s)</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> <p>A equação horária da posição deste movimento em m/s é</p>	x (m)	12	6	0	-6	t (s)	2	4	6	8
x (m)	12	6	0	-6							
t (s)	2	4	6	8							
3	<p>Abaixo fornecemos o gráfico da velocidade média em função do tempo para um automóvel cuja posição inicial é 10 m.</p>  <p>A posição após 10 s e a velocidade média do automóvel entre 0 e 10 s serão respectivamente?</p>										

4

Abaixo temos o gráfico da posição em função do tempo para um ponto material.



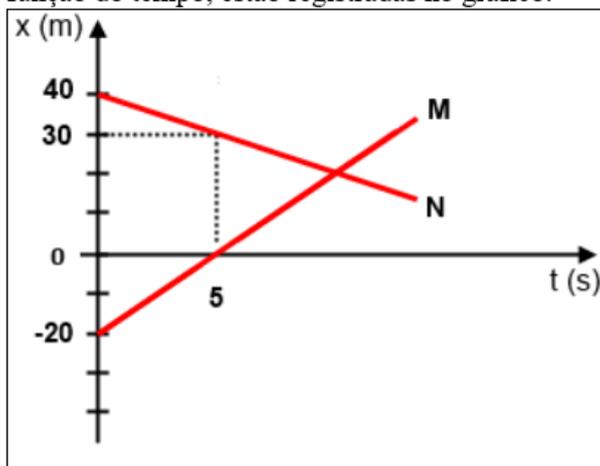
Do gráfico verifica-se que:

- I - A velocidade entre os instantes $t = 0$ e $t = 4$ s foi de _____;
 II. Entre os instantes $t = 4$ s e $t = 6$ s o ponto material _____;
 III- A velocidade média escalar entre os instantes $t = 0$ e $t = 12$ s foi de _____.

Marque a alternativa que preenche corretamente os espaços.

5

Dois móveis, M e N, deslocam-se numa mesma estrada. Suas posições, em função do tempo, estão registradas no gráfico.



Com base nele, o encontro dos móveis M e N dá-se no instante:

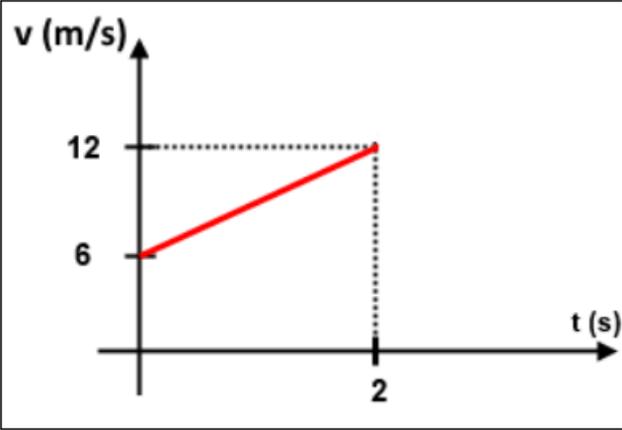
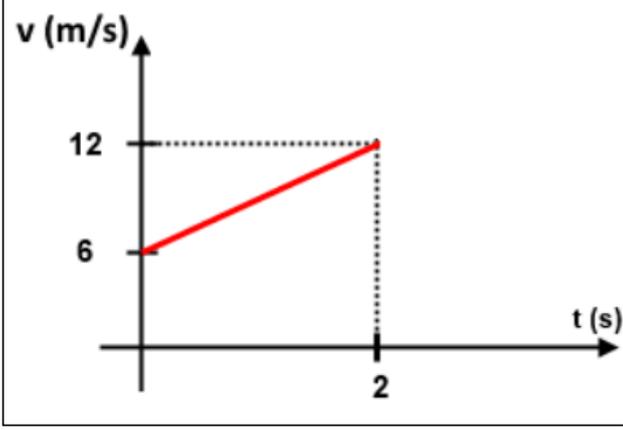
APÊNDICE F – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de MRUV

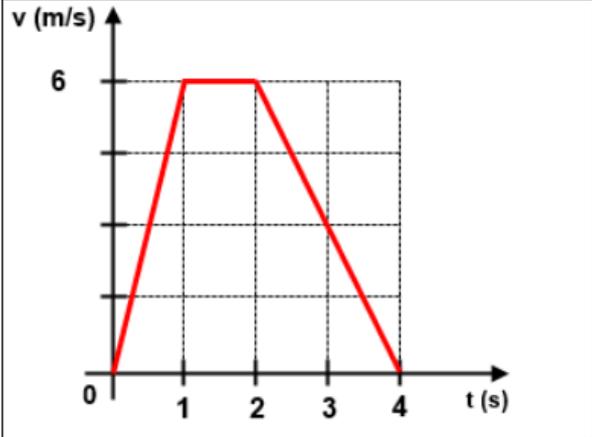
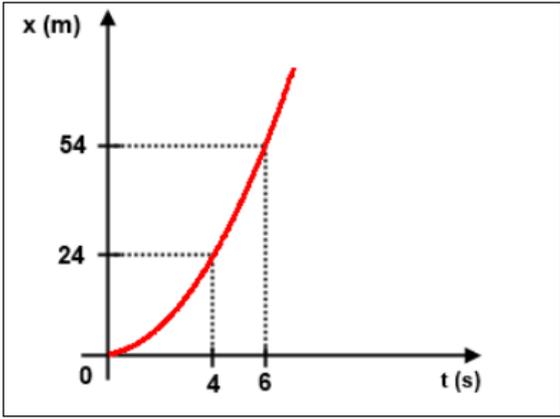
Dificuldade	Problema
1	Um automóvel consegue desenvolver uma aceleração constante de 10 m/s^2 . Isso significa que:
2	Um certo tipo de foguete, partindo do repouso, atinge a velocidade de 12 km/s após 36 s . Qual a aceleração média, em km/s^2 ?
3	Em um determinado movimento a equação horária da posição é $x = 8 - 4.t + t^2$ (unidades no SI). A equação horária da velocidade (em m/s) em função do tempo é:
4	Em um determinado movimento a equação horária da velocidade é $v = -4 + 2.t$ (unidades no SI). A velocidade inicial e a velocidade no instante 10 s serão, em m/s , respectivamente:
5	Um veículo move-se em uma estrada com velocidade escalar constante de 40 m/s . Sabendo que o veículo consegue adquirir no máximo uma aceleração negativa constante de 4 m/s^2 e que ele se encontra inicialmente no espaço 100 m , qual o espaço do automóvel no instante 10 s ?
6	Um carro está a 30 m/s quando o motorista percebe o sinal fechado e pisa no freio, provocando uma aceleração negativa constante de 3 m/s^2 . Nessas condições, a quantos metros da sinaleira o carro deveria estar para não passar no sinal vermelho?
7	Um caminhão move-se em uma estrada, com velocidade escalar constante de 72 km/h . No momento em que ele ultrapassa um carro em repouso, este arranca com aceleração constante de $2,5 \text{ m/s}^2$. Qual o tempo e a distância percorrida quando o carro alcançar o caminhão?

APÊNDICE G – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de MQL

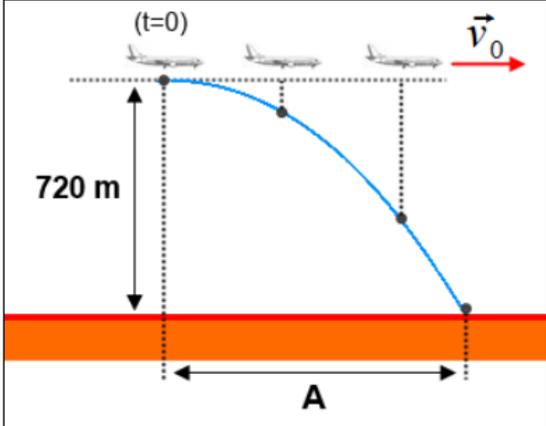
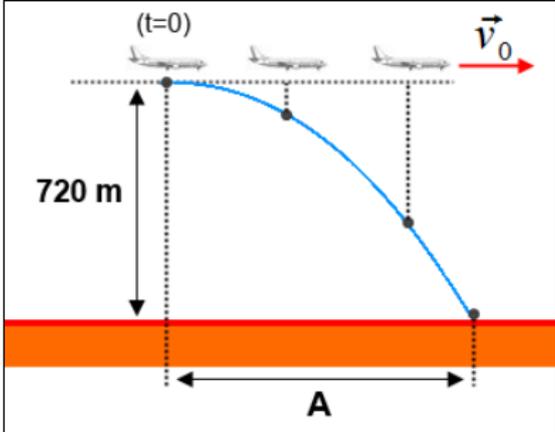
Dificuldade	Problema
1	Um corpo é lançado para cima, a partir do solo, com velocidade cujo módulo é 30 m/s, numa região em que $g = 10 \text{ m/s}^2$. Despreze a resistência do ar. Quanto tempo o corpo gastou para atingir a altura máxima?
2	Um corpo é lançado verticalmente para cima com velocidade inicial de 30 m/s. Sendo a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e desprezando a resistência do ar, qual será a velocidade do corpo 3 s após o lançamento?
3	Um ponto material lançado verticalmente para cima retornou ao solo após 12 s do seu lançamento. Desprezando a resistência do ar e usando $g = 10 \text{ m/s}^2$, qual sua velocidade inicial?
4	Se, em um certo planeta, uma esfera cai livremente, a partir do repouso, de uma altura de 128 m e leva 8,0 s para percorrer essa distância, quanto vale, nas circunstâncias consideradas, a aceleração da gravidade local?
5	Um corpo é abandonado em um ponto situado 80 metros acima da superfície da Terra, numa região em que a aceleração da gravidade é 10 m/s^2 . Despreze a resistência do ar. Quanto tempo o corpo gasta até atingir o solo e qual a altura do corpo, 2 segundos após ter sido abandonado?
6	Uma equipe de resgate se encontra num helicóptero, parado em relação ao solo a 305 m de altura. Um pára-quedista abandona o helicóptero e cai livremente durante 1,0 s, quando o pára-quedas se abre. A partir desse instante, mantendo constante seu vetor velocidade, o pára-quedista atingirá o solo, aproximadamente, em:

APÊNDICE H – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de Gráficos do MRUV

Dificuldade	Problema
1	<p>A seguir temos o gráfico da velocidade em função do tempo para um automóvel.</p>  <p>The graph shows velocity v in m/s on the vertical axis and time t in s on the horizontal axis. A red line starts at $(0, 6)$ and ends at $(2, 12)$. Dotted lines indicate the coordinates of the end point.</p> <p>A aceleração escalar do automóvel entre 0 e 2 s foi de:</p>
2	<p>A seguir temos o gráfico da velocidade em função do tempo para um automóvel.</p>  <p>The graph shows velocity v in m/s on the vertical axis and time t in s on the horizontal axis. A red line starts at $(0, 6)$ and ends at $(2, 12)$. Dotted lines indicate the coordinates of the end point.</p> <p>A distância percorrida do automóvel entre 0 e 2 s foi de:</p>

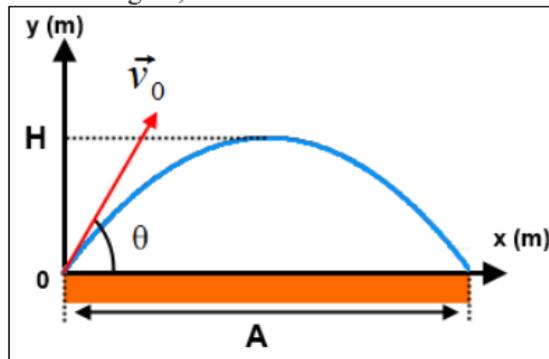
3	<p>O gráfico abaixo representa a velocidade em função do tempo, para uma partícula.</p>  <p>O módulo da aceleração média da partícula entre 1 e 4 s foi de:</p>
4	<p>O gráfico abaixo nos dá a posição em função do tempo para uma partícula em movimento uniformemente variado.</p>  <p>A função horária da posição desse movimento é:</p>

APÊNDICE I – Problemas Característicos de Cada Dificuldade de Lançamento de Projétil

Dificuldade	Problema
1	<p>Um ponto material é lançado obliquamente com uma velocidade que vale 10 m/s num local onde $g = 10 \text{ m/s}^2$, formando um ângulo de 60° com a horizontal. Após o lançamento, ele fica sujeito unicamente à ação da gravidade. Sendo $\cos 60^\circ = 0,5$ e $\sin 60^\circ = 0,86$, a velocidade do ponto material no ponto mais alto da trajetória é, em m/s:</p>
2	<p>Numa região em que $g = 10 \text{ m/s}^2$, um avião voa a uma altitude de 720 m acima do solo plano e horizontal, com velocidade de 100 m/s. No instante $t = 0$ ele solta uma bomba.</p>  <p>Depois de quanto tempo a bomba atinge o solo?</p>
3	<p>Numa região em que $g = 10 \text{ m/s}^2$, um avião voa a uma altitude de 720 m acima do solo plano e horizontal, com velocidade de 100 m/s. No instante $t = 0$ ele solta uma bomba.</p>  <p>O alcance horizontal A, em m, será de:</p>

4

No instante $t = 0$, uma partícula é lançada de um ponto O do solo (suposto plano e horizontal) com velocidade \vec{v}_0 , formando um ângulo θ com a horizontal. São dados $g = 10 \text{ m/s}^2$, $|\vec{v}_0| = 100 \text{ m/s}$, $\text{sen } \theta = 0,60$ e $\text{cos } \theta = 0,80$. Desprezando os efeitos do ar e adotando um sistema de coordenadas com origem O , como mostra a figura,



A altura máxima H e o alcance horizontal A serão, respectivamente, em metros:

APÊNDICE J – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado Sr.(a), venho a sua presença fazer uma exposição de motivos e solicitar sua colaboração para participar de uma **pesquisa em ensino de física**, intitulada **“Fundamentos metodológicos para a medida de carga cognitiva e avaliação num contexto de ensino de cinemática e o desenvolvimento de uma hipermedia adaptativa”**. Este estudo é uma pesquisa em ensino de física como parte do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, que será relatada em tese.

Esta pesquisa deverá trazer mais esclarecimentos sobre o processo de ensino-aprendizagem em física, e terá como objetivos:

- a) Verificar, de forma dinâmica, as principais dificuldades de alunos na disciplina de física, mais especificamente sobre o estudo do movimento;
- b) Identificar a dinâmica pela qual o aluno busca a informação para aprender física;
- c) Verificar se através de uma metodologia de resolução de problemas mediada por computador é possível ajudar os alunos a alcançar um rendimento maior nos estudos relacionados à física;
- d) Desenvolver uma hipermedia capaz de se adaptar às dificuldades dos alunos de forma autônoma;

Para realizar esta pesquisa é necessário que o responsável expresse o seu consentimento informado, declarando o entendimento de que:

- 1) Não serão realizadas entrevistas individuais;
- 2) Não haverá nenhuma forma de gravação de voz e imagem;
- 3) O contato deste pesquisador com o participante ocorrerá somente em sala de aula e laboratório de informática dentro das instalações do IFRS – câmpus Bento Gonçalves;
- 4) O participante resolverá problemas de física com o auxílio de um computador especialmente preparado para esta situação – esta será a fonte dos dados;
- 5) Os dados obtidos terão total privacidade;
- 6) Os dados obtidos não serão alterados;
- 7) Caso os dados sejam publicados em artigos científicos, não haverá qualquer forma de identificação do participante, protegendo assim sua privacidade;
- 8) Não haverá nenhum custo por participar da pesquisa. Qualquer forma de custo será absorvido pelo orçamento do estudo;
- 9) Os dados obtidos serão usados unicamente para esta pesquisa;
- 10) A qualquer momento poderão ser solicitadas novas informações ao professor **Ângelo Mozart Medeiros de Oliveira** através do telefone [REDACTED], ou através do celular [REDACTED], e modificar a decisão se assim desejar;
- 11) Recebeu todas as explicações sobre a pesquisa de maneira clara, detalhada e objetiva, permitindo o uso dos dados coletados para fins desta pesquisa sem ônus financeiro ao pesquisador;
- 12) Recebeu cópia do presente Termo de Compromisso.

Bento Gonçalves, ____ de _____ de 2014.

Assinatura do Responsável

Nome do Participante

Doc. Identidade

Data

Pesquisador

Prof. Me. **Ângelo Mozart Medeiros de Oliveira**
IFRS – Câmpus Bento Gonçalves

APÊNDICE K – ANÁLISE DE VALIDADE DE CONTEÚDO

Gráfico da Velocidade pelo Tempo

A função horária da velocidade é do primeiro grau. Portanto, o gráfico $v \times t$ deve ser uma reta. Para o caso em que a aceleração é positiva ($a > 0$), teremos o gráfico semelhante ao da figura 1. Para um movimento em que a aceleração é negativa ($a < 0$), teremos um gráfico como da figura 2.

Figura 1. Representação gráfica da velocidade em um movimento com aceleração positiva.

Figura 2. Representação gráfica da velocidade em um movimento com aceleração negativa.

Repare que em cada figura foi assinalado um triângulo azul. Nesse triângulo, o cateto vertical representa a variação da velocidade (Δv). Já o cateto horizontal representa o intervalo de tempo (Δt). Em ambos os casos, podemos calcular a aceleração fazendo:

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

Vimos anteriormente que a área entre o gráfico da velocidade e o eixo do tempo numericamente igual ao deslocamento (Δx). No MRUV a propriedade é semelhante.

Figura 3. Área do gráfico velocidade pelo tempo fornece o módulo do deslocamento.

Figura 4. Área do gráfico velocidade pelo tempo, com aceleração negativa, fornece o módulo do deslocamento.

Em ambos os casos:

$$\text{Área} \stackrel{N}{=} \Delta x$$

O conteúdo apresentado versa sobre Gráfico da Velocidade pelo tempo no MRUV?

SIM
 NÃO

Existem erros conceituais de Física?

SIM
 NÃO

Em caso de erros informe:

→ VERIFICAR A DIGITAÇÃO NA PALAVRA "ACELERAÇÃO".

→ NÃO SERIA MELHOR USAR A LINGUAGEM CONVENCIONAL P/ OS CATETOS VERTICAL / HORIZONTAL (OPOSTO/ADJACENTE)?

→ CONSIDERANDO QUE v_0 É A VELOC. INICIAL, NUM TEMPO t_0 , O GRÁFICO DEVERIA SER TRAÇADO A PARTIR DO PONTO (t_0, v_0) . NOS QUATRO GRÁFICOS HÁ UMA PROJEÇÃO, OU SEJA, UMA CONTINUAÇÃO DA RETA ATÉ INTERCEPTAR O EIXO VERTICAL. ISSO, PORTANTO, INDICARIA UM OUTRO VALOR DE VELOC (A VELOC PARA $t = 0$).

TEM ALGUMA UTILIDADE ISSO, FAZ

QUE ESTAMOS INTERESSADOS NAQUILO QUE ACONTECEU A PARTIR DE t_0 ?

APÊNDICE L – OPINIÕES DE ALGUNS ALUNOS SOBRE A HIPERMÍDIA

Opinião do Aluno sobre a Hipermídia	Descrição
<p>Opinião: Na minha opinião gostei faz com que fique um pouco mais fácil de entender física e eu acho que deveria ser usado em todas as matérias.</p>	<p>Opinião: Na minha opinião gostei faz com que fique um pouco mais fácil de entender física e eu acho que deveria ser usado em todas as matérias.</p>
<p>É um programa bom, que ajuda os alunos com problemas se quem não tem muita dificuldade, por mim esse programa vez eu ver que eu tenho algumas dificuldades para resolver alguns exercícios.</p>	<p>É um programa bom, que ajuda os alunos com problemas ou que não tem muita dificuldade por mim esse programa 'vez' eu ver que eu tenho algumas dificuldades para resolver alguns exercícios.</p>
<p>A minha opinião é que foi show de bola, pois alguns exercícios são bem elaborados e com um grau de dificuldade bom. Gostei deste teste e gostaria de fazer outros!!</p>	<p>A minha opinião é que foi 'show de bola', pois alguns exercícios são bem elaborados e com um grau de dificuldade bom. Gostei deste teste e gostaria de fazer outros!!</p>
<p>Opinião: Gostei muito dessa nova ideia de aprendizado, pois nós focamos mais nas perguntas e podemos consultar ajuda a qualquer momento. É uma forma muito interessante para aprender novos conteúdos.</p>	<p>Opinião: gostei muito dessa nova forma de aprendizado, pois nós focamos nas perguntas e podemos consultar ajuda a qualquer momento. É uma forma muito interessante para aprender novos conteúdos.</p>