



FACULDADE DE CIÊNCIAS

CAMPUS DE BAURU

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA**

Fernanda Cátia Bozelli

**ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE FÍSICA: O DISCURSO DO
PROFESSOR E O DISCURSO DO ALUNO**

Bauru
2005

Fernanda Cátia Bozelli

**ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE FÍSICA: O DISCURSO DO
PROFESSOR E O DISCURSO DO ALUNO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração em Ensino de Ciências, Faculdade de Ciências, UNESP – Universidade Estadual Paulista – Campus de Bauru, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Nardi

Bauru
2005

Fernanda Cátia Bozelli

**ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE FÍSICA: O DISCURSO DO
PROFESSOR E O DISCURSO DO ALUNO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração em Ensino de Ciências, Faculdade de Ciências, da UNESP – Campus de Bauru, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência.

Banca Examinadora:

Presidente: Prof. Dr. Roberto Nardi

Instituição: UNESP/Bauru

Titular: Prof. Dr. Eduardo Adolfo Terrazzan

Instituição: UFSM

Titular: Prof. Dr. Washington Luiz Pacheco de Carvalho

Instituição: FEIS/UNESP

Bauru, 31 de março de 2005.

AGRADECIMENTOS...

Acho que por mais que acreditamos que tudo é fruto do nosso puro esforço é sempre preciso parar e olhar ao nosso redor, porque muitos são os responsáveis por nosso sucesso...

Deste modo, destaco os nomes de Clarice e Diógenes, meus pais, Bruna e Paula, minhas irmãs, pelos incentivos. Ao meu namorado, Juliano, pela compreensão e apoio que sempre tem dedicado...

Mas é impossível não se lembrar das outras pessoas, como as profissionais que fazem parte desta pós-graduação, Andressa, Ana, Toninha, Célia... enfim as pessoas que colaboraram para que este trabalho fosse realizado...

Agradecimentos especiais ao Prof. Dr. Roberto Nardi, orientador deste estudo, que em meio as suas inúmeras atividades acadêmicas, confiou em mim e sempre se esforçou para o bom andamento deste trabalho, aos professores Dr. Eduardo Adolfo Terrazzan e Dr. Washington Luiz Pacheco de Carvalho, membros da Banca de Qualificação e posteriormente, de defesa de dissertação, cujas contribuições garantiram o enriquecimento do trabalho...

Ao Prof. Dr. Jair Lopes Jr. pelas valiosas contribuições...

Ao professor e aos alunos, sujeitos da pesquisa, que gentilmente se dispuseram a participar deste estudo...

Agradecimentos à FAPESP pelo auxílio financeiro concedido...

Aos amigos da pós, pelo apoio imprescindível...

Enfim, agradeço a todos que colaboraram de algum modo para possibilitar a concretização deste trabalho.

BOZELLI, F. C. **Analogias e Metáforas no Ensino de Física: O Discurso do Professor e o Discurso do Aluno**. 2005. 234f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2005.

RESUMO

As relações entre linguagem e ensino de Ciências têm sido objeto constante de pesquisa nos últimos anos, tendo se constituído numa promissora linha de investigação na área de Educação em Ciências. Dentre essas pesquisas, destacam-se os estudos sobre a utilização das analogias e metáforas enquanto recurso didático mediador entre os processos de ensino e de aprendizagem. No caso específico da pesquisa em Ensino de Física, muitos dos pesquisadores têm mostrado interesse no levantamento de fenômenos físicos que podem ser comparados através do uso dessas figuras de linguagem. Entretanto, as condições de produção das analogias e/ou metáforas pelo professor ou pelo aluno são ainda pouco estudadas, e a partir desta constatação é que esta pesquisa foi desenhada. Com o intuito de avançar nos estudos nessa linha, procura-se aqui responder a questões do tipo: Como as analogias e metáforas são utilizadas nas aulas de Física? Que explicações o professor tem para o uso desse recurso? Como os alunos interpretam essas figuras de linguagem utilizadas pelo professor? Para responder a essas e outras questões constituídas no caminho da investigação, observou-se, durante um semestre letivo, as aulas de uma disciplina de Física Geral de um Curso de Licenciatura em Física de uma Universidade Pública do Estado de São Paulo. Por meio das transcrições, verificou-se a utilização das analogias e metáforas por parte do professor e dos alunos. Com o intuito de aprofundar a análise, foram realizadas entrevistas com o docente que ministrou a disciplina e com uma amostra de alunos que participaram do processo. Para interpretar as falas, foram utilizados os princípios e procedimentos da análise do discurso em sua linha francesa, segundo Pêcheux (1990) e Orlandi (2003). A pesquisa revelou que o professor elabora e utiliza analogias nas aulas de Física, e que também as utiliza de forma não programada, ou seja, espontaneamente. Além disso, o professor enfatiza que as analogias e metáforas quando utilizadas suscitam discussões, fazendo com que os alunos participem mais ativamente das aulas. Segundo os alunos, a utilização das analogias é um recurso facilitador na aprendizagem de conceitos.

Palavras-Chave: Ensino de Física. Ensino de Ciências. Analogias e Metáforas. Análise de Discurso.

BOZELLI, F. C. **Analogias e Metáforas no Ensino de Física: O Discurso do Professor e o Discurso do Aluno**. 2005. 234f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru, 2005.

ABSTRACT

The relation between language and science teaching has been a constant object of research in the last years, becoming a promising research line in Science Education. Among these researches, come up studies on the use of analogies and metaphors as mediator didactic resource between teaching and learning processes. In the specific case of the research in physics teaching, many of the researchers has showed interest in raising physical phenomena that can be compared through the use of these language figures. However, the analogies and/or metaphors production conditions by teachers or students are still little studied and that verification was important for the design of this research. Aiming to improve the studies in that way, we tried here to answer questions like: How are analogies and metaphors used in Physics classes? What explanations does the teacher have for the use of those resources? How do the students interpret those figures of language used by the teacher? To answer those and other questions that arisen during the investigation, it was observed, for one school semester, general physics classes of an undergraduate university course directed to High School Physics Teachers in a São Paulo Public State University. Data Colleted showed the use of analogies and metaphors by teacher and students. Aiming to deep the analysis, interviews were taken with teacher and a sample of students. To interpret the speeches, it was used principles and proceedings of discourse analysis in its French line, according to Pêcheux (1990) and Orlandi (2003). The research showed that the professor elaborates and uses analogies in physics classes, however, he does it in a non programmed way, or spontaneously. Moreover, the professor states that the use of analogies and metaphors, bring about discussions, making students to participate more actively in the classes. According to the students the use of analogies is a helping resource to the learning of concepts.

Keywords: Physics Teaching. Science Teaching. Analogies and Metaphors. Discourse Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Modelo atômico do “pudim de passas” proposto por Thomson	22
Figura 02 – O significado de analogia	26
Figura 03 – Modelo de ensino assistido por analogias	33
Figura 04 – Análise de algumas analogias identificadas em coleções didáticas de Física segundo o modelo TWA	56

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	03
RESUMO	04
ABSTRACT	05
LISTA DE FIGURAS	06

INTRODUÇÃO	09
-------------------------	-----------

CAPÍTULO I

1 ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	15
1.1 Analogias e Metáforas no Ensino de Ciências	16
1.2 O Papel das Analogias e Metáforas	24
1.3 Analogias e Metáforas como Recursos Didáticos	28
1.3.1 Estratégias Didáticas para o Uso de Analogias	32
1.3.2 Vantagens e Desvantagens no Uso de Analogias e Metáforas	36
1.4 Analogias e Metáforas no Ensino de Física	40
1.5 Analogias e Metáforas no Contexto de Sala de Aula e em Livros Didáticos	47

CAPÍTULO II

2 A PESQUISA	58
2.1 A Metodologia	59
2.2 Os Sujeitos da Pesquisa	61
2.3 Instrumentos Utilizados para a Constituição dos Dados	63
2.4 A Análise de Discurso (AD) como Instrumento para a Análise dos Dados	67
2.4.1 Linguagem: Entre a Língua e a Fala, a Análise de Discurso	68
2.4.2 Discurso, Formação Discursiva e Efeitos de Sentidos	71
2.4.2.1 Condições de Produção do Discurso	73
2.4.2.2 O Discurso Escolar e o Discurso Científico	75
2.4.3 O Dispositivo de Análise ou Interpretação do Discurso	77

CAPÍTULO III

3 INTERPRETAÇÃO DOS DISCURSOS	82
3.1 Os Episódios de Ensino Seleccionados para Análise	83
3.2 O Discurso do Professor	101
3.3 Os Discursos dos Alunos	110
3.4 Cotejando os Discursos	124

CAPÍTULO IV

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
REFERÊNCIAS	140
APÊNDICES	146
ANEXOS	151

Introdução

Ao longo dos últimos anos tem havido um crescente interesse no estudo de modelos, analogias e metáforas. Conforme afirma Borges (1998), isso se deve, em parte, aos “sinais de esgotamento de programas de pesquisas de concepções alternativas e, também à necessidade de se encontrarem novos instrumentos para superar as conhecidas dificuldades de se ensinar e aprender Ciências” (p. 07), em particular, a Física.

As metáforas e as analogias são apontadas pelos investigadores como estratégias didáticas fundamentais no ensino e na aprendizagem de temas complexos pela possibilidade que elas oferecem de construir, ilustrar ou compreender um domínio científico (alvo) a partir de um domínio familiar (análogo) com base na exploração de atributos/relações comuns e não comuns de ambos os domínios.

De acordo com Ortony (1975) “o grande valor pedagógico do uso figurativo da linguagem é encontrar seu potencial para transferir aprendizado e entendimento do que é conhecido para o que é menos conhecido e, então, fazê-lo de maneira muito vivida” (p. 53). Este autor entende que a utilização figurativa da linguagem fornece uma riqueza de detalhes no que se refere ao potencial comunicativo ao enfatizar que “a vividez imaginária ascendendo da compreensão metafórica encoraja a capacidade da memória e gera a necessidade de um melhor, mais penetrável, entendimento pessoal” (p. 51).

O estabelecimento de pontes entre o que não é familiar e o que é familiar contribui, assim, para tornar inteligíveis os fenômenos em estudo. Sob um ponto de vista histórico e de acordo com Harré (1988), muitas explicações, tanto no domínio da Medicina como no da Física, empregaram mecanismos analógicos. Como ressalta Lawson (1993), “a meta central da ciência é desenvolver explicações satisfatórias para fenômenos naturais” (p.

1213). Em geral, para fazer isto, os cientistas geram várias explicações alternativas para qualquer fenômeno particular ou classe de fenômenos. Tais explicações, na visão desse autor, estão na utilização de analogias de objetos observáveis, eventos, ou situações recordadas de experiências passadas. Harré (1988) ressalta que o ato de explicar requer, com frequência, a “invenção e utilização de modelos adequados que permitam à comunidade conceber um mecanismo causal, gerador do fenômeno não observável” (p.139).

A eficácia, tanto do discurso analógico quanto do discurso metafórico utilizado para a aquisição de um dado conhecimento científico, depende da exploração que concretamente se faça de uma determinada analogia ou metáfora. Esse uso adequado da linguagem processa-se partindo do concreto para o abstrato, do simples para o complexo, do conhecido para o desconhecido.

Deve-se ressaltar que a escolha de qualquer estratégia pelo professor não deve ignorar que os alunos podem, eventualmente, ter idéias alternativas em relação a conceitos do domínio em estudo. Este aspecto, quando ignorado, pode levar os alunos a rejeitar ou a não compreender uma analogia potencialmente útil. Por este motivo, entre outros, os conceitos selecionados do domínio familiar devem ser claramente compreendidos pelos alunos.

É importante destacar a necessidade de estabelecer os limites de uma analogia ou uma metáfora, isto é, não só o que é comparável, mas também o que não é, já que nem todos os aspectos do domínio familiar são transferíveis para o domínio em estudo.

Pode-se dizer que pesquisas na área de analogias e metáforas têm se constituído numa promissora linha de investigação na área de Educação em Ciências. Algumas das investigações realizadas destacam os estudos sobre a utilização das analogias e metáforas enquanto recurso didático mediador entre os processos de ensino e de aprendizagem. Duit (1991), ao destacar o papel das analogias e metáforas na aprendizagem de Ciências, realiza extenso levantamento sobre os estudos realizados nos últimos 15 anos que envolvem a

utilização das analogias e metáforas. Estudos como os realizados (DUI, 1991; HARRISSON e TREAGUST, 1993; THIELE e TREAGUST, 1994; DAGHER, 1995; GODOY, 2002) nos têm mostrado que as analogias e metáforas promovem o entendimento do que não é familiar para o que é comumente conhecido, mas ressaltam a importância em estar atento para as limitações das mesmas.

No caso específico da pesquisa em Ensino de Física, muitos dos pesquisadores têm mostrado interesse no levantamento de fenômenos físicos que podem ser expressamente comparados através do uso das analogias e metáforas (JORGE, 1990; HERRMANN e SCHMID, 1985; GRANT, 1996). Estudos como o de Otero (1997) e Pacca e Utges (1999) discutem a possibilidade de se trabalhar com as analogias em aulas de física.

Entretanto, os estudos sobre as condições de produção das analogias e/ou metáforas pelo professor ou pelo aluno são ainda pouco estudados. É a partir dessa constatação que esta pesquisa foi planejada. Com ela, procura-se avançar nos estudos nessa linha, ao responder a questões do tipo: Como as analogias e metáforas são elaboradas e utilizadas pelo professor nas aulas de Física? Que explicações (ou situações) levam o professor à necessidade de produzir analogias? Como os alunos interpretam essas analogias e metáforas elaboradas pelo professor?

Para responder a estas questões constituídas no caminho da investigação, acompanhou-se durante um semestre letivo as aulas de uma disciplina de Física Geral de um Curso de Licenciatura em Física de uma Universidade Pública do Estado de São Paulo. Numa primeira etapa da pesquisa, os dados foram constituídos através de transcrições das aulas observadas. Por meio dessas transcrições, verificou-se a utilização e elaboração das analogias e metáforas por parte do professor e dos alunos; dessa forma, pode-se averiguar como o docente, em um determinado contexto, faz uso desse recurso, respondendo, assim, à primeira questão. As etapas seguintes da pesquisa responderam as outras questões inicialmente

estabelecidas. Para isso, realizaram-se entrevistas com o docente que ministrou a disciplina e com uma amostra de alunos (cinco) que participaram do processo. Essas entrevistas permitiram analisar as condições de produção dessas analogias e/ou metáforas e como os alunos interpretam essa elaboração realizada pelo professor. Nessa fase, a forma de análise dos dados empregou técnicas de análise de discurso na chamada linha francesa, instituída por Pêcheux (1990) e divulgada no Brasil por E. Orlandi (2003).

Diante das considerações apresentadas anteriormente, esta pesquisa procurou verificar o “estado da arte” sobre as pesquisas realizadas em relação às analogias e metáforas, enfocando as diferenças entre analogias e metáforas; as propostas de sua inserção no estudo de ciências; os exemplos de analogias no ensino de Física e como tem ocorrido a produção de metáforas e analogias no ensino de sala de aula. Procurou ainda observar a produção de metáforas e analogias em uma seqüência de aulas de Física no ensino superior e, cotejar o discurso do professor e dos alunos.

Os referenciais teórico-metodológicos adotados nesta pesquisa, os resultados obtidos e as possíveis implicações para o estudo sobre analogias e metáforas são apresentados nos capítulos subseqüentes.

O capítulo I está estruturado de maneira a fornecer um panorama das pesquisas realizadas nas últimas décadas sobre analogias e metáforas no ensino de Ciências. Traz inicialmente uma síntese da inserção de analogias e metáforas no contexto histórico científico. A partir deste fundo histórico, apresenta-se a forma como estão estruturadas as analogias e metáforas, bem como seu uso como recurso de ensino e aprendizagem. A fim de verificar o uso dessas figuras de linguagem em contextos de sala de aula e de livros didáticos, proporcionamos uma visão geral das pesquisas realizadas ao longo dos últimos anos nesse contexto. Ainda neste capítulo, destacamos alguns estudos realizados por pesquisadores sobre

a utilização das analogias e metáforas, especificamente no ensino de Física. Apresentamos, ainda, um estudo das analogias e metáforas nas salas de aula de ensino de Física.

A apresentação da metodologia de pesquisa, da amostra de sujeitos, da descrição dos instrumentos de constituição dos dados e da fundamentação teórica de análise dos mesmos estão descritos no capítulo II. Nessa última fase, os dados foram interpretados através do uso de técnicas de análise de discurso na chamada linha francesa, instituída por Pêcheux (1990) e divulgada no Brasil por Orlandi (2003) e outros pesquisadores, o que permitiu a compreensão das condições de produção das analogias e/ou metáforas elaboradas, bem como refletir sobre a necessidade de sua produção pelo professor e as possíveis interpretações dos alunos quando produzidas em sala de aula.

O capítulo III trata da interpretação das falas obtidas através das aulas observadas durante o semestre, nas entrevistas realizadas com o docente e com a amostra de alunos. Conclusões e possíveis implicações para o ensino dos resultados obtidos fazem parte do capítulo IV.

No *Apêndice*, está descrito o roteiro norteador das entrevistas.

Nos *Anexos*, estão presentes alguns dos episódios de ensino selecionados dentre as transcrições das aulas observadas no semestre, trechos dos episódios de ensino que nortearam a entrevista com o professor e com a amostra de alunos, e as entrevistas na íntegra.

Capítulo I

ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

1.1 Analogias e Metáforas no Ensino de Ciências

O estudo sobre o uso de analogias e metáforas no Ensino de Ciências tem sido objeto de várias pesquisas nos últimos tempos. Claparède (1950 apud MORTIMER, 2000) afirma que o pensamento por analogia¹, que supõe a verificação de semelhanças entre objetos ou entre sentimentos por eles suscitados é a mais primitiva das formas de pensamento.

No século I a.C., Lucrécio, no poema “De rerum natura”², previu a existência de átomos utilizando uma analogia envolvendo as diferentes percepções de um rebanho de cordeiros por um observador que estava a diferentes distâncias.

A teoria aristotélica da metáfora³, século IV a.C, tem sido considerada o modelo de todas as teorias da metáfora. Para Aristóteles, o uso da metáfora era considerado a marca dos gênios. Usava-se tal recurso para facilitar o estudo e a compreensão de temas considerados complexos. Ele foi considerado o criador da concepção clássica da metáfora, a qual ficou conhecida como interpretação *comparatista*. De acordo com Ciapuscio (2003, p. 61), na obra intitulada “*Retórica*”, a metáfora consiste “na translação de um nome alheio”.

Esta concepção de metáfora sugerida por Aristóteles “impregnou a atividade literária e retórico-lingüística posterior de uma maneira absoluta; a teoria das figuras de linguagem foi um capítulo central de todo o tratado de poética e retórica relevante desde a Idade Média” (p. 61). Essa teoria penetrou na atividade literária e retórico-lingüística fazendo com que fossem preservadas a “translação” e a “substituição”, consolidando de certa forma a

¹ A palavra analogia é originária do grego *aná lógon*, que significa “em conformidade com uma razão”, uma semelhança em relações proporcionais (Encyclopaedia Britannica do Brasil). “A palavra ‘analogia’ e o conceito que ela nomeia foram colocados em uso geral pelos gregos, particularmente Platão e Aristóteles, e talvez não seja surpresa que a ‘analogia’ tenha sido usada desde então em uma variedade de maneiras e contextos, na época”. (LEATHERDALE, 1974, p.02)

² Cachapuz, A. Linguagem metafórica e o Ensino das Ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, vol. 2, n. 3, 1989.

³ Para saber mais sobre as metáforas em Aristóteles ver RODRÍGUEZ, M. V. Metáforas de Interacción em Aristóteles, 1999.

metáfora. Esta tradição literária fez com que a metáfora se consolidasse como um “adorno” ou “ornamento lingüístico” (p. 61), como ressalta Rodríguez (1999):

Na retórica clássica, a função e origem da metáfora é de proporcionar prazer estético ao entendimento. Nestas retóricas, a metáfora ocupa um lugar preeminente, pois chega a transformar a linguagem ordinária conferindo-a uma qualidade poética, é dizer, chega à elevação artística da linguagem (RODRÍGUEZ, 1999, p. 01).

Segundo Ciapuscio (2003), em oposição a essa concepção, surgiu a concepção tradicional da ciência, originária da revolução científica do século XVII, mais especificamente a partir da ação da *Royal Society of London for Improving Natural Knowledge*. Essa concepção repugnava a metáfora por considerá-la “um recurso de distorção, intrinsecamente ambíguo, próprio do campo subjetivo e emocional” (p. 62). Além disso, entendia a metáfora apenas como mera substituição de palavras e não como um ornamento lingüístico.

Toda essa preocupação dos cientistas, em criar uma língua que fosse fiel aos conteúdos fez com que se pensasse em algumas atitudes, como a de criar uma língua nova e diferente para a ciência, ou em propor uma adaptação, um estilo que fosse diferente das línguas naturais para a expressão dos temas considerados científicos. De acordo com Ciapuscio (2003), essa primeira proposta foi aprovada pelo bispo Wilkins e por Newton. A segunda opção, considerada a mais realista, ficou definida como “estilo linear”, pois caracterizava a “transparência”, como ilustra Joseph Gusfield através da metáfora da vitrine “a língua científica deveria ser como uma vitrine, que permite ver com absoluta nitidez os objetos exibidos” (p. 63).

Ambas as atitudes representavam uma oposição declarada à retórica tradicional, onde John Locke, um dos principais representantes desse movimento, descreve essa “guerra à metáfora” ressaltando que a mesma “é uma ‘mentira perfeita’, por sua capacidade de incorporar falsas idéias na mente sem que se note” (p. 63).

De acordo com Lakoff e Johnson (1995), toda esta atitude de repúdio contra a metáfora pode ter tido suas raízes na influente obra de Platão, pois ele teria expulsado de sua República a Poética, acreditando que a metáfora não proporcionava nenhuma verdade, agitava as emoções, confundia e cegava os homens à verdade real. Até mesmo filósofos e pensadores como Thomas Hobbes e John Locke, que possuíam obras repletas de metáforas, também desqualificaram a utilização de tal recurso. No pensamento deles, “[...] a metáfora aparece como um recurso que pode entorpecer a claridade da razão” (RODRÍGUEZ, 1999, p. 02).

Segundo Cohen (1992), no capítulo 4, parte 1 de “Leviathan”, Hobbes deixa visível o que pensa sobre o uso das metáforas quando expressa que “o uso geral da linguagem é o nosso discurso mental transformado em discurso verbal; ou o fluxo dos nossos pensamentos em fluxo de palavras (p. 09)”.

John Locke, condescendente com Hobbes, discorre no seu “Essay”, livro 3, capítulo 10:

[...] Já que a inteligência e a imaginação se divertem mais facilmente neste mundo do que na verdade crua e o conhecimento real, a linguagem figurada e alusiva dificilmente será aceita como imperfeição ou abuso. Eu confesso que, em discursos nos quais procuramos o prazer e o deleite em vez de informação e aperfeiçoamento, tais ornamentos que neles originam dificilmente são vistos como defeitos. Porém, se falarmos das coisas como são, devemos admitir que toda a arte da retórica, além de ordem e clareza, e toso o emprego figurado e artificial de palavras inventado pela eloquência servem apenas para insinuar idéias erradas, estimular as paixões e, assim, induzem o juízo a erro, são, portanto, verdadeiro embuste. Não importa quão permissível ou louvável a oratória possa torná-lo em discursos bombásticos ou populares, deve, sem dúvida, ser evitado em todos os discursos que procuram informar e instruir; e, no que tange à verdade e ao conhecimento, só pode ser considerado como um defeito imenso, tanto da linguagem quanto da pessoa que dele faz uso. Quais e quantos sejam, aqui, não cabe dizer; os livros de retórica que abundam por toda parte instruirão aqueles que desejam se informar, porém, não posso deixar de observar quão pouco interessa aos homens a preservação e aperfeiçoamento da verdade e do conhecimento; já que preferem e privilegiam as artes da falácia. É evidente como os homens adoram enganar e ser enganados, visto que a retórica, aquele instrumento poderoso de equívoco e engano, tem seus defensores ilustres, é ensinada publicamente e sempre gozou de boa reputação; e não duvido eu que serei julgado ousado a até brutal por ter dito tanto contra ela. A eloquência, como o sexo frágil, é provida demais de beleza para sofrer qualquer crítica. E é inútil aquelas artes do engano nas quais os homens se deleitam em se enganar (COHEN, 1992, p. 10).

Em meio a essa oposição à metáfora, surge um fato interessante, o de um célebre poeta teórico do romanticismo literário, Coleridge. O fato é que ele não assistia às aulas de um amigo, Humphry Davy, químico, só por interesse na matéria, mas para incorporar e enriquecer o seu vocabulário de metáforas.

Todo o repúdio à metáfora prolongou-se por séculos, chegando à concepção de ciência apresentada pelo positivismo e o neopositivismo como uma “construção objetiva e puramente racional, sujeita a leis e regras de ordem lógico-formal” (CIAPUSCIO, 2003, p. 63). O neopositivismo, dominante até o começo dos anos 60, pregava a necessidade de uma linguagem científica que fosse objetiva, a-histórica, inabalável e universal.

No entender do discurso científico, o instrumento lingüístico deve ser transparente, não sendo possível nem notá-lo, pois a “... metáfora, ao vincular por analogia dois campos necessariamente diferentes, produz ambigüidades, conotações desnecessárias e interpretações subjetivas, motivo pelo qual não deve ter lugar nos textos de ciência” (p. 63).

Contrapondo-se à visão racionalista, surge no século XVIII a vertente historicista da linguagem, a qual considera que a origem da linguagem se encontra na metáfora, pois esta é considerada o instrumento primogênito pelo qual o homem assimila a experiência da realidade. Mas isso não impede de ocorrer, no século XIX, a ruína da retórica, desaparecendo como disciplina dos centros docentes para a instituição de uma disciplina restrita à teoria da elocução e a teoria dos *tropos*, sendo estas desconectadas da filosofia, o que teria causado de vez o desaparecimento da metáfora.

O valor da metáfora como instrumento, recurso de conhecimento só foi reconhecido a partir do século XX, por meio dos escritos dos filósofos e dos lingüistas. Para autores como Lakoff e Johnson (1991 apud CIAPUSCIO, 2003), a metáfora é, primeiramente, um instrumento do pensamento, considerado um recurso lingüístico somente em segunda instância. Para este autor, a “metáfora impregna o conhecer e atuar humanos; trata-se de um

fenômeno que vai muito além de palavras ou de conceitos isolados. As metáforas nos permitem entender um campo da experiência com as palavras de outro campo” (p. 64).

Nota-se que a concepção de metáfora, predominante do século XVII, até quase o século XX, é superada e, junto com esta superação, as idéias sobre a língua e sobre os textos de ciência no discurso científico. Para um humanista contemporâneo, Harald Weinrich (apud CIAPUSCIO, 2003, p. 65), a idéia de que o “cientista não usa metáforas” é apenas um mito, pois para ele *a ciência se faz com metáforas*. Esse argumento fica claro em alguns exemplos como o da ciência intitulada organicista por alguns autores que, baseando-se em analogias do comportamento dos seres vivos, formularam os primeiros modelos físicos.

Na Idade Média, acreditava-se que o universo formava uma estrutura ordenada tal que o modelo macrocósmico do todo se reproduziria no modelo microcósmico das partes. Poder-se-ia, pois, por analogia, tirar conclusões sobre o todo a partir das partes e vice-versa. A observação das luas de Júpiter inspirou a moderna concepção do sistema solar. No século XVI, os fisiologistas consideravam o coração como uma fornalha que aquecia o sangue, sendo o pulmão comparado ao funcionamento de um fole que mantinha a fornalha aquecida.

Bachelard (1996 apud ANDRADE et al., 2002) cita os historiadores da química que, na Idade Média e no Renascimento, estudaram as teorias baseadas em analogias. Um dos casos seria as analogias paracelsistas que estabeleciam correspondências analógicas entre os astros e os metais e entre os metais e as partes do corpo. “A cada doença do homem, a cada desarmonia accidental de um órgão, o remédio apropriado é o metal correspondente ao planeta análogo ao órgão doente” (BACHELARD, 1996, p. 109 apud ANDRADE et al., 2002, p. 08).

Essa atração e esse encanto são metáforas, a substantificação de um valor atribuído às pedras preciosas e ao ouro que serão utilizadas no tratamento médico. A alegria de possuir se substantifica. Propicia uma experiência íntima, um reconforto que torna inútil a verificação objetiva. Nessas opiniões dá-se a junção de uma experiência psicológica com uma médica, ou seja, a fusão de uma paixão verdadeira com uma idéia falsa. É a paixão verdadeira que constitui um obstáculo à correção da idéia falsa (BACHELARD, 1996, p.172-174 apud ANDRADE et al., 2002, p. 08).

Segundo Nagem et al. (2003) em 1869 Mendeleev descobriu a lei periódica e construiu a tabela periódica. Com ela, corrigiu alguns pesos atômicos de alguns elementos e previu três novos elementos a partir de espaços vazios em sua tabela e que, mais tarde, foram descobertos. Pegou 63 cartões, escreveu os nomes e as propriedades dos elementos, fixou-os na parede de seu laboratório. Reexaminou cuidadosamente os dados, procurando elementos similares e agrupou-os. Descobriu que as propriedades eram funções periódicas de seus pesos atômicos que repetiam periodicamente a cada sete elementos.

Esse mesmo autor lembra, ainda que, em 1886, John Newlands, um químico inglês, apresentou à Sociedade Química Inglesa um artigo no qual ele comparou o arranjo dos elementos ao teclado de um piano com suas notas divididas em periódicos ou oitavas. Ele disse que os elementos deveriam ser divididos em grupos de oito, porque cada oitavo elemento aparece, nesse arranjo, como uma espécie de repetição do primeiro, como a oitava nota na escala musical. Essa conclusão é conhecida como a lei das oitavas da Química. O uso dessa analogia foi recebido como chacota, o que quase encerrou sua carreira como cientista.

O pensamento de Thomas Robert Malthus de que as populações tendem a crescer mais do que os meios de sua subsistência inspirou Charles Darwin a hipótese evolucionária da seleção natural. Darwin aperfeiçoou a “Metáfora da Árvore da Vida” para explicar como teriam se originado e evoluído as espécies. Essa passagem é descrita por Pádua (2003) no trecho seguinte:

Ao comparar todos os seres de uma classe com troncos que, por sua vez, subdividiram-se em galhos mais finos até chegar às folhas, ele pôde explicar tanto o fato de as espécies estarem interligadas, quanto o de algumas não possuírem atualmente, nenhum representante vivo. Assim como ocorre em uma árvore, os troncos mais antigos dão origem aos galhos mais novos, mas não à folhagem. Os galhos que continuaram evoluindo se diversificaram e possuem ligações com os indivíduos mais jovens – folhas – e outros que deverão originar novas gerações – brotos (PÁDUA, 2003, p. 06-07).

Na dissertação defendida por Ferraz (2001), a autora dedica uma parte do trabalho à história da Biologia, principalmente nos processos de construção dos conceitos e das teorias científicas, pelos cientistas, através do uso das analogias e metáforas como recurso para explicar suas descobertas. Para descrever esse momento histórico, a autora faz uso do livro *O desenvolvimento do Pensamento Biológico* de Ernst Mayr (1998).

Em astronomia, a descoberta de que a “faixa luminosa”, chamada Via Láctea, é uma galáxia na qual estamos situados, foi feita pela analogia com um cata-vento ou disco gigantesco o que explica o aspecto observado (NAGEM et al., 2003, p. 03)”.

As analogias têm tido um papel muito importante no desenvolvimento histórico do conhecimento científico, de acordo com Hesse (1996 apud GALAGOVSKY Y ADÚRIZ-BRAVO, 2001). Um exemplo muito conhecido é a analogia do “pudim de passas” para o modelo atômico de Thomson. Thomson aludiu que a massa total do átomo seria devida quase que totalmente apenas às cargas positivas (prótons) e que estas estariam espalhadas, uniformemente, por toda uma esfera, formando uma massa compacta e uniforme. Na superfície dessa massa, encontrar-se-iam os elétrons aderidos e espaçados de modo uniforme. Dessa forma, esse modelo seria semelhante a um pudim coberto com passas, em que o pudim seria a massa de cargas positivas e as passas os elétrons.



Figura 1: Modelo atômico do “pudim de passas” proposto por Thomson⁴.

⁴ Ilustração encontrada em: MONTEIRO, I. G. e JUSTI, R. S. Analogias em Livros Didáticos de Química Brasileiros Destinados ao Ensino Médio. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, agosto, 2000. A autora neste artigo utilizou “passas”, mas é conhecido também como “pudim de ameixas”.

Queiroz (2000), afirma que a imagem ortodoxa da ciência não contempla o papel que o raciocínio analógico tem desempenhado na produção do conhecimento científico, muito embora se note sua presença nos depoimentos de muitos cientistas. A valorização do papel da analogia na ciência não colabora com a perspectiva positivista sobre o conhecimento científico, já que esta perspectiva propõe que o conhecimento científico tem origem na observação neutra da natureza e seu avanço se dá pelo acúmulo de dados experimentais e novas observações. A autora questiona esta imagem que é sustentada ainda hoje no pensamento dos cientistas. Prossegue e nos diz que este pensamento é fruto da própria origem do conhecimento. Ou bem este tem origem na experiência ou no pensamento e, por sua vez, esta origem do conhecimento tem resposta na própria história da ciência.

A experimentação na ciência colaborou para a cristalização de uma imagem abrangente e segura do modo como o mundo funcionava, relativa ao paradigma newtoniano que se tornou predominante até o final do século XIX. No final do século XIX e nos primeiros anos do século XX os trabalhos de Boltzmann, Einstein e outros conduziram a ciência à incorporação de teorias estatísticas/probabilísticas, abalando o determinismo científico anterior e requerendo nova base filosófica que sustentasse o trabalho científico como ainda possível de ser considerado confiável. Novos trabalhos de Einstein impuseram denso debate filosófico, com muitos desdobramentos. Um deles foi o surgimento do movimento do positivismo lógico que enfatizava mudanças na noção de realidade em ciência (Herbert, 1985) e privilegiava o método a ser seguido para a produção de conhecimento científico. Uma nova filosofia da ciência teve início em meados do século XX, trazendo novos enfoques às interpretações da ciência, opondo-se aos preceitos positivistas lógicos e tirando da lógica formal a exclusividade que tinha nas explicações sobre a produção de ciência (QUEIROZ, 2000, p. 141).

Segundo Cachapuz (1989), a linguagem no âmbito do Ensino das Ciências utilizou-se de analogias e metáforas, estreitamente ligadas à história das descobertas científicas, muitas das quais foram posteriormente popularizadas nos textos escolares. Muitos conceitos que utilizamos foram construídos através das metáforas ou emergiram diretamente das experiências.

1.2 O Papel das Analogias e Metáforas

O crescente interesse por analogias no ensino de ciências deve-se ao fato de que estas auxiliam na compreensão de conceitos científicos aproximando dois conceitos heterogêneos.

Lawson (1993, p. 1213-1214) divide os conceitos científicos em dois tipos principais: conceitos descritivos e conceitos teóricos. Os conceitos descritivos são aqueles que são de fácil observação, por exemplo, sólidos e líquidos. São conceitos em que o professor pode facilmente mostrar. Já os conceitos teóricos são de difícil compreensão, justamente por não serem observáveis, como, por exemplo, os átomos, os genes, os *quarks* etc. O autor aponta o uso das analogias como um mecanismo que pode auxiliar o aluno no entendimento deste tipo de conceito. Para ele, o papel das analogias é desenvolver explicações satisfatórias para os fenômenos naturais, já que os cientistas produzem explicações teóricas alternativas que não são vistas. As explicações alternativas geradas, na visão do autor, precisam ser testadas. Esses testes são realizados para saber se as mesmas foram hipotetizadas ou inventadas e se podem ser mantidas ou testadas. Para o autor, os cientistas geram suas explicações alternativas sugerindo analogias de objetos observáveis, eventos ou situações recuperadas a partir de uma experiência passada. O autor cita como exemplo a idéia da seleção natural a partir da seleção artificial.

De acordo com Cachapuz (1989), as metáforas e as analogias são, provavelmente, as formas de linguagem freqüentemente mais usadas. A tarefa de relacionar conceitos através de analogias é uma parte básica do pensamento humano, visto que, no nosso cotidiano, utilizamos comumente analogias para explicar “algo” para alguém ao usar expressões do tipo “Parece com...”, “É como se fosse...”, “Imagine que...”, “É a mesma coisa que...”. Como

ressalta Santos (1998) o senso comum muitas vezes não percebe é que a cognição humana já nasce dotada desse maravilhoso mecanismo e que, ademais, ele pode se constituir numa ferramenta de extrema eficácia na aquisição de novos conhecimentos. Coracini (1991, p. 137) aponta que “os conceitos metafóricos⁵ estão de tal modo arraigados à nossa cultura que estruturam nossas atividades diárias e científicas de forma imperceptível e inconsciente; são, aliás, constitutivos da forma de pensar e agir de uma época”.

Como ressalta Duit (1991), é difícil fazer a distinção entre metáfora e analogia, pois autores diferentes geralmente têm conceitos diferentes em mente quando empregam estes termos. É difícil aceitar que uma analogia é diferente de uma metáfora, visto que há semelhanças entre elas, mas as mesmas são expressas de maneiras diferentes. “Uma analogia compara explicitamente as estruturas de dois domínios; indica identidade de partes das estruturas. Uma metáfora compara implicitamente, realçando características ou qualidades relacionais que não coincidem em dois domínios” (p. 651).

Dagher (1995) aponta que as analogias e metáforas podem, também, assumir várias características se inseridas em diferentes disciplinas.

Para o gramático, por exemplo, “metáfora é uma figura de linguagem”. Considerando que para o filósofo, a metáfora é chamada ‘repetição eterna’, indução’, ‘semelhança’, ‘sinônimo’, e ‘universal’. Para o cientista, a metáfora é analogia, cujos aspectos estruturais foram amenizados, ou é o ‘modelo’. [...] Para os professores de ciência, poderíamos especular que metáforas, analogias, e modelos são ferramentas para aumentar a compreensão dos estudantes sobre a ciência (DAGHER, 1995, p. 260).

Para Duit (1991), a essência de uma metáfora está nos elementos de comparação que estão escondidos. “Metáforas sempre têm algum aspecto de surpresa [...] são

⁵ A expressão “conceitos metafóricos” surgiu com Lakoff & Johonson (1980) quando propuseram um terceiro método de abordagem da metáfora. Além do comparatista e interacional, eles propõem o método conceitual. Este método considera a metáfora um procedimento de raciocínio, pois considera “o nosso sistema conceitual ordinário, em termos do qual pensamos e agimos é metafórico por natureza” (CORACINI, 1991, p. 137).

comparações onde a base de comparação deve ser revelada ou mesmo criada pelo destinatário da metáfora” (p. 650). Segundo Ciapuscio (2003), a metáfora produz um efeito que ao mesmo tempo em que destaca determinadas características do objeto, simultaneamente obscurece as outras. Para esta autora, o termo metáfora não é apenas usado para se referir a mensagens apresentadas em sentenças, não se refere apenas à semântica das palavras, mas tem também uma dimensão cognitiva. Ainda, segundo esta autora, a metáfora é um recurso lingüístico que supõe uma analogia implícita, onde a pessoa que a interpreta deve repor os elementos relacionados metaforicamente, percebendo que os mesmos podem substituir-se entre si.

Tais figuras de linguagem, apesar de parecerem distintas, possibilitam, respectivamente, a existência de um “trânsito” entre os conceitos prévios – fonte – e os conceitos desconhecidos – alvo, pelo qual o indivíduo é levado a reestruturar suas informações, podendo formar um novo esquema ou acrescentar novas informações àquele já formado. A relação do conceito fonte com o conceito análogo, a qual se denomina analogia, é representado por Duit (1991) através de um esquema, no qual tais conceitos são identificados como análogos e alvos resultando no chamado modelo.

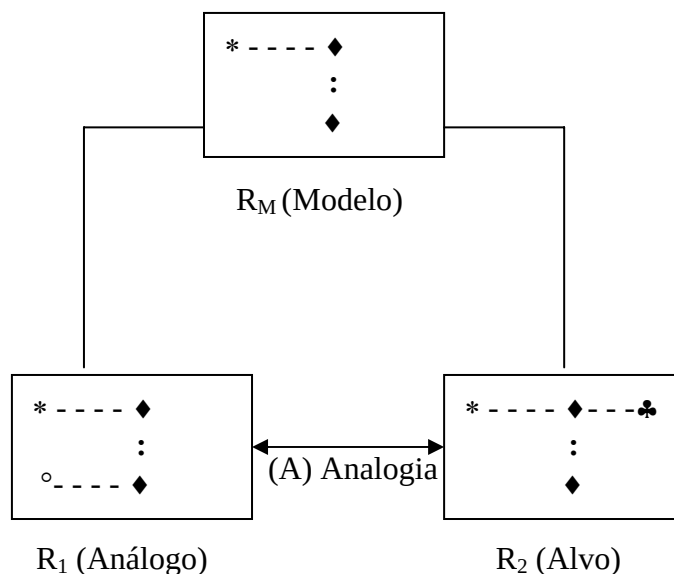


Figura 2: O significado de analogia, segundo Duit (1991, p. 650).

Enfatizando o que Duit (1991) ressalta na representação, Godoy (2002) aponta que o reconhecimento de uma analogia requer uma compreensão de ambas as partes envolvidas na relação e dos vários aspectos que cada uma apresenta, para poderem se identificar os aspectos em que se centra a relação. Segundo Holyoak & Thagard (1995 apud PÁDUA, 2003) o processo de geração de uma analogia pode se dar basicamente em três estágios: seleção, mapeamento e avaliação.

Geralmente quem tenta solucionar um problema seleciona um análogo fonte de sua memória (seleção), mapeia o análogo fonte sobre o análogo alvo, gerando inferências a respeito do análogo alvo (mapeamento), avalia e adapta tais inferências a fim de se dar conta dos aspectos singulares do análogo alvo (avaliação) e, finalmente, aprende algo genérico a partir do sucesso ou insucesso da analogia (aprendizado) (HOLYOAK & THAGARD, 1995 apud PÁDUA, 2003, p. 05-06).

Entende-se que tanto as similaridades quanto as limitações e as conseqüências fazem parte da estrutura de uma analogia. Nesse sentido, Pádua (2003) expressa que

[...] o processo analógico consiste em um movimento pelo qual o indivíduo exerce um contínuo paralelismo entre os campos fonte e alvo, identificando as diferenças e semelhanças da informação que lhe estejam sendo apresentadas e aquelas que já possui, de forma que possa compreender e aprender o novo significado, a nova representação, e construir assim uma nova estrutura ou um novo conhecimento (PÁDUA, 2003, p. 04).

No entender de Santos (1989 apud CACHAPUZ, 1989, p.129), “a originalidade da analogia está em que ela em vez de estabelecer uma banal relação de semelhança, estabelece uma imaginativa semelhança de relação e tem, por isso, uma grande eficácia no desenvolvimento e na extensão do pensamento”.

1.3 Analogias e Metáforas como Recursos Didáticos

As analogias podem ser recursos didáticos facilitadores da aprendizagem, pois utilizam conceitos e situações que possuem referentes na estrutura cognitiva dos alunos, onde estes referentes podem relacionar-se analogicamente com os conceitos científicos cuja aprendizagem se quer facilitar.

O estudo realizado por Oliva (2003) mostra que os professores mantêm certo grau de confusão na hora de distinguir as analogias de outros recursos didáticos. A seguir, destacam-se algumas das crenças encontradas em tal estudo.

a) Os inconvenientes das analogias são inevitáveis e consubstanciais com esta ferramenta didática ou com as características do aluno. Não dependem, portanto, da metodologia de ensino através dos quais se planeja seu uso.

b) A analogia consiste em um produto pré-fabricado que se aprende e não é um processo. A analogia se considera como um artifício que o professor “fabrica” e os alunos aprendem.

c) Ao enfrentar uma analogia, os alunos se comportam como uma *tabula rasa* completando buracos em sua memória com os conteúdos que lhes transmite o professor.

A comunicação escolar, especificamente nas ciências naturais, encontra uma série de dificuldades, sendo uma delas a presença de um espaço relevante entre a linguagem comum e linguagem científica, também chamada “linguagem científica erudita” (GALAGOVSKY y ADÚRIZ-BRAVO, 2001, p. 231). Para esses autores, aprender ciências implica, antes de tudo, aprender a manobrar a linguagem. Dessa forma, Ortony (1975) sublinha que metáforas e analogias têm sido comumente usadas como instrumentos de ensino, pois demonstram que a capacidade de imaginar está intimamente relacionada à capacidade de aprender.

Pode-se dizer que as analogias contribuem para o ensino de ciências na medida em que estimulam a criatividade e imaginação dos alunos evocando as chamadas ‘imagens mentais’ sobre conceitos considerados abstratos. Este poder de ‘visualização’ das analogias – importante para a aprendizagem dos conceitos – pode ser aumentado através do uso de uma ilustração do domínio análogo como retrata Thiele e Treagust (1995).

A utilização de tais recursos num contexto educacional, segundo Cachapuz (1989), não favorece a função interpretativa da linguagem, mas sim, no melhor dos casos, a sua função de transmissão do conhecimento, isto é, o foco na simples comunicação entre o professor e o aluno (e vice-versa) e onde o mais importante é avaliar se a informação foi corretamente transmitida.

Adrover e Duarte (1995 apud ANDRADE et al., 2002) valorizam o uso das analogias no processo de ensino e aprendizagem como estratégia pedagógica quando sustentam que

A estratégia analógica de instrução consiste em uma modalidade de explicação, onde a introdução de novos conhecimentos por parte de quem ensina, se realiza a partir do estabelecimento explícito de uma analogia com um domínio de conhecimento mais familiar e melhor organizado, que serve como um marco referencial para compreender a nova informação, captar a estrutura da mesma e integrá-la de forma significativa na estrutura cognitiva (p. 01).

Dos recursos didáticos existentes, a analogia é entendida como um mecanismo transferencial; tratando-se de uma das principais funções semióticas que permitem o processo de transposição didática (GALAGOVSKY y ADÚRIZ-BRAVO, 2001). Considera-se que, ao operar uma transposição didática sobre os saberes científicos para transformá-los em conteúdos escolares, pode fabricar-se sobre os conteúdos uma nova representação - tanto analógica quanto metafórica - mediada por situações comuns ao conhecimento dos alunos.

A transposição didática (Chevallard, 1997) constitui a transformação do saber erudito em conhecimento a ensinar. É o processo pelo qual se escolarizam os conteúdos científicos. Para construir um modelo didático a partir do modelo científico, tem envolvido uma grande quantidade de operações de transposição no plano lógico (das formas) e no plano semântico (dos conteúdos). Algumas delas são: diminuir o grau de abstração, reduzir o número de variáveis, substituir o modelo aproximativo vigente em outros momentos históricos, analogar o modelo a situações mais conhecidas pelos alunos, utilizar metáforas que o expliquem (ADÚRIZ-BRAVO e MORALES, 2002, p. 83).

De acordo com a visão construtivista, a aprendizagem é um processo ativo de construção só sendo possível por meio do conhecimento previamente adquirido. Pode-se dizer com isso que a aprendizagem é um processo que se emprega o já familiar para compreender o que não é familiar, desconhecido. Nesse aspecto, ressalta-se o significado do emprego das analogias dentro de uma abordagem construtivista.

Segundo Duit (1991), estudos sobre concepções alternativas, representações prévias dos alunos em relação aos conceitos científicos evidenciam que eles freqüentemente tentam compreender os fenômenos através do emprego de analogias em áreas que são familiares a eles. Isto vem reforçar a idéia de que os conteúdos que devem ser explorados pelo professor no uso das analogias e metáforas são aqueles poucos “íntimos” dos alunos.

Mas para que o processo de aprendizagem tenha a eficácia explicitada, é preciso que o mesmo decorra da escolha de uma situação ou exemplo inicial apropriado (STAVY, 1991) que sirvam como ponte entre intuições corretas dos alunos e situações análogas a serem aprendidas, mais especificadamente, que sejam “exemplos âncora” (MORTIMER, 2000). Duit (1991) já advertia a semelhança entre um exemplo e uma analogia no processo de aprendizagem quando explicita que as

Analogias e exemplos servem propósitos semelhantes no processo de aprendizagem na medida que ambos são usados para tornar o desconhecido, familiar. À primeira vista, parece ser possível diferenciar claramente entre analogias e exemplos. “Um exemplo é um caso ilustrativo de um conceito não uma comparação entre características semelhantes de dois conceitos” como Glynn e outros (1989, p.385) colocam isto. Mas exemplos podem ser vistos como analogias ou usados desta maneira. Se, por exemplo, um aluno associa exemplos adicionais com um conceito dado, ele ou ela faz claramente declarações que envolvem comparações. Estes são referidos aqui, como analogias. Portanto, os muitos exemplos geralmente dados para retratar as características de um conceito, podem ser considerados estarem em uma relação analógica (DUIT, 1991, p. 651).

As situações ou exemplos definidos pelo professor devem possuir um conteúdo que seja familiar aos alunos e um outro que seja desconhecido por eles. Além de o domínio ser familiar, é necessário que o alvo seja, de certa forma, ‘difícil’ para que os alunos utilizem a analogia como uma estratégia cognitiva. Isso porque o raciocínio analógico é a chave que permitirá o acesso aos processos de aprendizagem, já que todo novo conhecimento incluiria uma busca de aspectos similares entre o que já se conhece e o novo, familiar ou não familiar (PITTMAN, 1999).

Dessa forma, o processo de escolha de uma situação familiar depende da qualidade da analogia e da extensão em que ela atende às suas finalidades. Se a finalidade de uma analogia é tornar a explicação formal familiar aos alunos, os critérios sugeridos para seu julgamento seriam: o número de características comparadas; a similaridade das características comparadas; e o significado conceitual das características comparadas. Isso significa que quanto maior o número de características comparadas entre o domínio da analogia e o domínio do alvo, maior será o poder explicativo da analogia.

É necessário ressaltar que uma "boa" analogia pode ser redigida baseada em poucas ou mesmo uma única característica, desde que tais características atendam às finalidades de quem a propõe, podendo ser considerada ‘ruim’ se for difícil identificar e mapear as similaridades existentes entre o domínio da analogia e o domínio do alvo.

1.3.1 Estratégias Didáticas para o Uso de Analogias

Segundo Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001), a idéia básica que está por trás da construção de uma estratégia didática com a utilização de analogias seria conhecer profundamente o tema que se quer ensinar, abstrair seus conceitos nucleares e as relações funcionais entre ditos conceitos e traduzir toda uma situação, o mais inteligível⁶ possível para os alunos, seja proveniente da vida cotidiana, da ciência, ou – ficção – ou do senso comum.

Clement (1987 apud DUIT, 1991) e um grupo de colegas da Universidade de Massachusetts desenvolveram uma abordagem promissora para “remediar” as concepções alternativas dos estudantes, o que eles chamam de “analogias pontes” ou “analogias transponíveis”. O estudo do grupo começa com o mapeamento das concepções alternativas através das pesquisas na área. Há, por exemplo, abundantes evidências empíricas de que o uso das analogias freqüentemente falha porque (1) os alunos não entendem o análogo apropriadamente e (2) os alunos não são capazes de esquematizar as analogias pretendidas. A principal idéia das analogias ponte está baseada nas duas deficiências mencionadas. Clement e seus colegas procuraram cuidadosamente por situações análogas que desencadeassem uma intuição correta, isto é, uma intuição que pode ser desenvolvida em direção à compreensão da situação alvo. Os autores chamam os análogos de “âncoras” (ou “exemplos de ancoragem”). Mas mesmo se o ensino da analogia parte de análogos familiares aos alunos, ele freqüentemente falha porque o “salto” do análogo para o alvo é muito grande. Este grande salto é, todavia, partido em saltos menores para que possam ser controlados. Um exemplo dessa situação seria um livro apoiado em uma mesa. É conhecido das pesquisas que os alunos têm dificuldades graves em compreender que a mesa “força” (“empurra”) o livro, isto é, que a

⁶ Posner et. al. também argumentam que analogias e metáforas são úteis para tornar novas idéias inteligíveis (POSNER et. al., 1982).

mesa está agindo sobre o livro via uma força. De acordo com os alunos, forças são presas a coisas ativas. Entendendo que a mesa não é ativa; portanto, não há força no livro causada pela mesa. Para orientar os alunos a compreender a situação alvo, isto é, que há uma força ascendente agindo sobre o livro devido à ação da mesa, eles iniciam com a seguinte situação: uma mola é comprimida com o dedo. Neste caso, há obviamente uma força agindo sobre o dedo causada pela mola. Contudo, esta situação desencadeia a intuição correta. Desta situação âncora, eles prosseguem em direção à situação alvo via duas situações ponte: um livro sobre uma superfície de borracha e um livro sobre uma prancha flexível (fina).

Cachapuz (1989) racionaliza um possível modelo de ensino para analogias organizado segundo as fases que se apresentam.

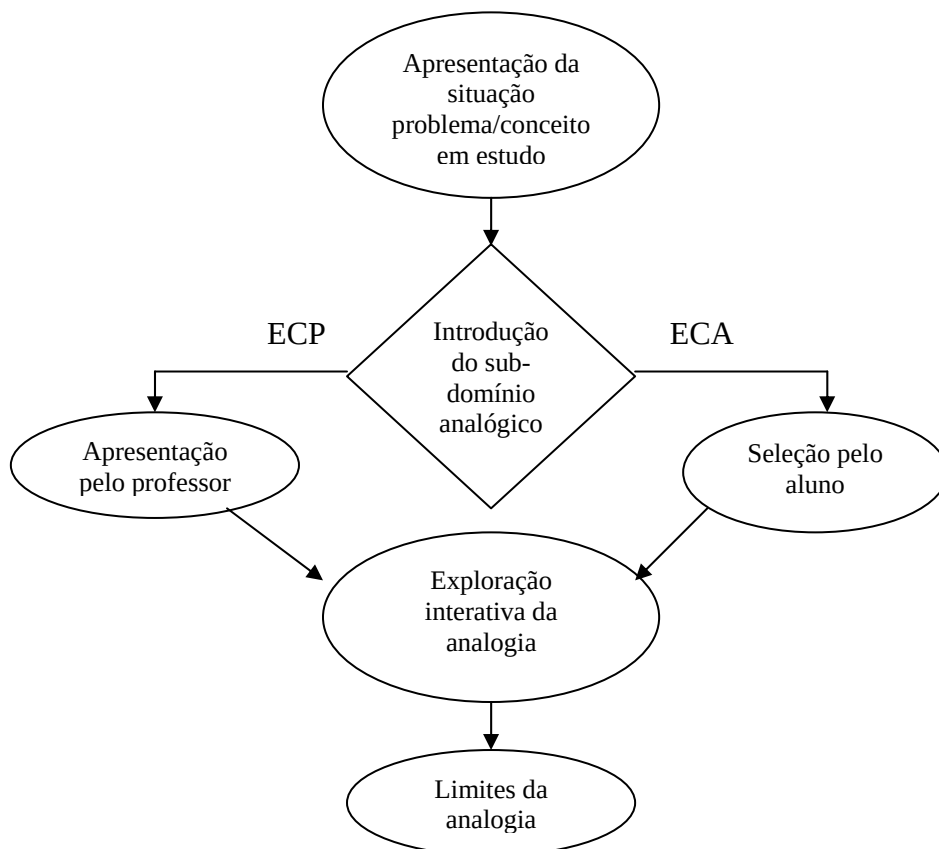


Figura 3: Modelo de ensino assistido por analogias (CACHAPUZ, 1989, p. 124).

Este modelo proporciona o emprego das analogias tanto pelo professor quanto pelo aluno. A estratégia será centrada no professor (ECP) quando a apresentação dos conceitos é um domínio conceitualmente novo para o aluno. Neste caso, as analogias funcionam como mediadoras de ensino, estabelecendo “pontes cognitivas” que facilitam a integração da nova informação na estrutura cognitiva do aluno. A estratégia será centrada nos alunos (ECA) quando se presume que o domínio em estudo já está minimamente estruturado pelos mesmos.

Outro modelo proposto para a utilização das analogias e metáforas como recursos didáticos mediadores do processo de aprendizagem é o modelo proposto por Glynn et al. (1998) intitulado *TWA – Teaching With Analogies*. Os autores colocam que o modelo foi inicialmente baseado em análises de livros didáticos de vários níveis escolares e de observações de professores exemplares de ciências. Feita uma análise desses dois momentos, os mesmos propuseram que a utilização de analogias como recursos de aprendizagem deve ser feita com base nos seguintes passos: introduzir o conceito alvo; sugerir as informações do conceito análogo; identificar as características relevantes entre o alvo e o análogo; mapear as similaridades entre o análogo e o alvo; indicar o limite da analogia e gerar conclusões. Os autores apontam que os professores poderiam ensinar seus alunos, modificando as analogias usadas pelos autores dos livros. Isso faz com que os conteúdos se tornem significativos para os estudantes. O modelo é flexível quanto à realização dos passos, mas os autores ressaltam que a eficácia do mesmo pode estar em utilizar todas as operações, pois se o autor do livro ou o professor optar por estar utilizando apenas um dos passos pode ser que os alunos venham a desenvolver falhas, o que pode provocar um empobrecimento na aprendizagem ou até mesmo a geração de concepções alternativas sobre o conceito ensinado.

De forma a verificar a eficácia de tal modelo, Harrison e Treagust (1994) fazem uma análise ressaltando que podem surgir modificações na aplicação da seqüência dos passos

propostos por esse modelo, pois há três fatores que o influenciam: o estilo do professor, as particularidades do conceito científico e o análogo que está sendo usado. No passo dois, ao inserir o análogo, o professor deve estar atento a aspectos como as diferenças culturais e sócio-econômicas entre os estudantes e o professor, para que os alunos possam visualizar o análogo da forma mais próxima possível. Alegam que os passos três e quatro podem se tornar um único passo. O passo cinco pode ser feito de forma paralela ao passo quatro e o passo seis é necessário. Os autores concluem que para a instrução ser efetiva a mesma deve conter três passos fundamentais: assegurar que o professor e o aluno visualizem o análogo; desenvolver os atributos de forma plausível de modo a elucidar o conceito alvo; e identificar claramente para os alunos os atributos compartilhados.

Para Otero (1997), o uso das analogias em salas de aula tem tido uma tendência similar ao uso das analogias em livros texto. Nos livros textos, as analogias abordadas não proporcionam aos alunos as informações necessárias que os ajude a interpretá-las e que os previna das possíveis correspondências incorretas ou dos limites do modelo proposto. Nas salas de aula, enfatiza que os professores não possuem um bom repertório de analogias para trabalhar. Através desses fatos, propõe uma sequência de passos que resultaria eficaz na utilização dessa figura de linguagem:

- a) introduzir o sistema a modelar: “branco”;
- b) introduzir o “modelo análogo”, discutindo em profundidade suas características;
- c) estabelecer correspondências explícitas entre os conceitos, elementos e variáveis de um e de outro;
- d) explicitar e discutir similaridades e diferenças entre o análogo e o “branco”;
- e) derivar a partir do análogo conclusões acerca do “branco”.

Contrastar empiricamente (se é possível) as conclusões derivadas; indicando sempre os limites de validade do modelo. (OTERO, 1997, p. 185).

De acordo com Duit (1991), este tipo de abordagem tem se constituído num caminho promissor para o uso de analogias; contudo, ressalta, que a abordagem não é simplesmente a introdução de uma situação ponte, que a mesma está devidamente direcionada ao aluno. A mesma possui deficiência se se considerar que é insuficiente o número de situações âncoras boas para fazer a transposição disponível.

1.3.2 Vantagens e Desvantagens no Uso de Analogias e Metáforas

Pensando no campo pedagógico, do Ensino de Ciências, as analogias e as metáforas devem ser usadas pelos professores como ferramentas de aprendizagem com as devidas precauções, pois as mesmas estimulam processos de raciocínio em seus alunos. Duit (1991) atento a essas limitações, não propõe a analogia como uma alternativa às estratégias de ensino por explicitação de idéias, como o fazem Millar (1989) e Stavy (1991), pois, segundo ele, há vários resultados ambíguos em relação ao uso de analogias no Ensino de Ciências. Ele relata estudos que apontam problemas no uso de analogias, principalmente porque os estudantes não percebem a similaridade entre os domínios análogos, ou se prendem a aspectos superficiais que conduzem à generalização de concepções inadequadas.

Duit (1991), sob uma perspectiva construtivista, aponta vantagens e desvantagens na utilização de analogias em situações de ensino. O autor cita como vantagens:

a) são ferramentas valiosas na aprendizagem sob mudança conceitual, pois abrem novas perspectivas;

- b) podem facilitar a compreensão dos abstratos apontando para as semelhanças;
- c) podem provocar a visualização dos abstratos;
- d) podem provocar o interesse dos alunos e dessa forma, motivá-los;
- e) forcem o professor a levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos, além de revelar concepções “errôneas” nas áreas já ensinadas.

As analogias podem ser desvantajosas nos seguintes casos:

- a) uma analogia nunca está baseada em uma combinação exata entre analógico e alvo. Geralmente há características do analógico que são diferentes do alvo e isso pode induzir ao erro;
- b) o raciocínio analógico somente é possível se as analogias pretendidas realmente são formuladas pelos alunos. Se os alunos mantiverem conceitos errôneos no domínio analógico, o raciocínio analógico os transferirá para o domínio alvo;
- c) apesar de o raciocínio analógico ser comum, o uso espontâneo das analogias proporcionadas pelos professores ou alunos ainda são raros. O uso de analogias em situações de aprendizagem exige orientações consideráveis. O acesso às analogias dadas é facilitado por semelhanças superficiais e por aspectos de estrutura profunda, mas somente este aspecto tem poder inferencial.

Apesar de todas as vantagens e da necessidade da utilização dessas figuras de linguagem destacadas por alguns autores, há de se levar em conta que alguns problemas podem ocorrer devido à falta de sistematização na utilização da analogia. De acordo com Perelmam (1987), uma visão empirista da ciência

[...] não concederá à analogia mais do que papel heurístico, será eliminada a partir do momento em que tenha exaurido o seu papel, só permanecendo os resultados das experiências que ela pode sugerir: o seu papel será de andaimes de uma casa em construção, que são retirados quando o edifício está terminado (PERELMAM, 1987 apud ANDRADE et al., 2002, p. 02).

Esta afirmação indica que o papel heurístico das analogias, ou seja, sua habilidade de conduzir à descoberta e a resolução de problemas, não é contrariado quando se trata de explorar o desconhecido, de sugerir uma idéia àquilo que não é compreensível. Dessa forma, iniciar uma investigação a partir de um domínio conhecido é um valioso instrumento para orientar uma nova investigação.

Holyoak (1990 apud PÁDUA, 2003) enfatiza os perigos que pode haver na utilização das analogias e metáforas, mesmo o processo parecendo claro e óbvio demais. Afirma que,

[...] apesar da aparente facilidade em se construir o mapeamento necessário para relacionar as características isomórficas entre os domínios fonte e alvo, é comum ocorrer deficiências abstrativas [...] há a necessidade de decifrar as analogias e metáforas para compreendê-las. Para decifrá-las não basta o código lingüístico de origem, mas possuir grande familiaridade com os elementos utilizados como campo fonte, com a cultura geral e com o contexto em que foi utilizada (HOLYOAK, 1990 apud PÁDUA, 2003, p. 06).

Gaston Bachelard no seu livro “A formação do espírito científico”, de 1938, foi um dos autores que mais alertou para os perigos da utilização de analogias e metáforas no Ensino de Ciências. Neste livro, Bachelard volta-se para a compreensão de como a forma da linguagem pode dificultar o trabalho do cientista e constituir um obstáculo epistemológico ao pensamento científico. Para ele, um dos obstáculos apontados refere-se ao obstáculo verbal, onde são relacionados ao uso “desajustado” que os professores fazem das imagens, analogias e metáforas.

Na interpretação de Andrade et al. (2002), um obstáculo verbal seria uma falsa explicação obtida à custa de uma palavra explicativa onde uma só palavra funcionaria como uma imagem, ocupando o lugar de uma explicação. No primeiro capítulo do seu livro, fica evidente a posição de Bachelard quanto ao uso das imagens em Ciências e no Ensino de Ciências. Ele diz que “uma ciência que aceita imagens, é mais que qualquer outra vítima das

metáforas”, dessa forma, “o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas” (BACHELARD, 1998, p. 48). Para ele, o perigo “das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo, tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem” (p. 101).

Santos (1998) assinala, ainda, que Bachelard, em 1943, na sua obra “*L’air et les songes: essais sur l’imagination du mouvement*”, aceita que as “imagens e metáforas na prática científica e na prática pedagógica, têm um papel importante para “dar a ver” o que é abstrato. Em suma, ela diz que

Bachelard admite uma utilização científica, embora efêmera, de certas imagens e metáforas se estas não atuarem apenas como fatores de distração à construção dos conceitos científicos. Se não fizerem correr o risco de tomar os andaimes pelo vigamento. Defende o conceito contra a imagem passando pela imagem. Daí diz que é preciso “desrealizar” metáforas, e imagens ingênuas (BACHELARD, 1943 apud SANTOS, 1998, p. 142).

Fica evidente nesta passagem que Bachelard não é totalmente contra o uso dessas figuras de linguagem, mas contra o uso indevido das mesmas, no sentido de serem usadas para reforçar as concepções prévias, as falsas idéias da realidade, podendo-se tornar em obstáculos epistemológicos e pedagógicos.

Torna-se indispensável o papel que o professor desempenha no processo de utilização de tais recursos, pois como mediador, ele tem a tarefa de direcionar, consciente ou não, a atenção dos alunos para os aspectos que sejam mais relevantes, isto inclui tanto similaridades quanto as diferenças entre o campo familiar e o não familiar, pois tais mediações são veiculadas através do seu discurso docente.

Geralmente, são os professores os que geram as analogias, porque conhecem o tema da perspectiva científica e, ao simplificá-las, pretendem transmitir suas propriedades

relevantes a objetos ou situações comuns. Tem-se que tomar cuidado, pois às vezes, só se entende a analogia inicial, mas não o conteúdo científico-meta (PITTMAM, 1999).

O perigo mais freqüentemente apontado na utilização de analogias é que os alunos podem levar a analogia longe demais e, conseqüentemente, estabelecerem relações analógicas incorretas. Isto não diminui o valor das analogias enquanto recursos didáticos, mas ressalta a necessidade de auxiliar os alunos a identificarem não só as similaridades, como também as diferenças entre o domínio da analogia e o domínio do alvo.

1.4 Analogias e Metáforas no Ensino de Física

[...] o crescimento do espírito matemático é bem diferente do crescimento do espírito científico em seu esforço para compreender os fenômenos físicos.

Gaston Bachelard

Almeida (2000) descreve o cotidiano de uma aula de Física baseando-se em observações de sala de aula e depoimentos de professores envolvidos com tal prática escolar. Em seus estudos, levanta que,

[...] na maioria das escolas os procedimentos didáticos em aulas de física incluem principalmente a exposição pelo professor dos conteúdos de livros didáticos, com os estudantes tentando solucionar exercícios de maneira quase mecânica” e que [...] inúmeros investigadores têm se dedicado a estudos centralizados no trabalho do professor e nas mediações que se estabelece em classe (ALMEIDA, 2000, p. 24).

Toda aula tem implícito um projeto do professor, o qual irá influenciar suas ações e decisões, tais como, a escolha: “dos conteúdos a serem abordados, dos objetivos de ensino, das atividades que os estudantes irão realizar, dos recursos didáticos que estarão ou não presentes, bem como dos procedimentos de avaliação (ALMEIDA, 2000, p. 26)”.

Historicamente, a analogia tem sido muito utilizada como “recurso heurístico auxiliar no Ensino de Física e das demais Ciências Naturais” (ADÚRIZ-BRAVO e MORALES, 2002, p. 84). Gordillo (2003) ressalta que o uso das metáforas tem chegado a ser um componente essencial na formulação das teorias e até de experimentos em campos centrais da Física.

Especificamente, no Ensino de Física, as pesquisas têm indicado, por exemplo, que elas são ferramentas didáticas úteis na comparação de fenômenos (ou conceitos) semelhantes (HERRMANN e SCHMID, 1985; JORGE, 1990; GRANT, 1996; OTERO, 1997).

O aprendizado da Física torna-se mais fácil e agradável se o estudo de um fenômeno novo for comparado a um fenômeno semelhante já conhecido. O estudo torna-se mais eficaz se a analogia é feita com um fenômeno encontrado na natureza ou de simples realização na sala de aula [...] A comparação entre fenômenos semelhantes contribui para a sedimentação dos conceitos semelhantes e facilita a introdução de conceitos novos (JORGE, 1990, p. 196).

Jorge (1990) enfatiza que a analogia age como um mecanismo que facilita a compreensão de “abstratos”, provocando a visualização dos mesmos. Esse poder de visualização das analogias é observado por Ibrahim Halloun (1996 apud Moreira, 1997) quando o autor aponta que,

[...] a aprendizagem do aluno será tanto mais significativa quanto maior for sua capacidade de modelar. Física é uma ciência de modelos e a modelagem é uma atividade sistemática dos físicos para construir e aplicar o conhecimento científico. Aprender Física implica, então, aprender e jogar o “jogo da modelagem” (MOREIRA, 1997, p. 28).

O Ensino de Física possui várias preocupações, sendo uma delas estabelecer relações entre a teoria (conceitos) e os fenômenos da realidade. Dessa forma, o aprendizado torna-se mais fácil e agradável se o estudo de um fenômeno novo for comparado a um fenômeno semelhante já conhecido do aluno, como, por exemplo,

[...] o estudo da queda de uma gota d'água no ar ou da queda de um pára-quadras fica bem mais compreensível ao aluno se explicado após o estudo do movimento de pequenas esferas de aço em uma proveta contendo glicerina. Para o aluno fica mais evidente associar as forças e os movimentos da gota d' água e do pára-quadras (JORGE, 1990, p. 196).

Apesar do conhecimento científico ser um conhecimento distinto do conhecimento do senso comum, este tem grande utilidade para se aceder àquela forma de conhecimento. Assim, analogias e metáforas são utilizadas pelos professores e alunos baseadas no senso comum ou no universo sócio-relacional experimentado, abstrata ou concretamente por eles.

Segundo Cunha (1989), os professores compreendem que tudo o que é mais próximo, que é real para o aluno tem maior significado. Exemplifica com a fala de um professor de física: “Antes da conceituação, procuro elementos que concretizem a idéia do fenômeno. Uso os próprios alunos, suas experiências de vida e de trabalho. Parto daí...” (p. 110).

Com isso, as principais contribuições dadas pelas analogias e metáforas ao Ensino de Ciências, portanto, ao Ensino de Física, são os estímulos à criatividade e imaginação dos alunos. Talvez seja por isso o crescente número de pesquisas que apontam para a idéia da aprendizagem ser mediada por tais fenômenos.

Alguns estudos identificam a utilização espontânea de analogias em salas de aula, em livros de texto e em artigos de divulgação científica, predominantemente como elemento enfático de relato de como explicar relações entre conceitos físicos através de uma linguagem comum. Dentre eles, pode-se destacar os estudos sobre eletricidade (HERRMANN e SCHMID, 1985; GRANT, 1996; JORGE, 1990; OTERO, 1997), óptica (HARRISON e TREAGUST 1993) e ondas (PACCA e UTGES, 1999).

Otero (1997), em um de seus estudos⁷, analisa o uso da analogia hidráulica para explicar o conceito de corrente elétrica. Uma das conclusões que chega é que

[...] deve-se explorar o significado que para os alunos tem as chaves, resistências e uniões entre condutores, que em geral não é coincidente com o que atribuímos a física. Em um segundo passo devem “negociar-se” os significados do professor e do aluno até que estes sejam compartilhados com a melhor aproximação possível a o que compartilha a comunidade científica (OTERO et al., 1996) (OTERO, 1997, p. 184).

Jorge (1990) destaca o importante papel desempenhado pelas analogias no ensino de Física, uma vez que o professor pode utilizá-las em quase todas as áreas, tornando o seu ensino mais agradável e eficiente. Toma como exemplo o estudo do movimento harmônico simples, que se torna muito mais inteligível se for avaliado sobre a projeção do movimento circular uniforme. De acordo com ele

[...] a analogia entre os dois movimentos serve para reforçar conceitos já introduzidos e assimilados no estudo do movimento circular uniforme e destaca as diferenças entre os dois movimentos dando ainda a oportunidade de introduzir novos conceitos e demonstrações das equações do movimento harmônico simples de uma forma mais natural e atrativa para o aluno (JORGE, 1990, p. 196).

Neste contexto, Jorge (1990) lembra outro conceito, que pode seguir a mesma trajetória do conceito de movimento harmônico simples, é o caso do conceito de transmissão de calor. “O estudo de transmissão de calor torna-se deveras simplificado se fizermos a analogia com a transmissão de eletricidade” (JORGE, 1990, p. 196).

⁷ OTERO, M. R. ¿Cómo usar analogías en clases de Física?, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 2, p.179-187, ago. 1997.

Na eletricidade, haverá uma corrente elétrica se houver uma diferença de potencial entre dois pontos. Na área térmica haverá uma corrente térmica ou fluxo térmico (ϕ) se houver uma diferença de temperatura entre dois pontos de um sistema. Quando o fluxo de calor é constante, ou seja, não depende do tempo e a temperatura de cada ponto permanece constante, o regime de transmissão de calor é chamado de permanente ou estacionário. Na transmissão de calor por condução, característica dos sólidos, a energia é transmitida por meio de impactos entre os átomos constituintes do sistema e pelo deslocamento dos elétrons livres das regiões de alta temperatura para as de baixa temperatura. Assim, a transferência de carga elétrica causada por uma diferença de potencial térmico – temperatura – tem uma analogia proveniente, em parte, do fato dos dois fenômenos terem a mesma origem, ou seja, o deslocamento de elétrons livres (JORGE, 1990, p. 196-197).

Herrmann e Bruno Schmid (1985) acentuam a potencialidade da aplicação das analogias em contextos e temas diferentes, mas estruturalmente análogos. Pacca e Utges (1999), particularmente discutem em sua pesquisa a questão da transposição didática e a possibilidade da inserção das analogias para se trabalhar um determinado conceito de Física.

Gentner & Gentner (1994 apud QUEIROZ et al. 2001) consideram o domínio de eletricidade ideal para se investigar o papel das analogias. Os autores apontam que, além de ser um fenômeno do dia-a-dia, seus mecanismos são essencialmente abstratos. Nos estudos realizados, demonstram que as “analogias têm efeitos conceituais reais, não sendo simples terminologia superficial” (p. 89).

Pacca e Utges (1999) ao estudarem o modelo ondulatório, assinalam que tal fenômeno tem sido pouco difundido no ensino de física. Discorrem que tal situação, talvez, seja por causa da complexidade e do nível de abstração apresentado pelo mesmo. Salientam que, são pouco exploradas as analogias e “situações prototípicas” (p. 02) oferecidas pelos livros didáticos para explicar tal fenômeno. Além disso, ressaltam o problema da linguagem matemática, que normalmente utiliza diversas fórmulas, funções de duas variáveis, ou seja, grandezas que, às vezes, estão muito longe da realidade do aluno.

Essas autoras reforçam que

[...] ao pretender utilizar analogias para propiciar a aprendizagem de algum conceito científico é fundamental conhecer as representações espontâneas dos estudantes a respeito dele, mas também o modo como eles representam o elemento análogo que pode estar envolvido; esses dois aspectos definirão de que maneira a analogia realmente poderá ser interpretada (PACCA e UTGES, 1999, p. 09).

Baseando-se nas conclusões de vários pesquisadores, Utges (1999) aponta algumas características que se deve considerar ao se propor situações didáticas: a) atenção aos limites da analogia; b) ao se utilizarem analogias múltiplas ou integradas, usar aquela que mais se adequa ao conceito estudado; c) ter conhecimento das idéias prévias dos estudantes, selecionando, assim, as analogias que podem ser assimiladas em suas estruturas de conhecimento, por exemplo, as analogias “âncoras”; d) balancear o nível das representações, não entrando em excesso de detalhes; e) simetria entre domínio fonte e domínio análogo; e f) trabalhar a modelagem analógica com os alunos.

A autora assinala que, com relação ao saber docente, as pesquisas voltam-se para compreender: a) quais são as fontes das analogias usadas pelos professores; b) o quanto elas são planejadas ou surgem espontaneamente nas aulas; c) em que momento das aulas elas são introduzidas; d) qual o grau de familiaridade para os docentes e para os alunos das analogias utilizadas; e) se os limites das analogias são ressaltados ou não; e f) valor dado pelos professores às analogias.

Devido à variedade de problemas encontrados no uso das analogias tanto em salas de aula quanto em livros didáticos, Pacca e Utges (1999) propõem um estudo que visa a analisar a potencialidade das analogias como ferramentas didáticas, enfatizando questões que permitam entender em que medida essa figura de linguagem contribui para o conhecimento que se espera; quais poderiam ser frutíferas; e de que forma poderiam ser utilizadas em sala de aula de maneira efetiva. Essas autoras acreditam que

A caracterização sistemática dos modelos espontâneos dos estudantes em relação à noção de onda, com a determinação dos obstáculos e ressonâncias que esses modelos apresentam em relação ao modelo científico permitirão a análise da potencialidade de distintas situações para promover, através do raciocínio analógico, a construção do modelo científico de onda (PACCA e UTGES, 1999, p. 02).

Contracenando com a idéia de melhoramento na utilização de tais figuras de linguagem, um meio possível de contribuir para o desenvolvimento educacional consiste no uso adequado de tal linguagem podendo ser processado partindo do simples para o complexo, do conhecido para o desconhecido.

As metáforas estão na raiz da nossa conceitualização e entendimento do mundo físico e são fenômenos de cognição e não somente um fenômeno lingüístico ou de comunicação (FERRAZ e TERRAZZAN, 2001).

A metáfora constitui uma estratégia fundamentalmente lingüística que aproveita a força do pensamento analógico para reconstruir as diferentes entidades e relações da física erudita na aula de ciências [...] A metáfora permite ao professor de física introduzir aos estudantes os usos lingüísticos vigentes na comunidade científica e ao mesmo tempo comunicar de forma mais precisa, econômica e rápida os significados “empacotados” dos modelos científicos abstratos, funcionando assim como *ponte conceitual* (Glynn, 1995) (ADÚRIZ-BRAVO E MORALES, 2002, p. 85).

O emprego de analogias e metáforas nas explicações físicas proporciona um trânsito entre o conhecimento existente dos alunos e o conteúdo científico apresentado pelo professor. Segundo Villani (1984),

a utilização dos fenômenos físicos familiares torna a Física não somente uma cultura viva, mas também uma cultura útil: este aspecto é particularmente importante para o ensino de segundo grau, que constitui para a maioria dos estudantes o último (às vezes único) contato com o Ensino de Física (VILLANI, 1984, p. 88).

Segundo este autor “[...] o que acontece muitas vezes é que o próprio contexto escolar afasta a Física do universo significativo dos alunos (p. 79)”. Uma forma de tornar os conceitos mais significativos para os alunos talvez seja

a modificação nos métodos de ensino utilizados, para torná-los mais agradáveis ou mais estimulantes e a modificação nos exemplos introduzidos, tornando-os mais ligados à experiência diária do aluno, visam fundamentalmente motivar os alunos para que estudem mais e aprendam mais facilmente o conteúdo apresentado. (VILLANI, 1984, p. 82).

De acordo com alguns autores (McDermott et al., 1987; Golderg y Bendall, 1995 apud FERREYRA y GONZÁLEZ, 2000), as matérias iniciais não permitem “um entendimento conceitual satisfatório da física básica, já que se registram dificuldades em conectar diversas representações como gráficos, diagramas e equações, conceitos básicos e princípios, com fenômenos do mundo real” (p. 193-194).

Para Terrazzan (1994),

o emprego conseqüente de uma metáfora implica basicamente duas condições: consciência da dualidade de significados e simulação da unicidade dos dois sentidos. Ou seja, implica uma participação ativa tanto do autor quanto do leitor, do cientista e do leigo, do professor e do aluno, do emissor e do receptor (p. 138).

Em outras palavras, a introdução dessas figuras de linguagem no âmbito escolar deve contar com a “cumplicidade” e o “toque pessoal” daquele que a verbaliza e daquele que a interpreta (TERRAZZAN, 1994, p. 140-141).

1.5 Analogias e Metáforas no Contexto de Sala de Aula e em Livros Didáticos

A utilização das analogias e metáforas pelos professores tem ajudado a reduzir o que Lemke (1990 apud DAGHER, 1995) chamou de “mística da ciência”, ou seja, essa visão que isola a ciência das outras atividades humanas e processos sociais.

Há um número considerável de estudos que analisam a utilização das analogias e metáforas no campo da aprendizagem, mas poucos são os estudos realizados sobre como são utilizadas em livros textos e em salas de aula. Cachapuz (1989) levanta duas razões para esse possível fato. A primeira, de acordo com a influência de concepções positivistas e racionalistas no ensino de Ciências, para as quais metáforas e analogias seriam as marcas de uma substituição ou desvio que impede o conhecimento objetivo da realidade. A segunda, talvez, fosse o fato de não existir nenhuma teoria sobre a linguagem metafórica que permita ao professor prever se uma analogia é ou não adequada. Para o professor, a escolha de uma analogia faz-se geralmente com base na “análise lógica da sua presumível transparência, isto é, da predominância dos aspectos que são similares (sobre os não similares) e da relevância conceitual dos primeiros para a situação em estudo” (p. 119).

Dentre os estudos realizados nesse campo, pode-se destacar o de Curtis e Reigeluth (1984 apud DUIT, 1991) que analisaram o uso de analogias em uma amostra de 26 livros de ciências, onde encontraram 216 analogias distinguidas basicamente em dois tipos: as mais simples, baseadas em similaridades superficiais e outras mais elaboradas, baseadas no que eles chamaram de “relações funcionais”. Desse total, a maior parte foi encontrada nos livros de Física e Química. Isso descreve uma situação parecida com a que Glynn et al. (1989) constatarem em livros didáticos de Física. O interessante da pesquisa é ressaltar que em mais de 50% das analogias utilizadas os autores sequer descreveram o análogo ou como usá-las. Algumas das conclusões tiradas por esses autores ajudam a esclarecer a questão do uso das analogias em textos científicos. Eles enfatizam que: analogias são mais úteis para trabalhar conceitos mais complexos e difíceis; analogias mais simples, baseadas em similaridades superficiais, são adequadas para tópicos mais fáceis e concretos; analogias funcionais, baseadas em similaridades estruturais profundas, são adequadas para tópicos mais difíceis e abstratos, que exigem similaridades estruturais mais profundas.

Tierney (1988 apud DUIT, 1991) observou quatro professores de Estudos Sociais durante 20 aulas, identificando as comparações que eram realizadas. Neste trabalho, Tierney ressalta a não-preocupação de como os alunos interpretam as comparações, pois pressupõem que os estudantes já estavam familiarizados com o domínio análogo e que poderiam usar metáforas, analogias e similares sem qualquer orientação.

Glynn et al. (1989 apud DUIT, 1991) analisaram o uso de analogias e metáforas de 43 livros de Ciências de ensino superior, médio e fundamental. As analogias encontradas em princípio foram de natureza simples. O número de analogias complexas foi extremamente raro. Os livros de Física do ensino médio e de Ciência Física foram os que contiveram o maior número de analogias elaboradas. Embora os livros abordem analogias em seus conteúdos, não é realizada nenhuma menção sobre como utilizá-las.

Gilbert (1989 apud FERRAZ, 2001) discute a utilização das analogias, fazendo uma comparação com textos literais e com textos com analogias. Esse estudo tem por objetivo verificar se o texto enriquecido com analogias e metáforas tem um impacto no aprendizado dos alunos. O autor não encontrou nada que pudesse destacar que o uso de sistemas análogos fosse efetivo para a “retenção dos conceitos ou para a melhoria das atitudes dos alunos” (p. 96). Mas, contudo, houve indicação de que seu uso pudesse ter efeitos negativos.

Tendo em vista a escassez de estudos que indicassem o uso de analogias ou metáforas como sendo de ajuda para o ensino de Ciências, ficou para este autor a seguinte questão: “Elas podem ser usadas como um artifício literário genérico, ou devem elas ser cuidadosamente e discretamente empregadas?” (p. 97). O autor, como resposta, utilizou-se da primeira alternativa. Mas hoje é evidente que o uso efetivo das analogias e metáforas devem obedecer a certos critérios, de forma que possam ser minimizados os conflitos nas relações ou até mesmo a geração de concepções alternativas.

Treagust et al. (1990 apud DUIT, 1991), observando aulas de Ciências de oito professores, perceberam que estes raramente usaram analogias no seu ensino. Das quarenta aulas observadas, somente em oito delas foram detectadas analogias. O uso das analogias constatadas não foi de maneira elaborada, mesmo quando elas estavam presentes no livro texto usado pela classe. Este estudo ressalta, também, que os professores não possuíam um repertório de boas analogias e que não tinham consciência do seu benefício. Concluem ressaltando que as analogias foram utilizadas através de uma visão tradicional do processo de aprendizagem.

Treagust et al. (1992) observaram sete professores durante suas aulas de Ciências, com o objetivo de investigar como esses professores usavam analogias como parte de seu ensino regular para ajudar os estudantes a aprenderem conceitos científicos. As observações ocorreram durante quatro semanas consecutivas de agosto a setembro de 1988. Os pesquisadores sentavam-se à aula do professor, que estava sendo observado, e escreviam o que acontecia durante cada uma. Após as quatro semanas de observações, cada professor foi entrevistado a respeito da sua visão do uso de analogias no ensino. Durante todas as observações feitas, somente seis indicações claras do uso de análogos foram encontradas. Para as análises, os autores basearam-se em Curtis & Reigeluth (1984), três das seis analogias observadas eram do tipo simples de comparação e três eram enriquecidas. As entrevistas revelaram que os professores sabiam sobre os aspectos benéficos e não benéficos do uso de analogias, e consideravam que usavam analogias e exemplos como parte regular no seu ensino. Os autores sugerem que, para um uso efetivo das analogias, os professores devem ter um repertório bem preparado de analogias, as quais devem ser usadas em conteúdos específicos e em contextos específicos. Afirmam, também, que as analogias devem ser usadas por professores que têm uma visão de alunos como construindo seu próprio conhecimento e

não por professores que têm uma visão de alunos como sendo recipientes passivos do conhecimento dado pelo professor.

Harrison & Treagust (1993) fazem uma revisão de textos escolares, incluindo 38 livros didáticos de Física utilizados por alunos de nove a doze anos referente ao tema de refração da luz. Desses 38 livros, 10 escritores descreveram a refração em detalhe, mas não ofereceram nenhuma explicação sobre o fenômeno, e 28 autores fizeram uso de uma ou mais analogias. Vinte e seis autores compararam frentes de onda com as frentes de onda luminosa; quatro desses autores usaram um carro (ou rodas) rolando de uma superfície dura para a areia ou lama; quatro compararam a luz a uma linha de soldados marchando do concreto para a areia; e 10 usaram o modelo do plano inclinado de Newton (luz considerada como sendo partícula). Desses, 14 utilizaram duas analogias em suas explicações e dois empregaram três analogias. Em nenhum dos livros analisados, foi encontrada uma explicação puramente física para a refração: ou havia uma analogia ou não havia explicação sobre o fenômeno. Um dos alunos modelou a refração usando um par de rodas rolando de uma superfície lisa para uma áspera. Diferentemente dos textos escolares, nove textos universitários analisados utilizaram o princípio de Huygens para explicar a refração. Somente um deles utilizava, além disso, uma analogia com rodas.

Thiele & Treagust (1994) analisaram a utilização de analogias por quatro professores de Química. Esses professores usavam analogias em suas aulas para ensinar Química e tinham conhecimento de que a pesquisa era sobre o uso das analogias em suas aulas. Foram observadas 43 aulas nas quais utilizaram 45 analogias. Esses autores estavam preocupados em analisar as seguintes questões: 1) por que os professores escolheram usar analogias quando estavam ensinando Química; 2) de onde vêm as analogias utilizadas pelos professores; e 3) como as características das analogias utilizadas variavam de professor para professor. Como resposta para a primeira questão, foi destacado que eles utilizavam analogias

quando percebiam que os alunos não conseguiam compreender a explicação inicial. Com relação à segunda questão, os autores concluem que as analogias são utilizadas de forma espontânea nas aulas, o que se intui que são planejadas anteriormente. De acordo com os autores, as analogias usadas pelos professores faziam parte de um repertório mental sendo utilizadas em momentos de estímulos aos estudantes quando estes precisavam responder a alguma questão. Dessa forma, as analogias eram originadas das experiências próprias ou das leituras realizadas pelos professores. Para responder a terceira questão, os autores utilizaram algumas categorias. A primeira era verificar a forma das analogias identificadas, se eram verbais ou pictóricas. A segunda era referente ao nível de sofisticação das analogias, que foram classificadas em: simples (quase metáfora), enriquecidas (explicitação de algum atributo) e estendidas (sistematizadas). A terceira categoria referia-se à forma de explicação do análogo e a quarta, aos limites da analogia. Os autores destacaram que as analogias pictóricas (incluíam desenhos) foram utilizadas, mas as mais freqüentes foram as verbais. Foram encontradas analogias simples (36%), enriquecidas (42%) e estendidas (22%). Com relação à situação familiar, estas eram produzidas mais pelo professor do que pelos alunos. As ocasiões de apontamento das limitações das analogias foram restritas, ou seja, 18% das vezes.

Dagher (1995) examinou como os professores de Ciências (7ª e 8ª séries) usam as analogias e metáforas e a maneira que eles “humanizam” (p. 259) a Ciência. Ela procurou observar como era realizada a exploração dessas figuras de linguagem em sala de aula, se eram usadas criativamente para esclarecer uma idéia, desenvolver um conceito. Dos 20 professores observados, somente 11 usaram analogias em seu discurso. A autora ressalta que as analogias usadas pelos professores representavam seus valores, preocupações, conhecimentos do conteúdo pedagógico e habilidade de cativar seus alunos. Enfatiza, também, que as analogias usadas não eram compreendidas pelos seus alunos, mas eram reestruturadas em relação ao seu conhecimento e de acordo com sua necessidade durante a

aula. Conclui dizendo que “uma analogia bem estruturada ensinada sem negociação de significados pode ser compreendida tão literalmente quanto se tornar um obstáculo para a compreensão adicional”. (DAGHER, 1995, p. 269).

Thiele & Treagust (1995) fazem uma análise rigorosa do uso de analogias encontradas em oito livros didáticos de química, num total de 62. Os aspectos avaliados nas analogias encontradas foram os seguintes: (1) o conteúdo do conceito alvo; (2) a extensão do mapeamento feito pelo autor; (3) evidências que comprovassem a explicação do análogo; (4) se o uso era verbal ou pictórico; e (5) se existia limites de validade ou advertências quanto ao uso. Após, fizeram entrevistas semi-estruturadas com os autores de livros com o intuito de investigar o uso de analogias nos livros didáticos e no ensino. Esses autores apontaram que alguns dos livros analisados no estudo datam de antes das pesquisas de modelos e de classificação das analogias e se mostraram cautelosos quanto à utilização de analogias em seus livros e argumentaram que é melhor usar analogias como estratégia quando os professores percebem que os estudantes não estão compreendendo a explicação original.

Nascimento e Cachapuz (2000) observaram professores e alunos do 10.º ano de escolaridade em Portugal, na disciplina de Ciências Físico-Químicas para averiguar se utilizavam tais recursos no seu discurso didático. O estudo mostrou que professores e alunos as utilizaram em diferentes situações, mas não de maneira adequada.

Ferraz (2001) realiza um estudo amplo em relação ao uso de analogias em sala de aula. Foram observadas 152 aulas de seis professores de Biologia durante dois semestres. Nessas aulas, foram identificadas 108 ocorrências de analogias. As analogias utilizadas pelas professoras em sala de aula foram de forma mais ou menos estruturadas. Essa estruturação permitiu que a autora categorizasse essas analogias em algumas formas principais, segundo seu nível de organização. Através deste trabalho, ressalta-se o papel fundamental que as analogias desempenham sobre o trabalho do professor, mas este, de acordo com a autora,

também deve ter um conhecimento didático para poder reconhecer quais recursos adotados no ensino poderão contribuir. A autora conclui ressaltando a importância de se estar discutindo a inserção das analogias no ensino, e que esta discussão deve ser realizada na formação inicial e na formação continuada dos professores.

Nagem et al. (2003), em uma análise de expressões utilizadas em livros didáticos, ou por professores, ressaltam a importância de se tomar cuidado ao empregar tais figuras de linguagem. O que eles querem dizer é que o professor precisa deixar bem claro qual é a sua intenção quando faz uso das analogias e metáforas na sua explanação, pois só assim fará com que elas adquiram o caráter de tornar a aula mais interessante e motivadora.

Do encontro dessas preocupações, Duit (1991) resalta algumas limitações sobre o uso das analogias em livros texto e em salas de aula: a falta de orientação para os alunos sobre como usar as analogias dos seus livros texto; a despreocupação em verificar se os alunos estão familiarizados com o análogo ou se estão familiarizados de maneira enganosa; a limitação do repertório dos professores e dos livros textos; e as estratégias de como utilizar as analogias, efetivamente, são desconhecidas dos professores e dos autores de livros texto.

Das pesquisas realizadas sobre a utilização das analogias em salas de aula, Oliva (2003) expõe quais os inconvenientes habitualmente encontrados para esta ferramenta:

a) o processo de seleção de situações análogas resulta habitualmente pouco crítico e escassamente cuidadoso. Às vezes, as que se utilizam são confusas e, em ocasiões, resultam tão complexas ou mais que o próprio objeto que se quer ilustrar;

b) a maioria das analogias incluídas se apresenta com um enfoque transmissivo que está muito longe de uma aprendizagem concebida como processo de construção;

c) uma vez que se introduz a analogia, se fomenta escassamente seu uso no aluno e, raras vezes, se explora mais de um ponto de similaridade entre o objeto e o análogo;

d) não se pode recorrer a vários análogos para ilustrar o significado físico que encerra um mesmo objeto. É dizer, não se desenvolvem várias analogias para explicar um mesmo fenômeno;

e) não se podem propor limites de validade as analogias a que se alude, o qual contribui a que o aluno as adote “ao pé da letra” e as leve mais longe do desejado (OLIVA, 2003, p. 02-03).

Desta forma, verificar a maneira como as analogias e metáforas têm sido abordadas dentro do âmbito de sala de aula tem sido apontado como um “vasto campo de pesquisa que precisa ser estudado” (NAGEM et al., 2003, p. 07).

Terrazzan et al. (2004) realizaram uma revisão bibliográfica acerca do uso de analogias em Coleções Didáticas, nível Ensino Médio, de Biologia, Física e Química. Primeiramente, os autores selecionaram as Coleções Didáticas a serem analisadas. Dessas coleções, quatro eram coleções didáticas de Biologia, quatro de Química e três de Física. Além dessas coleções de Ensino Médio, eles incluíram, também, para análise duas outras coleções de Física, por serem coleções de referência em cursos de atualização e aperfeiçoamento e por terem se mostrado ricas no uso de analogias. Foram realizadas várias leituras para localizar as apresentações de analogias nas referidas Coleções. Dessa leitura, foram elaborados Quadros-Síntese, por coleção e por volume, caracterizando todas as apresentações encontradas. Para cada uma delas, foram mapeadas situações explicitamente utilizadas para o estudo ou, às vezes, apenas sugerida ou subentendida, envolvendo um conceito, uma lei, um fenômeno ou um modelo a ser ensinado, bem como a correspondente situação análoga ou a analogia utilizada. Dos modelos e sugestões didáticas existentes, os autores optaram por utilizar o modelo TWA (Teaching with Analogies) proposto por Glynn em 1991 para analisar os resultados obtidos na análise das coleções. Para entender melhor a análise, foram especificados nos quadros os seis passos do modelo para as analogias mapeadas. A

letra “C” identifica se a analogia contemplava o passo do modelo. Quando a analogia não contemplava o passo do modelo era “NC”, e quando contemplava parcialmente o passo do modelo, era colocado “P”, como, por exemplo, na tabela 1 a seguir. Especificamente em Física, foram identificadas 71 analogias. Dessas 71 analogias encontradas, 10 eram relacionadas à fórmula, ou seja, que comparam expressões matemáticas entre si. Das 62 analogias catalogadas, 10 (16,1%) eram desse tipo.

Alvo	Análogo	Código da Coleção	Código da Apresentação	Apresentação gráfica	Concordância com o modelo TWA					
					Passos do modelo					
					1	2	3	4	5	6
Forças elétricas entre objetos carregados $\vec{F}_{elétr} = K \frac{Qq}{r^2}$	Forças gravitacionais entre objetos massivos $\vec{F}_{gravit} = G \frac{Mm}{r^2}$	CD-F3	F020	T	C	C	P	NC	NC	C
Expressão matemática da dilatação linear $\Delta L = \alpha L_0 \Delta t$	Expressão matemática da dilatação superficial $\Delta S = \beta L_0 \Delta t$	CD-F4	F027	T	C	C	NC	P	NC	NC

Figura 4: Análise de algumas analogias identificadas em coleções didáticas de Física, segundo o modelo TWA. Fonte: Terrazzan et al. Analogias em Livros Didáticos de Ciências da Natureza (2004, p. 3074).

Com a análise dos resultados obtidos, os autores concluem da análise das coleções que o uso de analogias para ensinar conceitos científicos parte do pressuposto de que o análogo é familiar aos alunos. Especificamente nas coleções de Física analisadas, a maioria dos análogos identificados são internos à própria área do conhecimento. Isso, na visão dos autores, pode trazer dificuldades na medida em que esses análogos não são necessariamente familiares aos alunos. Eles ressaltam, ainda, que as apresentações analógicas encontradas nas Coleções Didáticas analisadas não se mostraram, em grande maioria, boas estratégias de ensino, pois contemplavam apenas os dois primeiros passos do modelo adotado. Os autores

finalizam recomendando que, para algumas das analogias serem utilizadas como boas estratégias de ensino, devem ser reestruturadas, e sugerem que esta reestruturação pode ser realizada com base no modelo TWA.

Segundo Dagher (1995), estudos que verificam como os professores têm usado analogias em suas salas de aulas são necessários, pois possibilitam uma melhor compreensão de sua função na exposição em sala de aula. Esses estudos permitem que se formulem questões acerca da eficácia tanto das analogias quanto das metáforas na construção do significado pelos alunos, a respeito dos conceitos científicos e a natureza da ciência.

Capítulo II

A PESQUISA

2.1 A Metodologia

Apesar de existir uma grande diversidade de métodos de investigação que podem ser utilizados a uma determinada pesquisa, a opção por um determinado tipo de abordagem metodológica não pode ser realizada ao acaso, deve estar ligada à pertinência das técnicas, do objeto de pesquisa, do problema que se propõe investigar e, de referenciais teóricos e, do(s) objetivo(s) da pesquisa.

Tendo como campo de investigação a observação em sala de aula de uma disciplina de Física e a interpretação do discurso do professor e de uma amostra de alunos, o procedimento metodológico escolhido foi o da investigação qualitativa. Considerando-se que o estudo visa interpretar como os professores de Física elaboram e utilizam analogias e metáforas como recursos didáticos na construção de conceitos científicos, a proposta da observação e registro em situação de sala de aula abordagem qualitativa foi escolhida por fornecer os elementos necessários ao processo desta pesquisa.

Tendo como fonte direta o ambiente natural, ou seja, a sala de aula em que o professor ministrava aulas, a constituição dos dados atende a uma das características básicas de uma pesquisa qualitativa. Isso se deve ao trabalho intensivo no campo possibilitar o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada. Assim, o investigador qualitativo está preocupado com o contexto e sua presença no local da investigação faz com que as ações dos sujeitos sejam melhor entendidas, como destacam Lüdke e André (1986) ao afirmarem que os fenômenos são muito influenciados pelo seu contexto.

A pesquisa de campo supõe que, quanto mais intensa é a participação do investigador dentro do grupo em estudo, mais ricos serão os seus dados. Por isso, toda oportunidade de convivência durante o processo de constituição dos dados não foi desprezada.

A pesquisa qualitativa, segundo Lüdke e André (1986), refere-se em sentido mais amplo, à investigação que produz dados descritivos, ou seja, as próprias palavras das pessoas, faladas ou escritas. As informações são analisadas em toda a sua riqueza, de modo a não se perder de vista nenhum detalhe. Detalhes esses que são respeitados na forma como foram registrados. Segundo Lüdke e André (1986),

[...] o pesquisador deve assim, atentar para o maior número possível de elementos presentes na situação estudada, pois um aspecto supostamente trivial pode ser essencial para a melhor compreensão do problema que está sendo estudado (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p. 12).

O significado é de importância vital na abordagem qualitativa. Os significados que as pessoas atribuem às coisas e à sua vida são de caráter essencial neste tipo de pesquisa. De acordo com estas autoras, “ao considerar os diferentes pontos de vista dos participantes ISSO BATE COM A QUESTÃO DE AD: DE ONDE FALA O SUJEITO, os estudos qualitativos permitem iluminar o dinamismo interno das situações, geralmente, inacessível ao observador externo (p. 12)”.

Esta modalidade “pesquisa qualitativa”, segundo autores como Triviños (1987); Menga e Lüdke (1986), é muito abrangente. Para que esta abrangência seja minimizada e a pesquisa qualitativa não seja entendida como qualquer estudo que não envolva números, existem várias pesquisas que aparecem associadas a essa abordagem, como, por exemplo, o estudo de caso, a pesquisa etnográfica, a pesquisa participante e a pesquisa-ação.

Dessa forma, escolhemos a pesquisa qualitativa e posteriormente as referências mencionadas em função das questões a serem pesquisadas, ou seja, como as analogias e metáforas são elaboradas e utilizadas pelo professor nas aulas de Física? Que explicações (ou situações) levam o professor à necessidade de produzir analogias? Como os alunos interpretam essas analogias e metáforas elaboradas pelo professor?

É preciso fazer uma menção aqui sobre a AD. Ou seja, os dados serão interpretados com o auxílio da Análise de Discurso.

Posteriormente, encontra-se a etapa da constituição dos dados, que só foi possível através do trabalho de campo.

2.2 Os Sujeitos da Pesquisa

A presente pesquisa teve como sujeitos um professor de ensino superior de uma universidade pública do Estado de São Paulo e os alunos que freqüentavam a disciplina ministrada por ele no segundo semestre do ano de 2003. Esse professor é Físico, e cursou mestrado e doutorado em Física, em uma universidade pública do Estado de São Paulo; o pós-doutorado, no exterior. Atua como pesquisador em Física do estado sólido. Para a seleção desse professor e, conseqüentemente, da disciplina, pensamos em alguns critérios, tais como:

➤ A aula a ser observada deveria ser de Física no Ensino Superior, pois a maioria dos trabalhos de pesquisa nesse tema, ou seja, analogias e metáforas no ensino de Física, têm sido realizados no ensino de nível médio e entendemos ser pertinente, portanto, verificar como ocorre isto no Ensino Superior;

➤ Por outro lado, a disciplina ministrada deveria englobar a temática relacionada à Mecânica, pois a maioria dos trabalhos nesta área é realizada com temáticas como eletricidade, hidrostática, óptica, ondas;

➤ A escolha do período decorreu pelo fato da constituição dos dados da pesquisa estar programada para o segundo semestre do ano de 2003.

Tendo em vista os critérios acima apresentados, observou-se durante o segundo semestre de 2003 a disciplina de Física Geral II. Nesta disciplina, estavam matriculados cerca de 40 licenciandos pertencentes à turma ingressante no ano de 2003. O assunto abordado

durante o semestre referia-se à Mecânica, mais especificamente, Movimento Harmônico e Gravitação. Os tópicos tratados foram, na seqüência, os seguintes: Impulso e Momento Linear, Colisões, Rotações, Torque e Momento Angular, Equilíbrio, Oscilações e Gravitação.

Do período de setembro a novembro do ano de 2003, com o auxílio de gravações em áudio e em vídeo, foram observadas um total de 36 aulas. Este número de aulas foi o que foi possível naquele semestre. Desse total, foram excluídas as aulas utilizadas para avaliação da disciplina. Embora os sujeitos fossem esclarecidos que a tomada de dados destinava-se a uma pesquisa sobre ensino e aprendizagem de Física, não lhes foi informado sobre o objeto preciso desta, uma vez que os investigadores entenderam que tomar conhecimento da mesma poderia influenciar na qualidade dos dados a serem obtidos. Foi garantida a preservação da identidade de todos em caso de publicação dos resultados da pesquisa. A seguir, todas as gravações foram cuidadosamente analisadas transcrevendo-se todos os episódios ocorridos naquele semestre. Nesta dissertação contamos com cinco das aulas transcritas, as quais foram numeradas como sendo Aula um, dois, três, quatro e cinco. Essa numeração não está devidamente na ordem em que aconteceram as aulas, ou seja, das 36 aulas acompanhadas foram selecionadas cinco. As transcrições destas aulas estão disponíveis no Anexo A desta dissertação.

Posteriormente ao período de transcrições das aulas observadas e da seleção dos episódios que iriam nortear a entrevista, realizou-se, no dia 23 de outubro de 2004, a entrevista com o professor e, no dia 03 de novembro, a entrevista com a amostra de alunos. A data da entrevista deu-se neste período porque a universidade em que o professor ministrava aulas passou por um longo período de paralisação em função do movimento reivindicatório do corpo docente e discente, aproximadamente 70 dias após o período de transcrições de todas as aulas. O critério para a escolha da amostra de alunos decorreu dos episódios de ensino selecionados para as entrevistas. Ou seja, foram selecionados alunos dentre aqueles que

mostraram interesse tanto na discussão das analogias criadas pelo professor, e que também elaboraram analogias. Desse modo, foram selecionados para compor a amostra os alunos nomeados de A₁, A₂, A₃, A₅ e A₈. Essa numeração é decorrente da ordem em que os alunos se manifestavam em sala de aula.

2.3 Instrumentos Utilizados para a Constituição dos Dados

Os instrumentos utilizados com o intuito de alcançar os objetivos da pesquisa foram os destacados a seguir:

1- Observação

A observação foi uma das técnicas usadas para a constituição dos dados. No caso, a sala de aula apresentou-se como sendo o ambiente propício e natural para tal procedimento.

Para que a observação tenha a rigorosidade de um método deve-se levar em conta que o modo de ver de cada pessoa depende de sua trajetória pessoal, de suas aptidões etc, o que privilegia certos aspectos ao invés de outros.

Para que se torne um instrumento válido e fidedigno de investigação científica, a observação precisa ser antes de tudo controlada e sistemática. Isso implica a existência de um planejamento cuidadoso do trabalho e uma preparação rigorosa do observador. Planejar a observação significa determinar com antecedência “o quê” e “como” observar. A primeira tarefa, pois, no preparo das observações é a delimitação do objeto de estudo (LÜDKE e ANDRÉ, 1989, p. 25).

De acordo com Lüdke e André (1989), “[...] a observação possibilita um contato pessoal e estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado”.

Sob a perspectiva de Lüdke e André (1989), a observação empresta à pesquisa uma série de vantagens como a possibilidade de “descobrir aspectos novos do problema pesquisado” (p. 26).

Embora apresente vantagens, a técnica de observação oferece algumas desvantagens como as apontadas por Lüdke e André (1989) quando enfocam que a técnica da observação pode provocar alterações no ambiente e no comportamento das pessoas.

De acordo com os teóricos da abordagem qualitativa (LÜDKE E ANDRÉ (1989); TRIVIÑOS (1987), CARVALHO (1996)),

[...] as observações devem ser registradas e detalhadamente compiladas, e os relatórios finais dessas pesquisas devem incluir, a título de ilustração, a reprodução dos diálogos originais do fenômeno observado, a fim de proporcionar ao leitor a oportunidade de aceitar ou rejeitar as conclusões dos pesquisadores, modificando ou aprimorando suas próprias generalizações (CARVALHO, 1996, p. 06).

De forma a conseguir descrever com fidelidade o ensino que ocorreu em sala de aula, o registro das observações foi feito através das gravações em áudio e, posteriormente, em vídeo. Por que o uso do vídeo? Porque esse instrumento permite depois selecionar as seqüências de ensino, ou “episódios de ensino”, ou seja, “aqueles momentos em que fica evidente a situação que se quer investigar” (CARVALHO, 1996, p. 06). No nosso caso, seria investigar episódios onde ocorressem à elaboração e utilização pelo professor das analogias e metáforas.

O uso do vídeo nesse tipo de abordagem possui algumas vantagens, dentre elas:

- ver e rever as gravações das aulas para poder separar de uma maneira “bruta” os possíveis episódios que darão pistas para equacionar as indagações;
- fazer uma primeira tentativa de classificação dos episódios;
- discutir com os pares essa classificação e apresentá-la a juízes para validar a classificação;

- selecionar os episódios de ensino e analisá-los;
- procurar “triangular” os dados obtidos por diferentes instrumentos, relacionando, por exemplo, o material gravado em vídeo com trabalhos escritos e testes de aproveitamento (CARVALHO, 1996, p. 09-10).

Desses itens apontados por Carvalho (1996) fizemos uso da vantagem de se poder ver e rever as gravações das aulas para poder separar de uma maneira “bruta” os episódios que poderiam ser utilizados para responder as questões inicialmente propostas. Além da possibilidade de fazer uma primeira tentativa de seleção dos episódios para posterior análise.

O uso do vídeo também pode acarretar algumas desvantagens, tais como: o problema da captação do som; interferência no comportamento dos sujeitos que estão sendo investigados, dentre outros. Essas desvantagens, entretanto, foram mínimas em nosso caso, se comparadas com as vantagens de termos utilizado essa técnica de recolha de dados.

2- Entrevista

A entrevista, ao lado da observação, representa outra técnica básica para a constituição dos dados, dentro da perspectiva de pesquisa que estamos desenvolvendo. No enfoque qualitativo dado à pesquisa, a entrevista pode ser usada de três formas: a entrevista fechada ou estruturada, a semi-estruturada e a entrevista livre ou aberta. No nosso caso, utilizamos o modelo de entrevista estruturada no sentido de “fechar” as possibilidades de resposta dos entrevistados para que chegassem onde pretendíamos, ou seja, no uso espontâneo do termo *analogia* durante a entrevista. Além disso, tanto a entrevista estruturada, quanto as outras formas são “um meio do qual precisamos para obter as certezas que nos permitem avançar em nossas investigações” (TRIVIÑOS, 1987, p. 137).

As questões constituintes do roteiro de entrevista foram pensadas levando-se em conta o conjunto de aportes teóricos pesquisados, ou seja, a revisão teórica inicialmente levantada e que fundamenta a pesquisa, além das informações coletadas durante a observação da disciplina, que tinha por finalidade verificar a elaboração e utilização das analogias e metáforas pelo professor.

De acordo com Lüdke e André (1989), na entrevista “a relação que se cria é de interação [...] entre quem pergunta e quem responde” (p. 33).

[...] A grande vantagem da entrevista sobre outras técnicas é que ela permite a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos [...] Além do mais [...] permite o aprofundamento de pontos levantados por outras técnicas de coleta de dados de alcance mais superficial, como o questionário (LÜDKE e ANDRÉ, 1989, p. 34).

Com relação à posição do entrevistador perante a entrevista, as autoras destacam que

[...] o entrevistador precisa estar atento não apenas (e não rigidamente, sobretudo) ao roteiro preestabelecido e às respostas verbais que vinha obtendo ao longo da interação. Há toda uma gama de gestos, expressões, entonações, sinais não-verbais, hesitações, alterações de ritmo, enfim, toda uma comunicação não verbal cuja captação é muito importante para a compreensão e a validação do que foi efetivamente dito (p. 36).

Entende-se que a entrevista possibilita analisar e interpretar toda e qualquer forma de linguagem para, posteriormente, confrontá-las com outras informações relevantes da pesquisa.

Para realizar as entrevistas com o professor e com a amostra de alunos, selecionamos, mediante os episódios transcritos, aqueles que apresentavam o professor utilizando analogias e/ou metáforas nas suas explicações, aqueles em que os alunos participavam ativamente da utilização de analogia feita pelo professor, e também aqueles em que os próprios alunos criavam situações de utilização de analogias. Desse modo, dentre os

episódios de ensino registrados, foram selecionados três episódios para análise, os quais se encontram registrados no Anexo B.

As entrevistas foram agendadas previamente por meio de contatos pessoais ou através do correio eletrônico. Tiveram a duração máxima de uma hora, foram filmadas e gravadas em videocassete, e, posteriormente transcritas para análise. As questões constituintes do roteiro de entrevista foram pensadas levando-se em conta o conjunto de aportes teóricos pesquisados. As três primeiras questões foram sequenciadas de forma a fazer com que os alunos apontassem espontaneamente o termo “analogia” para, posteriormente nas próximas questões, serem solicitados a comentar mais especificamente sobre sua definição e função. Os episódios foram utilizados como recurso, caso os alunos não fizessem menção ao termo “analogia” após as três primeiras questões. O roteiro que possibilitou as entrevistas pode ser analisado no Apêndice.

Os discursos constituídos através das entrevistas foram analisados através do método de Análise de Discurso (AD). Existem várias linhas de AD; a que utilizaremos aqui é da chamada linha francesa, cujo conhecimento será dado a seguir.

2.4 A Análise de Discurso (AD) como Instrumento para a Análise dos Dados

Nesta investigação, utilizamos como instrumento para análise dos dados os princípios e procedimentos que constituem a Análise de Discurso em sua linha francesa, divulgados no Brasil por Eni Orlandi (2003), a partir do trabalho de Michel Pêcheux (1990). Num primeiro momento, adotamos elementos da Análise de Discurso para analisar as explicações do professor para o uso de analogias como recurso didático; posteriormente, para verificar como os alunos interpretam essas figuras de linguagem utilizadas pelo professor.

Dessa forma, utilizamos para análise os conceitos de condição de produção, formação discursiva, discurso e efeitos de sentidos.

É cada vez maior o número de estudos que utilizam a Análise de Discurso na interpretação das falas de entrevistados e de textos em geral. A Análise de Discurso tem sido usada com frequência nas investigações de abordagem qualitativa, uma vez que tenta analisar o contexto do sujeito enquanto fala ou enquanto se cala. Esta técnica permite “uma leitura do discurso na tentativa de dar sentido às palavras além de sua conotação lingüística (CUNHA, 1989, p. 58)”.

A Análise de Discurso possibilita ao investigador descobrir os meandros do pensamento expresso por um determinado indivíduo ou grupo social, no momento em que estiver reorganizando o *corpus* em que se apresentam os traços empíricos do discurso e constatar que a produção desses traços foi, efetivamente, dominada por uma, e apenas uma, máquina discursiva (por exemplo, uma ideologia). Enfim, é papel do investigador compreender a ‘máquina discursiva’ que de alguma maneira produziu o discurso.

2.4.1 Linguagem: Entre a Língua e a Fala, a Análise de Discurso

Os estudos sobre linguagem têm como ponto de partida a concepção dicotômica entre língua e fala proposta por Saussure. Mas essa dicotomia teve seu limite saturado quando Saussure exclui a fala dos estudos lingüísticos e prioriza a língua. De acordo com Cardoso (2003), essa ruptura foi decisiva para os rumos da lingüística da primeira metade do século XX, em que a língua, como sistema, era única.

Ainda segundo esta autora, essa concepção de língua rompeu com a Gramática de Port-Royal (1612-1694), para a qual a linguagem era a expressão do pensamento, princípio este que vinha sustentando toda uma tradição gramatical desde os gregos, passando para os latinos e os medievais. Essa tradição sempre privilegiava as “partes do discurso” (p. 16).

A língua entendida como uma estrutura aparece a partir de 1928 e 1929 “nas teses dos primeiros fonologistas que inauguraram as atividades do Círculo de Praga e que tinham como fundamento as idéias de Saussure e de Courtenay” (p. 17-18). Mas é na escola de Copenhague que o estruturalismo atinge seu ápice. Para Saussure,

[...] a fala é concebida como o ato lingüístico individual, material, concreto, psicofísico, dependente da vontade e da inteligência do indivíduo (portanto, subjetivo), um impulso expressivo, ato inovador (lugar de liberdade), acessório e mais ou menos accidental. Com essas qualidades, a fala não é passível de sistematização ou de constituir num objeto de ciência (CARDOSO, 2003, p. 20).

Segundo a autora, o discurso não é nem a fala nem a língua, constituindo-se num terceiro elemento. Dessa forma, depois de muitas discussões acerca da fala e da língua, e com o advento da Lingüística da Enunciação, aparecerá aos estudos da linguagem aquilo que lhe estava faltando, ou seja, a instância que coloca o propriamente lingüístico em conexão com os enunciadorees e o mundo, a enunciação.

Bakhtin, no final da década de 20, atribui um lugar privilegiado à enunciação. Para ele, “a matéria lingüística é apenas uma parte do enunciado⁸: existe também uma outra parte, não-verbal, que corresponde ao contexto da enunciação⁹” (BRANDÃO, 2002, p. 09). Para ele “a língua vive e evolui historicamente na comunicação verbal concreta, não no sistema lingüístico-abstrato das formas da língua nem no psiquismo individual dos falantes...

⁸ O enunciado é o produto do ato da enunciação. O enunciado é de ordem institucional, depende da sua localização no campo institucional.

⁹ A enunciação se marca pela singularidade. É o aqui e agora, jamais se repete.

a língua é uma atividade, um processo criativo, que se materializa pelas enunciações” (CARDOSO, 2003, p. 24-25).

Dessa forma, Bakhtin coloca o enunciado como objeto dos estudos da linguagem dando à enunciação o papel de componente necessário para a compreensão do fenômeno da estrutura semântica de qualquer ato de comunicação verbal. Segundo Brandão (2002) o ato de enunciação passa a ser uma realidade fundamental da língua, se se considera o percurso que o indivíduo faz da elaboração mental do conteúdo, expresso externamente através da enunciação, até a adaptação social ao contexto imediato do ato da fala e, sobretudo, a interlocutores concretos.

É justamente pelas diversas maneiras de significar a linguagem que estudiosos se interessaram por ela de uma maneira especial, visto que ela é também um lugar de conflito ideológico, não podendo ser estudada fora da sociedade, dos processos histórico-sociais e de suas condições de produção. Dessa maneira, surge na década de 60 uma nova tendência lingüística, a Análise de Discurso.

A Análise de Discurso (AD) não trata da língua, não trata da gramática; ela trata do discurso. E a palavra discurso, etimologicamente, tem em si, a idéia de curso, de percurso, de correr por, de movimento. O discurso é assim palavra em movimento, prática de linguagem: com o estudo do discurso observa-se o homem falando (ORLANDI, 2003, p. 15).

A Análise de Discurso concebe a linguagem como mediação necessária entre o homem e a realidade natural e social. Essa mediação, que é o discurso, torna possível tanto a permanência e a continuidade quanto o deslocamento e a transformação do homem e da realidade em que ele vive. O trabalho simbólico do discurso está na base da produção da existência humana (p. 15).

O analista do discurso relaciona a linguagem à sua exterioridade. Os estudos discursivos visam a pensar o sentido dimensionado no tempo e no espaço das práticas do

homem, descentrando a noção de sujeito e relativizando a autonomia do objeto da Lingüística. Não se trabalha como na Lingüística, com a língua fechada em si mesma, mas com o discurso, que é o objeto sócio-histórico em que o lingüístico intervém como pressuposto.

A Análise de Discurso não trabalha com a língua enquanto um sistema abstrato, mas com a língua no mundo, com maneiras de significar, com homens falando, considerando a produção de sentidos enquanto parte de suas vidas, seja enquanto sujeitos, seja enquanto membros de uma determinada forma de sociedade (ORLANDI, 2003, p. 15-16).

Nos estudos discursivos, “não se separam forma e conteúdo e procura-se compreender a língua não só como uma estrutura, mas, sobretudo, como acontecimento” (p.19).

2.4.2 Discurso, Formação Discursiva e Efeitos de Sentidos

O discurso para a Análise de Discurso, segundo Orlandi (2003), não se trata apenas de transmissão de informação, onde “alguém fala, refere alguma coisa, baseando-se em um código, e o receptor capta a mensagem, decodificando-a” (p. 21), pois no

[...] funcionamento da linguagem, que põe em relação sujeitos e sentidos afetados pela língua e pela história, tem-se um complexo processo de constituição desses sujeitos e produção de sentidos e não meramente transmissão de informação [...] as relações de linguagem são relações de sujeitos e de sentidos e seus efeitos são múltiplos e variados. Daí a definição de discurso: o discurso é efeito de sentidos entre locutores (p.21).

O discurso pode ser definido como sendo um “conjunto de enunciados que se remetem a uma mesma formação discursiva” (BRANDÃO, 2002, p. 28). Desse modo, a noção de Formação Discursiva é básica na Análise de Discurso, pois permite compreender o

processo de produção de sentidos. Dois pontos são importantes quando se fala em formação discursiva:

a) O discurso é constituído de sentidos porque o que o sujeito diz se inscreve em uma formação discursiva. Dessa forma, as palavras não têm o sentido nelas mesmas e sim nas formações discursivas em que estão inseridas. Em outras palavras, o discurso do sujeito remete-se do lugar de onde se enuncia, ou seja, do lugar de enunciação.

b) É pela formação discursiva, do lugar de onde se enuncia, que se entende os sentidos, pois palavras iguais podem ter significado diferente em formações discursivas diferentes ou em condições de produção diferentes.

Segundo Pêcheux e Fuchs (1975, p. 20- 21 apud BRANDÃO, 2002, p. 65-66), o sujeito é afetado por dois tipos de esquecimento, que o fazem criar uma realidade discursiva ilusória. Trata-se do

- Esquecimento número um - no qual o sujeito se coloca como a fonte exclusiva do sentido do seu discurso, rejeitando (ou apagando) qualquer elemento que remeta ao exterior da sua formação discursiva, fazendo-o ter a ilusão de que ele é o criador absoluto de seu discurso.

De acordo com Orlandi (2003), este esquecimento é também chamado de esquecimento ideológico, pois resulta da ideologia com que o indivíduo é interpelado. Tem-se a ilusão de ser a origem do que se diz quando, na realidade, retomam-se os sentidos pré-existentes.

- Esquecimento número dois: “trata-se de uma operação de seleção linguística que o sujeito faz entre o que é dito e o que deixa de ser dito; em que, no interior da formação discursiva que o domina, elege algumas formas e seqüências que se encontram em relação de paráfrase e ‘esquece’, oculta outras”.

Este esquecimento diz respeito à enunciação, pois ao falarmos, o fazemos de uma maneira e não de outra, e, ao longo de nosso dizer, formam-se famílias parafrásticas que indicam que o dizer sempre podia ser outro. Produz a impressão da realidade do pensamento. Essa impressão é denominada de “ilusão referencial”, ou seja, o que é dito só pode ser dito com aquelas palavras e não com outras, só pode ser daquele jeito. Também chamado de “esquecimento enunciativo” (p. 35).

Não há discurso que não se relacione com outros. Um discurso aponta para outros que o sustentam, assim como para dizeres futuros. “Todo discurso é visto como um estado de um processo discursivo mais amplo, contínuo” (p. 39).

Um sujeito tem a capacidade de se colocar na posição de seu interlocutor, antecipando, assim, o sentido que suas palavras produzem. Para a autora, esse mecanismo é chamado de “mecanismo de antecipação”, pois “ele regula a argumentação, de tal forma que o sujeito dirá de um modo, ou de outro, segundo o efeito que pensa produzir em seu ouvinte” (p. 39).

Esse mecanismo acarreta a chamada “relação de forças”. Isso faz com que o dizer do sujeito seja constitutivo do lugar de onde ele fala. “Se o sujeito fala a partir do lugar de professor, suas palavras significam de modo diferente do que se falasse do lugar de aluno” (p. 39). São essas relações de força que fazem valer o processo de comunicação.

2.4.2.1 Condições de Produção do Discurso

Na literatura específica da “obra” Pêcheux é tido como o primeiro a tentar fazer uma definição de condição de produção. Ele coloca

em cena os protagonistas do discurso e seu referente, e procura definir as condições de produção do discurso a partir da ação das regras e normas que os interlocutores estabelecem entre si e dos lugares determinados que ocupam na estrutura de uma formação social, marcados por propriedades diferenciadas (CARDOSO, 2003, p. 39).

A contribuição de Pêcheux está no fato dele ver

[...] nos protagonistas do discurso não apenas a presença física de “organismos humanos individuais”, mas a representação de “lugares determinados na estrutura de uma formação social, lugares cujo feixe de traços objetivos característicos pode ser descrito pela sociologia” (BRANDÃO, 2002, p. 36).

As condições de produção compreendem, essencialmente, os sujeitos, a situação e a memória como parte da produção do discurso. Em sentido estrito, as condições de produção seriam o contexto imediato e em sentido amplo incluem o contexto sócio-histórico e ideológico. O dizer não é uma propriedade particular. As palavras não são só das pessoas que as pronunciaram, elas significam pela história e pela língua. Compreender, então, significa buscar condições de produção dos discursos.

Essas condições de produção supõem o contexto histórico social de formulação do texto, os interlocutores (autor e a quem ele se dirige), os lugares (posições) em que eles (os interlocutores) se situam e em que são vistos, e as imagens que fazem de si próprios e dos outros, bem como do objeto da fala – o referente (ALMEIDA, 2004, p. 33).

De acordo com Maingueneau (1997), a condição de produção designa “[...] geralmente, o “contexto social” que “envolve” um *corpus*, isto é, um conjunto desconexo de fatores entre os quais são selecionados previamente os elementos que permitem descrever uma conjuntura” (p. 53).

Segundo Brandão (2002), a afirmação de que o que se deve analisar não é o discurso e sim a troca entre os vários discursos é interpretada de duas maneiras: a primeira seria que o “estudo da especificidade de um discurso se faz colocando-o em relação com outros discursos”; e a segunda, de que o “interdiscurso passa a ser o espaço de regularidades

pertinente, do qual os diversos discursos não seriam senão componentes. Esses discursos teriam a sua identidade estruturada a partir da relação interdiscursiva e não independentemente uns dos outros para depois serem colocadas em relação” (p. 72).

A Análise de Discurso se propõe a construir escutas que permitam levar em conta esses efeitos e explicitar a relação com esse “saber” que não se aprende, não se ensina, mas que produz seus efeitos. Essa nova prática de leitura, que é discursiva, consiste em considerar o que é dito em um discurso e o que é dito em outro, o que é dito de um modo e o que é dito de outro, procurando escutar o não-dito naquilo que é dito, como uma presença de uma ausência necessária. Só uma parte do dizível é acessível ao sujeito, pois mesmo o que ele não diz (e que muitas vezes ele desconhece) significa em suas palavras (ORLANDI, 2003, p. 34).

As palavras simples do nosso cotidiano já chegam até nós carregadas de sentidos que não sabemos como se constituíram e que, no entanto, significam em nós e para nós. O fato de um já-dito que sustenta a possibilidade mesma de todo dizer é fundamental para se compreender o funcionamento do discurso, a sua relação com os sujeitos.

2.4.2.2 O Discurso Escolar e o Discurso Científico

O discurso escolar e o discurso científico possuem terminologias que lhes são próprias. Assim, quando o aluno chega à escola, sua experiência de linguagem é muito mais com o concreto de sua realidade existencial, com seu cotidiano, o seu dia-a-dia.

Segundo Cunha (1989), a escola como instituição social determina aos seus próprios integrantes os comportamentos que deles se espera, determinando, de certa forma, o conjunto de expectativas que a sociedade espera. Isso acarreta, de acordo com a autora, um fluxo reprodutor da ideologia dominante.

Sobre o professor e o aluno há todo o peso das relações institucionais. As instituições controlam a conduta humana, estabelecendo padrões previamente definidos de conduta, que a canalizam em uma direção por oposição a muitas outras que seriam teoricamente possíveis... As instituições têm sempre uma história, da qual são produtos e isto implica controle (BERGER & LUCKMAM, 1978, p. 80 apud CUNHA, 1989, p. 66).

Cardoso (2003) afirma que esse fluxo faz com que a linguagem, que envolve interlocutores e contexto, se torne um modo de produção social, e a sala de aula um lugar privilegiado dessa produção. Isso faz com que, quando se tem uma situação de discurso, deve-se ser levado em conta os

[...] interlocutores, o referente, a forma de dizer numa determinada língua, o contexto. Esse contexto compreende não só as circunstâncias imediatas (o aqui e o agora do ato de discurso) como também o contexto em sentido lato, ou seja, as determinações histórico-sociais, ideológicas, e o quadro das instituições em que o discurso é produzido (escola, universidade, família, igreja, sindicato etc). (p. 31)

Especificamente, no caso do ensino de Física, se os professores de Física estiverem estritamente acometidos por uma ideologia, seus

[...] discursos possivelmente produzirão efeitos de sentido compatíveis com essa ideologia, mesmo em contextos de ensino diferenciados do da mecânica racional. Dessa forma, na produção de conhecimento escolar no ensino da física, além de estarem em jogo relações contraditórias entre diferentes saberes, a partir dos quais irá se constituir o saber escolar, também estão em jogo ideologias nem sempre tão transparentes quanto os conhecimentos que podem ser enunciados num índice de livro didático ou numa proposta curricular (ALMEIDA, 2004, p. 69).

Através disso, admite-se que existe um lugar institucional, que é do professor, assim como existe um lugar institucional, que é do aluno. É desses lugares enunciativos que os sujeitos falam na instituição escola... “a instância da subjetividade enunciativa submete o enunciador às suas regras, assujeitando-o, determinando o que pode e deve ser dito por ele” (CARDOSO, 2004, p. 51).

O “ser sujeito” do discurso pedagógico pode ser entendido de maneiras diferentes segundo Cardoso (2003). Primeiro, no sentido de estar sujeito a tudo aquilo que a instituição

num dado momento histórico impõe como determinante, “[...] o aluno e o professor, como interlocutores, são, na verdade, indivíduos inscritos em lugares já estabelecidos, por intermédio dos quais alcançam sua identidade”, e também, “[...] o sujeito do discurso pedagógico diz aquilo que pode e deve dizer, de acordo com as regras que determinam esse discurso” (p. 53).

Segundo Maingueneau (1997, p. 30) “[...] em uma instituição escolar, por exemplo, qualquer enunciação produzida por um professor é colocada em um contrato que lhe credita o lugar de detentor do saber”.

2.4.3 O Dispositivo de Análise ou Interpretação do Discurso

Depois de ter evocado alguns dos conceitos que regem a Análise de Discurso, cabe evocar o dispositivo de análise, de interpretação. A Análise de Discurso coloca a interpretação em questão, não parando somente nisso, mas trabalha nos seus limites, seus mecanismos, como parte dos processos de significação. Não existe uma “chave” de interpretação. O analista cria seu dispositivo de análise para entender os gestos de interpretação. “A Análise de Discurso visa à compreensão de como um objeto simbólico produz sentidos, como ele está investido de significância para e por sujeitos” (ORLANDI, 2003, p. 26).

O dispositivo, a escuta discursiva, deve “explicitar os gestos de interpretação que se ligam aos processos de identificação dos sujeitos, suas filiações de sentidos: descrever a relação do sujeito com sua memória” (p. 60). O analista não se prende nas relações entre campos discursivos e sim nos limites de um campo determinado.

A interpretação faz parte do objeto de análise. Dessa forma,

[...] o sujeito que fala interpreta e o analista deve procurar descrever esse gesto de interpretação do sujeito que constitui o sentido submetido à análise. O fato de o próprio analista estar envolvido na interpretação, torna necessário o dispositivo de interpretação, que produz um deslocamento na relação entre o analista e a interpretação. Isto não significa que o analista fique numa posição não neutra, mas permite relativizar a interpretação [...] Esse dispositivo “vai assim investir na opacidade da linguagem, no descentramento do sujeito e no efeito metafórico, isto é, no equívoco, na falha e na materialidade: no trabalho de ideologia (ORLANDI, 2003, p. 60-61).

Assim,

[...] o analista de discurso, à diferença do hermeneuta, não interpreta, ele trabalha (n)os limites da interpretação ... [ele] não se coloca fora da história, do simbólico ou da ideologia... [ele] se coloca em uma posição deslocada que lhe permite contemplar o processo de produção de sentidos em suas condições (ORLANDI, 2003, p. 61).

O analista de discurso deve proceder, então, na construção de um dispositivo de análise ou interpretação, de forma que esse dispositivo tenha a característica de

[...] colocar o dito em relação ao não dito, o que o sujeito diz em um lugar com o que é dito em outro lugar, o que é dito de um modo com o que é dito de outro, procurando ouvir, naquilo que o sujeito diz, aquilo que ele não diz, mas que constitui igualmente os sentidos de suas palavras (ORLANDI, 2003, p. 59).

Para a construção do dispositivo analítico, é preciso que o analista defina a questão a partir dos materiais de análise (*corpus*). É a partir do dispositivo que o analista interpreta os resultados obtidos através da análise de discurso realizada. O dispositivo analítico deve ser capaz de entender a relação do sujeito com sua memória discursiva, ou seja, entender as relações entre descrição e interpretação.

Na constituição do *corpus* de análise é importante considerarmos que “não se trata de examinar um *corpus* como se tivesse sido produzido por um determinado sujeito, mas de considerar sua enunciação como o correlato de uma certa posição sócio-histórica na qual os enunciados se revelam substituíveis” (MAINGUENEAU, 1987, p. 14 apud CARDOSO, 2003, p. 39).

É também importante entender que a decisão pelo *corpus* de análise implica decisão pelas propriedades discursivas, que permitirão a construção de montagens discursivas que permitam a compreensão dos discursos e, como consequência, verificam como o discurso funciona, produzindo os efeitos de sentido. Relação entre discurso e texto e, em seu bojo, entre sujeito e autor é importante nessa situação.

A partir do texto, ou seja, da unidade de que dispõe o analista, ele o remete a um discurso e este, por sua vez, remete a uma ou mais formações discursivas que fazem sentido ao se mostrarem pertencentes a uma formação ideológica dominante naquele contexto.

Todo discurso é parte de um processo discursivo mais amplo que recortamos e a forma do recorte determina o modo da análise e o dispositivo teórico da interpretação que construímos. “Por isso o dispositivo analítico pode ser diferente nas diferentes tomadas que fazemos do corpus, relativamente à questão posta pelo analista em seus objetivos. Isto conduz a resultados diferentes” (ORLANDI, 2003, p. 64).

O primeiro movimento de análise é o processo de de-superficialização, entre o material de linguagem bruto coletado e o objeto discursivo. A de-superficialização procura verificar quem diz, como diz, de que posição diz, em que circunstâncias etc. Desta forma, procuramos através do material que tínhamos, as transcrições, verificar de que lugar o entrevistado falava, como ele falava para, a partir daí, analisar como o discurso que estamos interpretando se textualiza.

O objeto discursivo não é dado, ele supõe um trabalho do analista e para se chegar a ele é preciso, numa primeira etapa de análise, converter a superfície lingüística (o corpus bruto), o dado empírico, de um discurso concreto, em um objeto teórico, isto é, um objeto lingüisticamente de-superficializado, produzido por uma primeira abordagem analítica que trata criticamente a impressão da ‘realidade’ do pensamento, ilusão que sobrepõe palavras, imagens e coisas (ORLANDI, 2003, p. 66).

O analista, ao perceber as relações entre diferentes superfícies lingüísticas, detecta a relação entre o discurso e as formações discursivas, interpretando os modos de funcionamento do discurso.

É a partir do ir-e-vir entre teoria, *corpus* discursivo e análise que se interpreta o discurso, o processo discursivo. “Entre o objeto para o processo discursivo, passamos ao mesmo tempo do delineamento das formações discursivas para a sua relação com a ideologia, o que nos permite compreender como se constituem os sentidos desse dizer” (p. 67). “[...] É trabalhando essas etapas da análise que [o analista] observa os efeitos da língua na ideologia e a materialização desta na língua [...] é assim que ele apreende a historicidade do texto” (p. 68).

Concluída a análise, o analista fala sobre os discursos e não sobre os textos. A Análise de Discurso, portanto, ocorre por etapas:

- a passagem da superfície lingüística para o objeto discursivo → passagem do texto (discurso) → configuração das formações discursivas (pela análise parafrástica);
- a passagem do objeto discursivo para o processo discursivo → relacionamento entre formação discursiva e formação ideológica.

Na passagem da superfície lingüística para o objeto discursivo, as paráfrases, sinonímias, a relação dizer/não-dizer¹⁰ auxiliam o analista a configurar formações discursivas que denominam a prática discursiva. Nota-se aí as famílias parafrásticas relacionando o dito ao não-dito com o que poderia ser dito etc.

As características dos mecanismos discursivos devem estar presentes no modo como o analista constrói seu dispositivo analítico, de modo que seja trabalhada a interpretação enquanto exposição do sujeito à historicidade, à ideologia, aos equívocos, na sua relação com

¹⁰ A relação dizer/não-dizer é importante de ser considerada na metodologia de análise, uma vez que “ao longo do dizer, há toda uma margem de não-ditos que também significam”. (p.82). Por outro lado, “o que já foi dito, mas já foi esquecido tem um efeito sobre o dizer que se atualiza em uma formulação”, ou seja, “o interdiscurso determina o intradiscurso: o dizer (presentificado) se sustenta na memória (ausência) discursiva”.

o simbólico. Portanto, o que define a forma do dispositivo analítico é a questão posta pelo analista, a natureza do material que analisa e a finalidade da análise.

Portanto, para a Análise de Discurso, analisar ou interpretar um determinado discurso, seja o de um sujeito ou uma instituição constitui-se em desvendar as relações deste com todas as formações discursivas nas quais esteja intrincado, desvelar todos seus vestígios, suas marcas existentes em outros discursos, os significados atribuídos a ele por outras formações discursivas, bem como procurar entender suas condições de produção.

Capítulo III

INTERPRETAÇÃO DOS DISCURSOS

3.1 Os Episódios de Ensino Seleccionados para Análise

Para tentar compreender a elaboração das analogias e/ou metáforas pelo professor e/ou pelos alunos, utilizamos para análise alguns episódios de ensino. Os episódios de ensino foram seleccionados das transcrições das aulas observadas da disciplina de Física Geral II, de um curso de licenciatura em Física, de uma universidade pública do Estado de São Paulo. A observação das aulas permitiu, através de transcrições, que fossem mapeadas as analogias e metáforas utilizadas pelo professor e/ou pelos alunos e, também, algumas das interpretações por parte dos alunos (as partes destacadas nos textos referem-se as metáforas e/ou analogias mapeadas). A seleção dos episódios, também, possibilitou que fossem realizadas as entrevistas com o professor (o docente) e com uma amostra de alunos (os licenciandos). Tanto os episódios de ensino quanto as entrevistas formaram o “*corpus* bruto” dos dados coletados durante a pesquisa.

Os assuntos abordados nos episódios seleccionados referiam-se aos tópicos relacionados à Mecânica. O primeiro episódio foi retirado da aula *um*, que abordava o tema “Rotação”. O segundo e o terceiro episódios foram extraídos da aula *dois* e *três* e teve como assunto abordado “Rolamento, Torque e Quantidade de Movimento Angular”. O quarto episódio foi retirado da aula *quatro*. Esta aula foi especificamente para resolução de exercícios, sobre o tema mencionado anteriormente. Foi a única aula em que não apareceram analogias e/ou metáforas. O quinto episódio retirado da aula *cinco* teve como tema “Gravitação” e como foco força gravitacional. As transcrições das aulas *um*, *dois*, *três*, *quatro*, e *cinco* utilizadas para a seleção dos episódios podem ser encontradas no Anexo A.

Episódio 1

No levantamento realizado para este estudo, percebe-se que muitas pesquisas já alertavam para o fato de que na área de ensino de Física, o que ocorre freqüentemente é a utilização de analogias como ferramentas didáticas úteis na comparação de fenômenos (ou conceitos) semelhantes (Hermann e Schmid, 1985; Jorge, 1990). Este fato foi confirmado no seguinte episódio de ensino:

Destacamos nesse episódio o fato de o professor ressaltar que o conceito (94-95) “[...] é bastante simples e a matemática é bastante análoga ao que vocês já conhecem, tá?”. Interpretamos que essa afirmação “[já conhecem]” é muito relativa, pois até que ponto pode-se afirmar que a matemática é realmente conhecida por todos os alunos dessa turma? Quando o professor enuncia os termos “simples” e “bastante análoga” implica um não-dito de que os alunos teriam “a obrigação” de entender o conceito.

Episódio 1:

Assunto Tratado: Rotação

Alvo: Energia cinética de rotação

Análogo: Energia cinética de translação

Prof.:... Nós vamos estudar, vamos ter que estudar um objeto em rotação. Ele também tem energia cinética associada a esse movimento de rotação e uma grandeza associada com essa energia cinética, uma grandeza importante do movimento de rotação que é o momento de inércia. **Que faz o papel nas equações desse movimento angular parecido com o que a massa faz no movimento de translação.** Esse é chamado momento inércia... (Episódio referente à aula 1; linhas: 85-89).

Neste caso, o professor faz uso da relação analógica entre conceitos científicos, mais especificamente, entre duas grandezas dos conceitos relacionados. O professor ressalta

que o momento de inércia presente na equação da energia cinética de rotação $\left(K = \frac{1}{2} I \omega^2\right)$

“[...] faz o papel [...] parecido com o que a massa faz no movimento de translação

$\left(K = \frac{1}{2} m v_{cm}^2\right)$ ”.

De imediato, ele não estabelece as relações de semelhança entre os dois conceitos, supondo que os alunos já estejam familiarizados com o análogo. Este acontecimento foi observado na pesquisa realizada por Tierney (1988) quando observou professores de Estudos Sociais e ressaltou que eles não se preocupavam em estabelecer comparações e interpretações porque pressupunham que os alunos já estavam familiarizados com o análogo.

Em outro momento da aula, o professor utiliza novamente a relação entre dois conceitos científicos.

Episódio 1:

Assunto Tratado: Movimento de Rotação

Alvo: Equação do Movimento com Aceleração Linear

Análogo: Equação do Movimento com Aceleração Angular

Prof.: [...] Um dos casos particulares importantes do movimento circular é quando eu tenho a aceleração angular uniforme, ou seja, ela varia até uma quantidade... tá? É o chamado movimento circular uniforme... O movimento circular uniforme, então, o α é constante... Se eu tenho as equações, pode ser que esse movimento... O movimento retilíneo uniforme, tá? Só que agora vamos ter as grandezas angulares... **Lembram que essas equações aqui é análoga a esta que está aqui...**

$\left[(\omega = \omega_0 + \alpha t) \xrightarrow{\text{análoga}} (v = v_0 + at)\right]$ O movimento circular uniforme é quando o ω é constante... é uniformemente variado... ou acelerado... (Episódio referente à aula 1, linhas: 276-283).

Com relação a este trecho, o professor está explicando o conceito de movimento circular uniforme e, no momento em que faz referência às equações desse movimento, estabelece a relação analógica com as equações do movimento retilíneo uniforme: (280-281) “Prof.: [...] Lembra que essas equações aqui é análoga a esta que está aqui...” As equações que o professor se refere são ($w = w_0 + \alpha t$) e ($v = v_0 + at$). Como domínio alvo, tem a equação do movimento com aceleração angular e, como domínio análogo, a equação do movimento com aceleração linear.

O uso de conceitos científicos como análogo fonte é entendido por alguns autores, como Duit (1991), como sendo arriscados, pois se o conceito utilizado como análogo tiver sido aprendido de forma errônea, o conceito alvo também o será. Além disso, este autor ressalta que áreas de conteúdo científico que são muito similares, quando utilizadas como análogas, podem ser vistas de maneiras distintas pelos alunos. Para Herrmann e Schmid (1985), essa relação pode possuir uma potencialidade quando aplicadas em contextos e temas diferentes, mas estruturalmente análogos.

Episódio 2

O fato dos alunos terem um contato anterior com uma expressão já estudada em outro contexto (conceito visto anteriormente), não significa que eles estejam familiarizados com o assunto que está sendo visto naquele momento (alvo).

Episódio 2:

Assunto Tratado: Rolamentos

Alvo: Energia Cinética de Rotação

Análogo: Energia Cinética de Translação

Prof.: [...] Se bem que a formulinha da energia cinética de rotação é [...] muito próxima da energia cinética de translação, tá certo? Onde **o momento de inércia toma o lugar da massa...** momento angular, desculpa, **o momento angular toma o lugar da velocidade angular, desculpa velocidade linear ao quadrado.** E essa grandeza, que nós chamamos de momento de inércia, que é uma espécie de..., mede a dificuldade de você colocar um objeto em rotação. Ela depende da massa do objeto, mas principalmente de como essa massa tá distribuída em relação ao eixo de rotação... Chamado, então, momento de inércia... (Episódio referente à aula 2, linha: 07-14).

Muitas vezes, o professor, quando faz a relação analógica, espera que os alunos consigam comparar as grandezas alvo e análoga, mas a relação que ele estabelece não aborda as características estruturais de uma relação dessa natureza. O que acontece, então, é que os alunos ficam sem entender os domínios, alvo e análogo, e tentam, através de discussões com o professor, chegar a um consenso.

Prof.: Olha! Façam um paralelo se vocês pensarem neste tipo de coisa, tá?, Façam um paralelo entre a massa e a velocidade linear de um objeto, tá?, e massa e momento de inércia e velocidade angular, porque esse, um objeto qualquer que você tem, ele tem uma massa independente se ele tem velocidade ou não, tá?! Mas se você quiser dar um momento pra esse objeto, você vai ter que multiplicar a massa pela velocidade. Se você quiser calcular a energia cinética, você tem que multiplicar a massa pela velocidade ao quadrado. Agora, o fato dele ter massa é uma propriedade intrínseca dele, é independente se ele tem velocidade ou não. Momento de inércia é a mesma coisa... momento de inércia é uma propriedade intrínseca do objeto, tá?, mas se você quiser fazer o giro do objeto em torno do próprio eixo... tá?, a dificuldade que você vai ter, vai depender do momento de inércia. Só que o fato dele ter velocidade angular ou não vai depender de **quanta energia que você deu pra ele ou não**, mas o momento de inércia **continua lá bonitinho independente do cara ter velocidade angular ou não.**

Aluno A₁: Mais esse cara aqui é zero? O momento de inércia?

Prof.: Só é zero se o objeto não tiver massa nem nada. O quê?

Aluno A₁: Se não tiver massa, né? Mas nos cálculos... velocidade zero daí eu não coloco, não vai dar o momento zero?

Prof.: Às vezes, pode dar zero, mas o momento de inércia não é zero, se você dizer que a velocidade é zero...

Aluno A₁: Ah! Momento linear pode ser zero? Momento inercial é que não...

Prof.: O que você está falando? Pra um objeto, pra um movimento linear ou movimento angular?

Aluno A₁: Movimento linear.

Prof.: Linear?

Aluno A₁: Linear.

Prof.: Então você tem um objeto qualquer, tá parado lá, ele tem massa, não tem?

Aluno A₁: Tem.

Prof.: Velocidade dele é zero. Ele não tem momento?...

Aluno A₁: Isso.

Prof.: Certo? **Se você empurrar o cara** e ele tiver velocidade, ele vai ter momento. O que é o momento? É o produto da massa pela velocidade... então o fato dele ter massa é independente dele ter momento ou não. A máxima propriedade intrínseca dele, tá?

Aluno A₅: Professor, o momento linear ou quantidade de movimento.

Prof.: Isso, isso.

Aluno A₅: Momento linear é a... momento de inércia.

Prof.: Não, momento linear é uma coisa, o produto da massa vezes a velocidade, tá? **O momento de inércia é uma coisa que parece com a massa, não parece com o momento linear.** É o momento de inércia, tá? É, os nomes são meio confusos, tá? Tomem cuidado com a nomenclatura. Vocês vão ver que...

Aluno A₁: Mas o momento de inércia se assemelha... quantidade de movimento angular.

Prof.: Não, quantidade de movimento angular é coisa diferente, depende se aquele objeto, naquele momento de inércia tem velocidade angular ou não. **Se você deu velocidade pro cara**, ele tem momento angular, **se você não deu velocidade pra ele, ele não tem momento angular.** Agora ele sempre tem momentos de inércia. Porque é uma característica intrínseca do objeto, independente do movimento dele, tá? Então, o que vocês têm que ver é isso o que depende do movimento, e que é propriedade intrínseca... Se vocês lembrarem da equaçãozinha que tava escrita aí no momento de inércia... Se vocês lembrarem da formulinha aí do momento de inércia... momento de inércia não depende da velocidade. Qualquer objeto que você imaginar... Imagina um eixo, tá? Imagina um eixo qualquer, um objeto com uma massa que tem seu momento de inércia.

Aluno A₃: Professor, esse objeto tem que fazer uma rotação?

Prof.: Independente do cara fazer uma rotação, tá? parado, ou... esse cara tem momento de inércia, com relação...

Aluno A₃: Só tem que ter um eixo e uma massa.

Prof.: Ele tem um eixo e tem uma distribuição de massa, tá? Tendo isso, ele tem momento de inércia. É uma propriedade da distribuição de massa e propriedade geométrica da distribuição de massa, tá? Não interessa se ele já tá com velocidade ou se ele tá parado, mesma coisa que a massa.

Aluno A₆: Professor, mas definição de momento de inércia seria de.... rotação... momento linear... é...

Prof.: Ou se ele tá no repouso, a dificuldade pra você colocar ele... momento... Então tanto faz, é a mesma quantidade. Se ele tá com uma determinada quantidade de movimento, tá certo? Tá certo? O efeito que você tem que fazer pra atingir a velocidade zero dá essa diferença, tá? Se o corpo tá em repouso, pra você colocar ele naquela velocidade é o impulso que você precisa dar pra colocar o cara nessa velocidade. Tanto faz se você tá parando o corpo ou tá aumentando a velocidade dele.

Aluno A₄: Então a massa pra você pôr em movimento linear?

Prof.: Isso.

Aluno A₄: A quantidade de movimento é uma dificuldade pra você parar esse corpo naquela velocidade? Por que ele já tem uma velocidade?

Prof.: É, depende do que você chama essa dificuldade, né? É o impulso.

Aluno A₄: Seu esforço pra levar a partícula ao repouso...

Aluno A₇: O corpo em repouso.

Prof.: Isso.

Aluno A₄: Momento de inércia é a dificuldade que ele tem de se movimentar? De colocar em rotação?

Prof.: Isso.

Aluno A₄: Daí, nós podemos inferir que o momento angular vai ser a dificuldade de parar essa rotação.

Aluno A₇: Não tem nada a ver momento angular com movimento de rotação?

Prof.: O momento... o problema é aquilo, você chama dessa medida, né? do momento de inércia. Acho que o problema dessas coisas que vocês estão falando é qual que é a medida que você tem no momento de inércia; quer dizer, momento de inércia não tem a ver com momento linear, momento de inércia é uma coisa mais parecida com a massa.

Aluno A₄: Professor, esses conceitos são...

Prof.: São paralelos, são paralelos. Só que o momento de inércia, o paralelo dele é aquilo que você falou, é a massa, ou seja, em relação ao momento angular, a verdade formalmente embutida aí, tá? Momento angular é o produto do momento de inércia pela velocidade angular. Desculpa, momento angular é o produto do momento de inércia pela velocidade angular. Vamos fazer uma grandeza que a gente chama uma das grandezas importantes da Física, que a gente chama de momento angular é o produto do momento de inércia pela velocidade angular, tá? Essa é uma grandeza importante, porque se conserva da mesma maneira que o momento linear, tá? O paralelo que nós podemos traçar aqui é do momento de inércia, é do momento de inércia com a massa, não é do momento de inércia com o momento linear. $L = I \cdot \omega$

$$P = m \cdot v$$

Aluno A₄: Não, professor, o que eu falei é o seguinte, a massa... ele oferece dificuldade.

Prof.: Eu não entendi, então.

Aluno A₄: Pra você colocar o corpo em movimento, a massa...

Prof.: O movimento retilíneo.

Aluno A₄: É o movimento retilíneo, aí, o momento linear é a dificuldade dele parar esse corpo que está em movimento porque é no esforço que você faz parar ele.

Prof.: É, mais esse esforço aí não tá bem definido, né? Mas tudo bem! É o que a gente chama de impulso.

Aluno A₄: Isso. Você tem que fazer uma força pra fazer ele parar que vai ser...

Prof.: É a força vezes tempo, força vezes tempo, isso é o impulso.

Aluno: Mas é a mesma coisa, não é?

Aluno A₁: Não é a mesma coisa, é diferente.

Prof.: Não, não, eu tô falando outra coisa.

Aluno A₁: Ele tá andando e você parar, ou se ele tá parado você tentar fazer andar é a mesma coisa que o momento linear, certo?

Prof.: Momento linear é isso aqui ($p=m.v$), tá? Força é uma coisa do tipo $F = \frac{dp}{dt}$, taxa de variação desse cara por tempo, ou seja, se você quiser calcular um delta p, isso é uma coisa do tipo (fórmula), tá?

Aluno A₄: Então, pra você parar, pra você fazer o corpo entrar em repouso, você tem que aplicar o impulso que é uma força por determinado tempo pra fazer ele parar?

Prof.: Isso, aí ele tá parado, o momento que ele vai adquirir você tem que colocar uma força pra provocar um impulso quando chega lá.

Aluno A₄: Agora, o momento de inércia é a dificuldade que tem de colocar ele em rotação, né?

Prof.: Isso.

Aluno A₄: Aí que eu falei, eu inferi que o momento angular seria... É um tipo de uma dificuldade que eu tenho de colocar isso daí parado, de fazer o corpo parar de rodar, análogo ao momento linear.

Prof.: Isso! Isso!

Aluno A₄: Então tá certo?

Prof.: Beleza... É que a gente tem que ter alguns cuidados na linguagem, tá certo? De como a gente faz essas transferências pra não chegar em pontos equivocados. Presta bem atenção quando você tiver fazendo esses paralelos, tá? Uma coisa importante pra lembrar é isso daí, esse aqui é o paralelo desse cara... É esse é o paralelo desse. Eles significam coisas diferentes, tá? Mais as coisas que acontecem com relação a eles são parecidas, as grandezas angulares com grandezas lineares... tá legal? Pra quem não acompanhou aí, tá, isso aqui chama ($L = I.W$) momento angular ou quantidade de movimento angular, tá? Tomem cuidado com a nomenclatura pelo fato desse cara chamar então momento de inércia, tá? **É uma salada da Física**, aí. Mas vocês podem, eu acho que vocês podem conviver com isso daí, o fato de chamar momento também uma coisa que é propriedade do corpo quando ele tá parado (Episódio referente à aula 2, linha: 189 – 324).

No longo trecho acima, é importante destacar que o professor, ao utilizar expressões como “se assemelha”, “são paralelos”, “são parecidas”, “muito próxima”, tenta fazer com que os alunos comparem os domínios relacionados e, dessa forma, cheguem aos aspectos principais em que está centrada a relação. A forma como o professor elabora a relação analógica fica no limite da superficialidade, o que colabora na dificuldade de entendimento do conceito.

Outro fator que colabora para o não-entendimento de uma relação analógica diz respeito à linguagem utilizada, como na passagem: (318-319) “Eles significam coisas diferentes, tá? Mais as coisas que acontecem com relação a eles são parecidas”. O uso de expressões dessa natureza pode dificultar o entendimento dos alunos, pois da forma como a relação é apresentada torna-se difícil identificar as similaridades existentes.

Dessa forma, a linguagem utilizada pelo professor deve ser refletida para que passagens como “[...] A máxima propriedade intrínseca dele, tá?”, ou como os termos descritos acima não tornem a explicação mais difícil do que já aparenta ser.

Episódio 2:

Assunto Tratado: Torque

Alvo: Um objeto qualquer (“batatóide”)

Análogo: Porta

Prof.: Se você tem um objeto como esse... Esse famoso batatóide aí de revolução aí, nossa, dos físicos, né? Um objeto qualquer. Se você faz um furinho nesse objeto e passa uma haste metálica aí, atravessando esse objeto... Eu tenho a capacidade de aplicar uma força nesse objeto, tá? queria que você pensasse que tipo de força vai produzir uma rotação mais efetiva nesse objeto, ou seja, uma velocidade angular maior, tá?, se seria uma força F_1 , por exemplo, nessa direção, tá?, se seria uma força F_2 , se seria uma força F_2 nessa direção aí, todas elas o mesmo módulo, tá? Eu tô tentando desenhar olhando de cima...

Aluno A₁: Vai girar de assim, professor.

Alunos: De assim, de assim...

(Risos)

Aluno A₁: Não... assim...

Prof.: Olhando de cima, essa força aí seria o seguinte... o eixo da força F_2 ... o eixo tá, a F_2 tá assim, a F_1 assim, a ... a F_3 ... a F_3 tá pra cima, tá, ou seja, nesse desenho aqui, a F_3 seria saindo pra fora do quadro, tá? A F_4 , se eu deixar essas forças aí, uma dessas forças por vez atuarem, digamos por 10 segundos no objeto. Qual delas você acha que produziria maior velocidade angular no objeto?

Aluno A₁: A força F_4 .

Alunos: F_2 ... F_4 ...

Prof.: E a F_1 ?

Aluno A₁₄: A F_1 não roda.

Prof.: Por que a F_1 não roda?

Aluno A₁: Porque ela tá... no eixo x... Ela é nula.

Aluno A₁₄: Porque ela é perpendicular ao eixo.

Prof.: Se você enxergar um dos grupos aí, **se você enxergar que esse eixo**, dependendo do jeito de como a força é aplicada, **aquele eixo segura uma parte da ação da força**, tá? Se essa força F_1 puxa pra lá, o eixo, da maneira como ele tá colocado, puxa com uma F_1 também pra cá. Ela tenta esticar...

Aluno A₅: **Professor, isso aí é a mesma coisa da porta, né? Essa é a mesma força aqui na porta, né? Se eu fizer uma força aqui na porta (faz o gesto) e puxasse ela.**

Prof.: A força F_3 é uma força assim, tá? Em relação à porta.

(Vai até a porta e demonstra)

Prof.: A força F_3 é uma força assim ó...

Alunos: (Risos) ... pra cima.

Prof.: A F_3 , tá. O eixo de rotação tá aqui, ó... a F_3 tá no mesmo sentido do eixo de rotação. Ah!...

Vamos supor que ela tá presa aqui, né?

Aluno A₃:... a translação da batata, né?

Prof.: **Vamos supor que ela (batata) tá presa.** Tá certo? Tá certo? Se não a... o sujeito ia subir, né? Mas ela não gira, tá? Se a porta tivesse solta lá, também, sem os pinos lá atrás, ela... (faz o gesto de subir). Então a F_3 é assim. A F_1 , a F_1 é assim, né? (faz o movimento na porta). Assim, ó... tá? Não produz, não produz rotação, tá? Puxando aqui, ó... (faz o gesto). Essa é a F_1 , não mexe angularmente. Agora a que produz rotação mais fácil...

Aluno A₃: A F_2 .

Prof.: Isso... Aquela força que tá assim, ó... que alguns acharam que era a F_4 , tá? **A F_4 tá empurrando uma parte, tá empurrando uma componente da F_4** é como se tivesse empurrando aqui e outra parte da F_4 é como se tivesse empurrando aqui. **Então, ela gasta uma parte dela nessa componente que empurra pra lá, tá legal?** Então, realmente, aquela que vai produzir, aquela que vai produzir o

movimento circular mais efetivo, vai produzir uma maior velocidade angular depois de um tempo que ela atua no objeto, tá? É justamente a F_2 ...

Aluno A₁₄: Tem que tá no mesmo sentido da... velocidade linear.

Prof.: A velocidade angular no começo é zero, quer dizer, não tem direção nem sentido, tá?. Uma coisa importante, uma coisa importante é que ela seja feita justamente perpendicular ao eixo de rotação... Mais importante do que estar perpendicular à velocidade, tá?...

Aluno A₅: Professor!

Prof.: Oi!

Aluno A₅: Por que quanto mais perto a força tiver do eixo, mais difícil é a... fazer ela rotacionar?

Prof.: Você já tentou, se já tentou **balançar uma criança numa gangorra** sem você tá sentado nela? Só com a força do seu braço. Já levou um sobrinho seu, seu irmão... mais ou menos a mesma coisa, tá? Se você tá, aplica uma força que o ponto é distante **e você tem um braço grande da alavanca**, aquele peso pequenininho que tá lá na frente da criança que tá lá no braço grande da alavanca pode contrabalançar seu peso que tá num ponto mais próximo. Isso significa que, quando você vai provocar a mesma coisa num ponto que tá mais próximo, tá? Você tem que aplicar mais força que quando você tá num ponto distante.

Aluno A₅: No caso da porta, se eu tentar aplicar uma força bem na... tentar fechar ela estando bem próximo do eixo...

Prof.: É difícil... é difícil. Se você chegar... vamos experimentar (faz o gesto de empurrar a porta, perto e longe do eixo)... Aqui parece bem mais leve, tá? Vou provocar a mesma coisa que aqui, eu só encosto um pouquinho, lá, eu preciso fazer uma força, só você tentando mesmo pra ver, tá? Se você chegar bem aqui pertinho ou aqui, ó... se você chegar bem aqui pertinho pra empurrar, ó... tem que fazer uma força grande pra ela se mexer. Se eu tiver aqui, ó... eu sinto que a força é muito menor. A hora que terminar a aula, você vem e experimenta, tá? Então, pro mesmo movimento tem que fazer uma força menor quando tá próximo... ou seja, se eu aplicar a mesma força F_2 , se eu aplicar a mesma força F_2 num ponto como esse, tá? Eu vou ter um efeito muito menor do que eu aplicar a mesma força num ponto distante.

Aluno A₃: Por que isso?

Prof.: Nós vamos chegar lá matematicamente... Não sei se vocês já perceberam que nessa altura aí do primeiro ano, tá? Mas a Física explica muito os como, ela não explica muito os porquês... tá? A natureza é da maneira como ela é, a gente acaba se acostumando com ela... A Física explica os mecanismos, a Física explica os mecanismos de como as coisas acontecem...

Aluno A₃: Tem que ter religião.

Prof.:.... mecanismos como as coisas acontecem, tá certo? Você pode até querer entender como as coisas acontecem. Agora, a hora que você perguntar os porquês...

Alunos: (Risos)

[...]

Prof.: Isso! Isso! Isso! Justamente pra ela... Não é que ela tem que ser. Se ela for é que é o jeito que ela melhor aproveitava pra produzir a rotação. É o jeito que ela causa o maior torque no sistema, tá? Ela pode ser aplicada em princípio em qualquer direção, só que ela é mais efetiva quando ela tá... Primeiro, esse eixo tá perpendicular a esse e, segundo, esse cara aqui, tá perpendicular a esse... **O torque desempenha pro movimento de rotação, tá? Um papel parecido que a força representa, uma força representa num movimento de... num movimento linear.** Então, você tem um paralelo, também, você vai ver que, no seu livro aí, tem um subcapítulo que chama, tem um subcapítulo que chama Segunda Lei de Newton num movimento angular, tá? Segunda Lei de Newton é o item 11.9... Segunda Lei de Newton que você conhece, quando você vai... pra movimento circular, tá? Movimento de rotação, você tem que o torque é o produto do momento de inércia pela aceleração angular... Então **o torque, o torque faz o papel muito parecido com a força...** (Episódio referente à aula 2, linhas: 356-496)

Neste trecho, o aluno busca uma situação análoga (no caso, a porta) com a finalidade de compreender a explicação do professor, que não lhe é familiar. Conforme Pittman (1999), o raciocínio analógico é a chave que dá acesso ao processo de aprendizagem, já que todo novo conhecimento incluiria uma busca de aspectos similares entre o que já se conhece e o novo, familiar ou não familiar.

O aluno elabora a analogia com a finalidade de confirmar o entendimento do conceito. O professor tem a percepção de que os alunos entendem melhor através da utilização desse recurso, o que faz com ele aproveite a situação análoga para explicar o por que de quanto mais perto a força estiver do eixo, mais difícil é fazê-lo rotacionar.

Essa discussão vai sendo conduzida através da relação análogo e alvo. No final deste episódio, o professor usa, novamente, a analogia entre conceitos. Ele relaciona a equação do torque com a equação da força da segunda lei de Newton. Este andamento proporciona uma participação maior dos alunos, pois eles compartilham mais da construção do conhecimento.

Este episódio confirma a previsão de Ortony (1975), quando este diz que a capacidade de aprender está relacionada à capacidade de imaginar. Da mesma forma, vai de

encontro ao que afirma Thiele e Treagust (1995), quando ressaltam que as analogias estimulam a visualização dos conceitos considerados abstratos.

Episódio 3

Este episódio foi extraído da aula que teve como tema “Rolamento, Torque e Quantidade de Movimento Angular”. Trata-se da única aula na qual o termo analogia foi utilizado de forma explícita pelo professor. Nesta aula, ele recorre ao uso da analogia porque um dos seus alunos manifesta-se dizendo que não entendeu a explicação: (202) “Aluno A₅: Eu não consegui entender”. O professor, diante desta situação, se vê “obrigado” a pensar em alguma estratégia que desse conta de esclarecer a explicação para o aluno. Este acontecimento comprova que a analogia é elaborada e utilizada pelo professor de forma não planejada. Por utilizar a analogias de forma não programada, o professor não consegue estabelecer com clareza as semelhanças e as diferenças entre os dois domínios, alvo e análogo.

Episódio 3:

Assunto Tratado: Rolamento

Alvo: Direção da força de atrito

Análogo: Brinquedo Gira-Gira

Prof.:... Pegaram? Então o que acontece nesse segundo caso? Nesse segundo caso, tá? Nesse segundo caso, sacou ou não?

Aluno A₅: Eu não consegui entender.

Prof.: É, não é fácil de entender.

Aluno A₃: A primeira parte...

Prof.: Deixa ver se eu consigo... (fica parado por um tempo pensando) Deixa ver se eu consigo arrumar um exemplo... Vamos supor, sabe aquele brinquedo de criança, sabe aquele brinquedo de criança que você tem? Aquele gira-gira que você tem?

Aluno A₁₄: No parquinho.

Prof.: Você tem no parquinho de criança? Vamos supor... vamos supor, o que a gente poderia pensar pra fazer uma analogia com aquele sistema ali, tá?... Vamos supor que você tá tentando empurrar aquele gira-gira, tá? Você tem um grupo de crianças lá. Você tem o seu sobrinho lá no gira-gira. Você tá tentando empurrar aquilo, pra fazer com que ele gire com uma velocidade maior, tá? Você tá tentando fazer com que o... o gira-gira aumente, olhando de cima, tá? Você tá aqui empurrando o sujeito, ele tem uma velocidade... Na verdade, vamos supor que você... o gira-gira fosse... a pessoa que tá no gira-gira, você ficaria parado no lugar, tá? E uma das pessoas que tá no gira-gira tentasse fazer... uma das pessoas que tá no gira-gira tentasse fazer esse aumento da velocidade pra cá, esse aumento da velocidade pra cá, dá uma aceleração angular alfa saindo do quadro, tá? Quando você tava fazendo... você tava tentando fazer o sistema empurrar. Você tava aplicando um impulso, a força que você tava aplicando no sistema era pra lá, tá?... Se você tiver parado na verdade... Vamos supor que você fica parado agora e a pessoa que tá no gira-gira vai tentar fazer a mesma coisa, ela vai tentar, ela, a pessoa que tá aqui no gira-gira, vai tentar empurrar você pra cá... tá? A pessoa que tá no gira-gira vai tentar empurrar você.

Aluno A₃: Pra trás, pra trás.

Prof.: Então, se você tá parado e você, por exemplo, como o chão, tá pra nós um sistema desse tá tracionando e **a pessoa que tá parada lá perto do gira-gira tá fazendo o papel do chão**, tá? Então o que vai acontecer? A pessoa que tá parada fazendo o papel do chão e a outra que tá no gira-gira, a que tá no gira-gira vai tentar fazer uma força na pessoa que tá parada pra cá, e a pessoa que tá parada vai tentar fazer uma força no gira-gira pra lá.

Aluno A₁: Que é do chão, no caso, professor.

Prof.: Que é a força do chão em cima da roda, que é a força de atrito.

Aluno A₅: A pessoa que tá parada, tá empurrando o gira-gira?

Prof.: Não. A pessoa que tá parada, tá quietona lá e a pessoa que tá no gira-gira usa ela pra dar o impulso.

Aluno A₅: Ah! Entendi, professor.

Prof.: Tá, é isso que faz uma roda aí tá tracionando, tá? Então... a hora que ela faz isso daí, a força que ela exerce na... a força que a roda ou a pessoa do gira-gira exerce na pessoa que tá parada é pra cá, mas a força que a pessoa que tá parada exerce no gira-gira é pra lá. Então, a hora que a roda tá tracionando, **a força de atrito faz um papel parecido com o da pessoa que tá parada no gira-gira**, que tá rodando. Melhorou? Então a roda que tá tracionando faz uma coisa como essa... a roda que tá tracionando faz uma coisa como essa, tá? E a força de atrito na roda aí que tá tracionando, por analogia com o nosso negócio do gira-gira, então, eu sou uma pessoa que tá parada, eu mesmo tando parado

aqui pelo fato do gira-gira tá querendo aumentar a velocidade dele, tá tracionando, tá certo? Eu acabo fazendo uma força, eu acabo fazendo uma força pra lá no gira-gira pra aumentar tanto essa como essa, tá legal?... Tá! Então, essa é a força da pessoa no gira-gira que tá querendo aumentar a velocidade com energia própria; o sujeito que tá lá dentro no gira-gira tá empurrando pra fora, tá te empurrando pra fora. Então, essa aqui desempenha o mesmo papel análogo, papel análogo que é aquela que tá lá.

Aluno A₆: O sentido do gira-gira tá, na verdade, contrário.

Prof.: O gira-gira tá girando pra lá, tá aumentando a velocidade dele pra lá, tá, cara? Pra trás, o momento circular aí no caso, ele é anti-horário, olhando de cima tá no anti-horário.

Aluno A₁: Ele aplica com uma força pra frente, pra trás, né? A pessoa pra ganhar o impulso faz uma força de atrito pra frente.

Prof.: A pessoa que tá parada, a pessoa que tá parada vai acabar exercendo uma força pra lá.

Aluno A₁₈: Professor, mas é o mesmo caso daquela roda, porque na roda o sentido tá diferente, não tá?

Prof.: Essa... essa roda que tá aqui, tá fazendo isso.

Aluno A₁₈: Mas a força de atrito é a mesma?

Prof.: Essa roda tá fazendo isso... só que ela tá querendo aumentar...

Aluno A₃: Tá certo, professor? A roda tá fazendo uma força pra trás... e pra frente?

Aluno A₁: Mais ela tá com velocidade constante.

Prof.: Tô querendo aumentar a velocidade nesse sentido... Eu tô aplicando uma força num determinado sentido... aqui a única coisa que tá mudando é qual é o sentido que eu tô querendo aumentar a velocidade. Imagina se eu tivesse na outra sala lá olhando essa roda aqui! Não é uma coisa parecida com essa? Imagina se eu fosse um aluno lá da outra sala olhando essa roda aqui, que eu desenhei aqui com a mesma força de atrito, com a mesma coisa. Essa daqui apareceria ao contrário pra ele, e essa daqui, e essa aqui...

(Alunos falando todos ao mesmo tempo tentando entender a explicação)

Prof.: Quando ela tá passando pra cá, a força tá pra cá nesse caso...

(Alunos falando todos ao mesmo tempo.)

Aluno A₇: Tá rodando assim.

Prof.: Eu tô considerando como se fosse a força de atrito que tá rodando assim, mas ele tá acelerando pra cá. Tá aumentando a velocidade dele pra cá. Então, pra aumentar a velocidade dele pra cá, e ele... e ele roda, precisa empurrar o sujeito pra lá... Então o sujeito que tá parado vai empurrar a roda pra cá... tá? Então, quando você tá tracionando, tá? Se eu olho o sistema assim... É! Você tá vendo que aqui, na verdade, eu tô aumentando a velocidade angular, e aqui a roda tá girando nesse sentido, né?

Aluno A₇: É o mesmo caso, né?...

Prof.: É, eu não sei se com esse negócio do sujeito empurrando eu consegui simular, fazer a analogia perfeita com a roda tracionando... Você tem razão, talvez seja... Talvez seja que uma coisa é diferente da outra. Agora com certeza... Com certeza é essa que vale na primeira, tá?... Não sei quão boa foi minha analogia, depois eu vou dar uma pensada que foi meio na...

Aluno A₁: Na hora.

Prof.: Na hora. Eu vou ver se tem algum furo lá na analogia que eu fiz. Mas, com certeza, isso aqui é válido. Se você tá tentando aumentar a velocidade do esforço da roda, é diferente de você tá tentando por esforço do eixo (Episódio referente à aula 3, linhas: 200-288).

Fica evidente no trecho acima destacado, que o professor não foi para esta aula com um repertório pré-definido de situações que pudessem servir de análogas para as situações que abordaria nas suas explicações. Até mesmo porque, inicialmente o professor diz que irá “arrumar um exemplo” e acaba elaborando e utilizando uma analogia. Otero (1997), quando comparou o uso de analogias em livros didáticos com o uso de analogias em salas de aula, chegou também à conclusão de que os professores não vão para as aulas munidos de situações analógicas.

Neste caso, o professor estabelece as relações de semelhança e limitações das duas situações com certo cuidado para que os alunos compreendam a explicação. Ele procura, ao enfatizar a comparação, deixar o mais visível possível o que é análogo e o que é alvo: (226-227) “[...] a pessoa que tá parada lá perto do gira-gira tá fazendo o papel do chão [...]”; (239-240)”; “[...] a força de atrito faz um papel parecido com o da pessoa que tá parada no gira-gira [...]”. O professor vai realizando as correspondências até o momento em que um dos alunos se manifesta e diz que entendeu.

Fica evidente a elaboração da analogia pelo professor a partir de uma situação imprevista, não programada, quando percebeu que os alunos não conseguiram compreender a explicação inicial. Como enfatiza Stavy (1991), muitas vezes a eficácia da analogia no processo de aprendizagem depende muito da escolha de uma situação ou exemplo inicial apropriado. Nesse caso, o professor escolheu uma situação que, à primeira vista, era conhecida por ele e por apenas um dos alunos, que se manifestou. Essa escolha teve um fator decisivo no final, pois o professor se viu em um “beco sem saída” sendo “obrigado” a mencionar: (281-284) “É, eu não sei se com esse negócio do sujeito empurrando eu consegui

simular, fazer a analogia perfeita com a roda tracionando... Você tem razão, talvez seja, talvez seja que uma coisa é diferente da outra. Agora, com certeza... com certeza é essa que vale na primeira, tá?... não sei quão boa foi minha analogia, depois eu vou dar uma pensada que foi meio na...”. Essa passagem mostra que o professor teve consciência na utilização da analogia. Ainda assim, esse acontecimento vem apontar que os problemas encontrados na utilização da analogia muitas vezes são decorrentes da falta de programação na elaboração.

Esse acontecimento vem apontar que os problemas encontrados na utilização da analogia muitas vezes são decorrentes da falta de programação na elaboração. Podemos verificar essa consequência em outra passagem dessa mesma aula, na qual a analogia é elaborada espontaneamente sem muitos esclarecimentos sobre a relação estabelecida.

Episódio 4

Este episódio foi retirado da única aula em que nenhuma analogia ou metáfora foi mapeada. Ele está restrito a uma aula de exercícios. Nesta aula, o professor sugeriu que os alunos aproveitassem o tempo para sanar possíveis dúvidas com relação à resolução dos exercícios do capítulo vigente (capítulo 12, volume 1 do Halliday) ou de qualquer outro anterior, pois à aula, compareceram apenas nove alunos. A aula tinha por finalidade esclarecer as dúvidas dos alunos, mas ninguém dos dois grupos formados solicitou a presença do professor, apesar de, como segue no trecho abaixo, parecerem apreciar tal “exclusividade”.

Prof.: Aproveitar que hoje tem pouca gente (nove alunos) e aí vocês podem ter uma atenção maior pelo menos por um tempo maior, a intensidade é a mesma, mas cada um de vocês podem ter um maior tempo de contato pra gente trocar idéias.

Aluno A₆: Isso! Beleza professor! (Episódio referente à aula 4: linhas: 01-03).

Episódio 5

Neste episódio, o professor utiliza uma relação analógica muito usada pela maioria dos professores, a equação da lei da gravitação universal com a equação da força elétrica.

Episódio 5:

Assunto Tratado: Gravitação

Alvo: Força gravitacional

Análogo: Força elétrica

Prof.: Devido a seu amigo Isaac Newton... ($F_G = G \frac{M.m}{d^2}$) a força gravitacional, se comparada ao que conhecemos, é relativamente pequena, mas em relação ao Universo é o que mantém coeso... A força eletromagnética ou nuclear é relativamente maior... **A força gravitacional é uma força de longo alcance como a força elétrica... A força gravitacional é sempre atrativa, diferente da força elétrica que é repulsiva e atrativa...** (Episódio referente à aula 5, linhas: 12-16).

O mapeamento entre os domínios alvo e análogo é estabelecido com uma simples correspondência salientando apenas uma semelhança e uma diferença. É necessário ressaltar que uma "boa" analogia pode ser redigida baseada em poucas ou mesmo uma única característica, desde que tais características atendam às finalidades de quem a propõe.

Evidenciamos, pelos episódios apresentados, que o fator determinante para a elaboração e utilização das analogias nas aulas observadas diz respeito à dificuldade dos alunos em entender os conceitos explicados. Jorge (1990) aponta que o aprendizado torna-se mais *ameno* e *agradável* se o estudo de um fenômeno novo for comparado a um fenômeno semelhante já conhecido do aluno. *Ameno* e *agradável* no sentido de aproximar o aluno da explicação formal que está sendo utilizada pelo professor.

Embora se tenha, muitas vezes, a concepção de que são os professores que criam as analogias por estarem mais familiarizados com a linguagem científica, percebemos através de alguns trechos que os alunos, além de discutirem certas analogias propostas pelo professor, também às elaboraram com o intuito de familiarizar a compreensão do assunto trabalhado.

3.2 O Discurso do Professor

A entrevista com o professor foi realizada no segundo semestre de 2004, mais especificamente no dia 23 de outubro. O motivo que levou a realizar a entrevista nesta data já foi explicitado no capítulo anterior, item II. A entrevista foi analisada de forma integral. A transcrição da entrevista está no Anexo C. A ordem de apresentação da análise é a mesma em que foi realizada a entrevista.

Interpretamos o discurso desse professor, buscando identificar que explicações ele tem para a elaboração e utilização de certas analogias e metáforas. A interpretação da fala (e silêncio) do sujeito será baseada no método descrito no capítulo anterior. Procuramos organizar as idéias através dos trechos da transcrição do discurso do professor; dessa forma, sistematizar o que foi dito explicitamente pelo sujeito durante a entrevista, buscando fazer a de-superficialização do texto.

Apresentamos, então, o que está implícito no discurso do professor, as condições de produção de seu discurso, averiguando a posição de onde ele fala etc. A interpretação do discurso será feita tentando esclarecer o perfil deste professor com relação à utilização desse recurso de ensino-aprendizagem, ou seja, as analogias e metáforas.

O entrevistado mostrou-se bastante à vontade durante a entrevista. Falou de modo calmo; foi bastante claro em suas respostas; sua voz manteve um tom agradável e um olhar de atenção. A entrevista durou uma hora e vinte minutos, e não ocorreram interrupções externas.

O professor foi inicialmente solicitado a comentar sobre a questão de os alunos acharem que Física é difícil, que os conceitos são complicados de entender etc. Ao responder, ressalta que o problema está no aluno, que o mesmo não dedica um tempo de reflexão para o estudo da Física. A culpa está no aluno, ou talvez, no professor do ensino médio, nas escolas que não ensinam a Física que deve se ensinada. No seu discurso:

(18-26) Prof.: [...] Talvez o pessoal é... não tá acostumado a ter o tempo suficiente pra fazer reflexão, tá? Realmente, pára um pouco e pensar sobre os fenômenos da Física, por exemplo. E eu acho isso, talvez é uma coisa que vem das... do ensino anterior, né? Da maneira como a Física é vista nas escolas e... e eu acho que é isso, né? Quer dizer, é... é aquele momento que eu acho que a dificuldade que nós temos é a seguinte, de cada vez nós temos menos tempo pra aquele momento que o sujeito pára e começa a refletir sobre os fenômenos da natureza, porque a Física basicamente é uma, digamos, é uma descrição, né? Mais detalhada e tal dos fenômenos da natureza. Então, eu acho, assim, que a principal coisa é a pessoa... perceber que ela precisa parar um pouco pra fazer uma análise mais profunda dos fenômenos da natureza.

Podemos dizer que o discurso desse professor converge para uma formação discursiva que rege muitos discursos de professores universitários de Física. Durante toda a entrevista, fica evidente que o sucesso na aprendizagem depende da dedicação do aluno. Em nenhum momento, a culpa está no professor, como podemos evidenciar através dos resultados da dissertação recentemente defendida de Cortela (2004). Ela questiona os professores de um curso de licenciatura em Física sobre como o aluno da graduação deve proceder para ter sucesso à aprendizagem. As respostas tiveram o mesmo encaminhamento, ou seja, a aprendizagem terá o sucesso almejado desde que haja uma dedicação maior por parte dos alunos no estudo dos conceitos. Isso fica evidente quando um dos entrevistados diz que sua

função é a de orientar, e a do aluno é a de ter iniciativa para entender melhor a situação. Uma resposta muito marcante nos discursos foi com relação ao empenho dos alunos nos estudos.

No trecho seguinte, o professor assinala que a dificuldade em se aprender os conceitos de Física está atrelada ao fato de ter que abordar todos os conteúdos do currículo em um espaço curto de tempo. Podemos interpretar os efeitos de sentido presentes no discurso do professor como contendo um não-dito, ou seja, o fato de os alunos acharem que Física é difícil, não é só culpa do aluno, mas também, do currículo, que aborda tantos temas, o que não dá outra opção aos professores senão “correr um pouco, né?”.

É interessante destacar essa passagem por que o professor faz uso de um recurso denominado por Orlandi (2003) como “mecanismo de antecipação”. Esse recurso permite que o professor se coloque na posição do interlocutor (no caso, a pesquisadora), antecipando o sentido que pretende que suas palavras produzam. Ou seja, quando ele faz uso dessas palavras, ele já tem em mente o efeito que quer que tais palavras adquiram.

(28-36) Prof.: [...] e, também, pelo fato de, no nosso currículo, por exemplo, nós temos muitos pontos pra trabalhar uma quantidade grande de pontos a serem trabalhados, né? e que exigiria talvez um tempo muito grande se a gente realmente for passar por todos os fenômenos que a gente tem que abordar aí e tal, e como o currículo é bastante apertado, então, ele próprio faz com que haja essa tendência, assim, de você correr um pouco, né?... E, conseqüentemente, o que que acontece? Ou seja, num determinado curso, vamos supor a disciplina de Física II, Física Geral II pros alunos da Física. Nós temos que passar por uma série de temas, uma série extensa de temas e que talvez não dá o tempo suficiente pra uma pessoa ter essa reflexão.

Continuando as reflexões sobre as origens das dificuldades dos alunos em aprender Física, o professor remete a questão ao fato do que ele considera como sendo aprendizado, e o que os alunos entendem por aprendizagem. Por estar inserido em uma formação discursiva diferente da dos alunos, a dos professores universitários de Física, seu

entendimento de como ocorre o aprendizado é diferente dos alunos, que se inserem em outra formação discursiva.

(36-39) Prof.: [...] Então, eu acho que isso causa um certo conflito entre a matéria, entre a questão do que a gente pode achar que é o aprendizado e depois eles podem ficar com essa sensação de que é uma coisa difícil. Mas é... em princípio, eu não concordo com a questão do difícil...

Quando questionado a dizer o que facilitaria a aprendizagem dos conceitos considerados difíceis pelos alunos, o professor esclarece que, o que implicaria aprendizado dos alunos seria a relação do que acontece na natureza com a parte teórica, conceitual: (43-45) “É, como a Física é uma ciência natural, eu acho que uma coisa importante pra se ter realmente o aprendizado é você fazer o teste na natureza de como aquelas coisas acontecem, tá? Ter uma interação entre essa parte teórica, digamos que a gente pode aprender essa parte conceitual que a gente aprende e a observação, eu acho que uma interação entre essas coisas é... pode ajudar...”.

Nesta passagem podemos interpretar a visão de Ciência que este professor possui, ou seja, quando menciona (44-45) “[...] é você fazer o teste na natureza de como aquelas coisas acontecem [...]”, revela uma visão empirista-indutivista de Ciência, ou seja, de que o que sabemos a respeito do mundo físico foi aprendido de observações diretas dos fenômenos da natureza. Desta forma, e como destaca Orlandi (2003), é importante compreender o significado que o sujeito dá às suas palavras.

Considerando, ainda, a questão do que poderia facilitar a aprendizagem dos alunos, o professor fala que o que ajudaria bastante seria “[...] a interação entre a prática e a, e a teoria né, talvez uma prática num sentido diferente dos nossos laboratórios didáticos, talvez uma prática mais abrangente, reconhecimento das situações do dia-a-dia daquela, daquele conceito físico que tá sendo envolvido na hora da aula”. Notamos a atribuição dada pelo

professor ao uso do laboratório, ou seja, ele o considera como sendo altamente relevante, mas não considera a prática de laboratório como sendo o recurso mais apropriado, da forma, como hoje é trabalhado, para que o aluno aprenda o conceito físico. De acordo com ele, a inserção nas aulas de situações do dia-a-dia do aluno possibilitaria melhores condições de aprendizagem.

Neste caso, o discurso do professor coincide com o que Cunha (1989) diz quando aponta que os professores compreendem que tudo o que é mais próximo, que é real para o aluno tem maior significado.

Ao ser questionado sobre os recursos que utiliza em sala de aula para facilitar a compreensão dos conceitos que estão sendo estudados, ele enfatiza diversas vezes, no seu discurso, a palavra “tentar”: (59) “Eu tento ilustrar com situações”; (60) “eu tento colocar pra eles pra observarem as coisas numa situação do dia-a-dia”. É possível notar, através dessas expressões, que o professor demonstra preocupação em fazer com que os alunos compreendam, visualizem os fenômenos, os conceitos.

(56-67) Prof.: Olha, eu faço um tentativa, né? de... é... colocar pra eles sempre que possível algumas situações práticas. Então eu acho que isso pode ajudar no, nesse, no desenvolvimento é... desse aprendizado dos conceitos, né? desse... meio que o entendimento dos conceitos, dos mecanismos envolvidos na Física. Eu tento ilustrar com situações aí, algumas vezes na sala eu tento, eu tento colocar pra eles pra observarem as coisas numa situação do dia-a-dia, tá? Agora eu não sei até que ponto isso vai, quer dizer, é uma mensagem que a gente tenta passar, mas que é uma coisa meio intuitiva assim... Eu não sei dizer se é, não é muito programado isso, tá? Você, a hora que você tá preparando uma aula, você lembra de alguma situação que você poderia exemplificar pra eles ou, então, às vezes, na mesma hora da aula, a partir de uma pergunta, você pode lembrar de uma situação prática que possa trazer. Então, eu acho bastante importante essa ponte entre a prática e os conceitos que eles estão aprendendo.

Este último recorte discursivo demonstra que o professor reconhece, e ao mesmo tempo não, a importância de esclarecer os conceitos que vão ser trabalhados com os alunos ao

programar sua aula, quando é programada. Ele aponta a inserção de situações práticas como sendo importante para poder fazer com que os alunos compreendam os conceitos. Apesar de parecer para o professor (62) “uma coisa meio intuitiva”, (62-63) “não muito programado”, podendo aparecer (64) “na mesma hora da aula”, a inserção de situações que colaborem com o entendimento dos alunos com relação aos conceitos pode ser considerado um avanço na questão ensino-aprendizagem.

Solicitado a interpretar sua própria aula e fazer comentários da mesma, ele destaca a importância de se levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos, ou seja, de se investigar o que o aluno já sabe sobre aquele conteúdo.

Nesta altura da entrevista, surge espontaneamente no discurso do professor o nosso assunto de interesse. Isso se dá a partir da linha 113, quando, enunciando sua resposta na interpretação do primeiro episódio, faz remissão ao uso da analogia. Ele utiliza o termo “paralelo” como um indicador da relação analógica.

(110-117) Prof.: [...] sempre tento é vincular uma coisa nova que eles estão aprendendo com as coisas que eles já sabem mais; quer dizer, talvez esse pedaço aí (última fala do professor), fazendo uma analogia da segunda lei de Newton aplicada ao movimento circular [...] faz esse paralelo entre as coisas já aprendidas com as coisas que estão sendo aprendidas; das coisas novas que eles vão aprender.[...] Então, dentro do possível, tentar ressaltar também a parte conceitual, que é paralela entre uma coisa e outra.

Apesar de a analogia surgir espontaneamente no discurso do professor, quando questionado a definir, e a dizer qual sua função, ele responde com um certo cuidado e enuncia dizendo que:

(123-136) Prof.: [...] a analogia é assim, é... você tem um paralelo... você tem um paralelo conceitual e você tem um paralelo também formal da expressão que aparece [...] tentar relacionar essas duas coisas, quer dizer, na hora que eu tô no final aí, que eu falo que o papel que a força faz na segunda lei de Newton é o mesmo papel que o torque faz no... no movimento circular [...] essa analogia e tal, ela é

uma espécie de similaridade entre as coisas [...] Um mecanismo similar de uma coisa com a outra, e tentar ressaltar essa similaridade pra dar aquela idéia de você ir abrangendo, né? A partir de determinadas coisas que você já refletiu a respeito delas e tal. E dando uma pista de como que você pode refletir, como que você pode pensar as relações de outras coisas que você aprende na seqüência.

A enunciação proferida pelo professor se aproxima da definição dada por Duit (1991) quando este autor declara que, a analogia “compara explicitamente as estruturas de dois domínios; indica identidade de partes das estruturas” (p. 651). No entanto, ele utiliza a expressão “tentar”, denotando um tom de justificativa para o caso de não conseguir relacionar “as duas coisas”: (125) “tentar relacionar” (133) “e tentar ressaltar essa similaridade”.

Outro fator que chama a atenção é o fato de o professor não saber até que ponto sua explicação, envolvendo a elaboração e utilização da analogia, foi frutífera ou não: (148-149) “É... a gente fica, né?... A gente fica, muitas vezes, sem saber o retorno, até que ponto que aquilo foi, sabe?”.

A significação atribuída pelo professor ao trabalho que envolve outras situações (interpretamos como sendo a utilização de análogos) com a finalidade de esclarecer o conceito estudado, é vista como sendo (157) “um desvio do assunto”, porque, da mesma forma que o conceito tem as suas especificidades, a (157) “outra situação” também terá. Além disso, não se sabe até que ponto esse (157) “desvio” é viável, porque não se prevêem as dificuldades que o outro assunto pode ocasionar.

(155-159) Prof.: [...] E sempre fica talvez à vontade de ir além, né? Mas é... também fica aquela... aquele compromisso entre se você desviar do assunto que você tá trabalhando, você pode gerar outras situações que também têm as suas dificuldades, que podem gerar outras, outras perguntas; então, por isso que eu acho que a gente vai até um determinado ponto e volta...

Através da enunciação (161-164) “[...] existe uma tentativa de... de colocar uma outra situação, mas que a gente não sabe exatamente se pegou bem aquela explicação ou não,

porque muitas vezes é uma coisa assim, quando não é baseado nas perguntas, às vezes, é uma coisa meio de improviso, né?”, nota-se que as analogias são utilizadas quando o professor percebe, através das perguntas dos alunos, que eles não estão entendendo e, quando não é assim, é usada de forma improvisada, ou seja, não programada. Essa situação acarreta o uso inadequado das analogias, pois sua utilização já vem de uma elaboração não planejada, improvisada. Isso pode fazer com que o conceito seja, ainda, mais difícil de ser compreendido.

Importante destacar a questão da escolha da situação (análogo) que terá por finalidade tornar o desconhecido familiar, pois como aponta Oliva (2003), dependendo da situação (analogia) selecionada, esta pode resultar tão complexa ou mais que o próprio objeto que se quer ilustrar. Essa tarefa não é tão simples quanto parece, como afirma o professor ao dizer que: (165-167) “algumas vezes, vem a situação boa pra explicar; outras vezes, a gente pensa numa situação que a gente mesmo depois pensa, você vai refletir sobre o assunto e não era bem aquilo”.

Nessa altura da interpretação do discurso do professor, torna-se importante refletir sobre o papel que a analogia desempenha na sala de aula. Esta reflexão aparece quando o professor apresenta sua argumentação com relação ao valor apresentado pela analogia, ou seja: (189-190) “o simples fato de ele (análogo) ter causado a discussão e o pessoal começar a pensar sobre ele, eu acho que tem o seu valor, tá?”

No trecho a seguir, fica evidente que a analogia não tem por função somente esclarecer, provocar a visualização da explicação de um determinado conceito, mas ela desempenha a função de incitar discussões, que permitam que os alunos participem, debatam o assunto. Essa característica da analogia, na visão do professor, proporciona a aprendizagem.

As analogias para o professor têm a propriedade de fazer com que os alunos reflitam sobre determinado fenômeno. Além disso, elas suscitam discussões, e isso provoca

nos alunos a vontade de irem além, de procurarem outras possíveis explicações para o assunto abordado.

(203-212) Prof.: [...] ela tem seu valor pra você poder induzir o pessoal a começar a pensar em situações práticas que possam envolver o fenômeno, tá? Talvez nem sempre uma analogia criada na sala de aula, assim, meio de improviso como acontece e tal, ela talvez não pode, é como a gente já comentou, né? Talvez possa não ser exatamente o ponto, ou possa até ter alguma coisa de incorreto na hora de colocar aquele tipo de coisa, não se encaixa bem exatamente no... no problema que você tava querendo demonstrar e tal, mas eu acho que, apesar disso, ela tem o seu valor por conta de suscitar a discussão, né? Porque aí você descarta que... começa a pensar num determinado assunto: Você pode até descartar aquele ponto; os estudantes podem pensar outra... outra possível explicação e pode, então, nessa troca de idéia, eu acho que ela é bastante benéfica.

(232- 237) Prof.: [...] É se bem que eu volto a frisar aquele ponto, né? Quer dizer, eu não sei depois, né? De... se você me perguntar assim, oh! Concretamente, aquele serviu pra ele ter, pra ele realmente adquirir o aprendizado formal daquele ponto que você tava querendo explicar, tá? Eu, eu não sei fazer uma avaliação assim quantitativa. Realmente, pra falar: “olha ele foi no sentido que a gente esperaria, quer dizer, ele adquiriu uma melhor compreensão do fenômeno ou não, tá? ”

Interpretando os efeitos de sentido contidos nas falas do professor, podemos afirmar que este é favorável ao uso das analogias no sentido de estimular a discussão e envolvimento dos alunos, como mostra os fragmentos discursivos: “(203-204) [...] ela tem seu valor pra você poder induzir o pessoal a começar a pensar em situações práticas que possam envolver o fenômeno, tá? (219-220) “Eu acho que a coisa que favorece nisso é esse ambiente de discussão”; (230-232) “eu acho que você envolve mais o estudante em pensar sobre o assunto, sabe? Refletir, trazer idéia na classe pra discussão e tal”.

De acordo com o discurso do professor, a analogia promove a discussão, facilita a aprendizagem, mas o entendimento final, a explicação formal fica por conta do aluno, ou seja, cabe a ele chegar a uma conclusão. Com relação ao efeito provocado pelo uso da analogia, o professor alega não ter como avaliar. Esse é um dos passos considerados

importantes em estratégias didáticas que utilizam a analogia como ferramenta, pois pode ocorrer de o aluno entender a analogia inicial e continuar não entendendo o conceito científico meta, como afirma Pittmam (1999).

3.3 Os Discursos dos Alunos

A interpretação a seguir é procedente de fragmentos discursivos presentes nas entrevistas realizadas com os alunos da amostra selecionada. As transcrições das entrevistas estão presentes no Anexo D. A ordem de apresentação da interpretação realizada é a mesma em que foi realizada a entrevista.

Como mencionado no capítulo II, item 2.2, a amostra de alunos (A_1 , A_2 , A_3 , A_5 e A_8) a serem entrevistados foi composta a partir dos episódios de ensino escolhidos para as entrevistas. Assim, os alunos nomeados foram os que mostraram interesse tanto na discussão das analogias elaboradas pelo professor e/ou quanto aqueles que participaram na produção das analogias.

Os cinco alunos foram entrevistados individualmente, no dia 08 de novembro de 2004. Cada aluno foi entrevistado em um horário específico marcado previamente pelo pesquisador ou através de *e-mail*. De uma forma geral, os entrevistados mostraram-se bastante à vontade durante a conversa, com exceção do aluno A_8 , que se mostrou bastante tímido, dando respostas curtas que demonstravam certa insegurança. Falaram de modo calmo e sério; procuraram ser claros em suas respostas; mantiveram um tom de voz agradável. As entrevistas duraram em média uma hora e não ocorreram interrupções externas.

Importante ressaltar que todas as questões feitas à amostra de alunos foram semelhantes às utilizadas na entrevista com o professor.

Numa questão inicial desencadeadora da entrevista, os alunos da amostra foram solicitados a comentar sobre a dificuldade de se aprender Física, por exemplo, o que eles achavam dos comentários de outros colegas, de que aprender Física é difícil e a que eles atribuíam esta dificuldade ressaltada por alguns alunos. As respostas foram variadas.

Por exemplo, para o aluno A₁, a dificuldade foi atribuída à formação do professor que leciona Física: (09-15) “[...] Primeiro, a formação do professor... geralmente eles não são professores formados em Física, né? Então, eles são professores de Matemática, professores de Química, de outras áreas, né? [...] Acredito que o maior culpado é o professor, tá? E... daí começa aquele desinteresse do aluno, né?”.

Para este aluno, a Física é difícil pelo fato do professor, na maioria das vezes, não ser formado na área específica, ou seja, Física, sendo formado em outras áreas, e lecionar assim mesmo (faz referência ao professor de ensino médio). Essa inquietação é preocupante no que tange ao ensino de Física.

A forte presença do cálculo matemático em detrimento da sua abordagem conceitual foi outro fator responsável pela dificuldade em se aprender Física. Ele foi levantado pelos alunos A₂, A₅ e A₈. Para eles, o fato de o professor enfatizar muito o conhecimento do cálculo matemático e das fórmulas, torna a Física difícil e complicada, e, sobretudo, desinteressante.

(08-12) Aluno A₂: [...] muitas vezes, a matematização de um conceito, ele é complicado, né? Essa passagem, né?... da parte teórica pra parte matemática. Então, isso acaba, às vezes, sendo um pouco pesado, transformando a física em algo um pouco mais complicado, um pouco mais difícil. Eu sinto essa dificuldade de passar da teoria pra matematização; em algumas vezes, fica pesado, ainda mais complicado de entender e de conseguir fazer as coisas.

(11-15) Aluno A₈: [...] Não sei... acho que... talvez, porque Física é... aí... os conceitos são difíceis assim, pra maioria, né? E depois tem muita matemática. Então, tem aquele conceito que é... requer,

assim, tempo de estudo, né? Que não é... que não é fácil. Talvez, como que nem as outras matérias, não sei, e mais a parte matemática que também não é fácil, mais...

(15-17) Aluno A₅: [...] Mas na faculdade, assim que eu achei, mais a parte que mais puxou pra mim foi na parte de cálculo assim, né? Porque, na Física, eu levei tranqüilo, assim.

Percebe-se, claramente, nas falas dos alunos, que a dificuldade de se aprender Física não está somente no entendimento dos conceitos, mas em muitos casos, na abordagem matemática que envolve a aprendizagem do mesmo.

(06-14) Aluno A₃: [...] eu acho que tudo é complicado quando a gente se aprofunda [...] Eu não acho que seja difícil, eu acho que é... é quando a gente encontra essas... esses... essas barreiras que a gente aprende. Na verdade, porque não tem como a gente estudar, ler um livro, um texto, e falar “bom, domino essa matéria”. É com essas barreiras, assim, não barreiras, é com essas... esses empecilhos, assim, que a gente cresce na verdade. Eu acho que a dificuldade mostra o nosso grau de desenvolvimento, vamos dizer assim, mais experiente você fica e não que você fica mais sábio, mais experiente, você fica pra lidar com o problema.

O aluno A₃ atribui à dificuldade um aspecto positivo, de estímulo, pois entende “barreiras” como oportunidade para reflexão que gera a aprendizagem. E, quando essas “barreiras” são superadas, gera a aprendizagem. Percebe-se, na enunciação desse aluno, que ele, em nenhum momento, faz menção ao papel desempenhado pelo professor no ensino. Desse modo, admite-se que existe realmente um lugar institucional, que é do professor, assim como existe um lugar institucional, que é do aluno. E, como afirma Cardoso (2004), é desses lugares enunciativos que os sujeitos falam na instituição escola, ou seja, “a instância da subjetividade enunciativa submete o enunciador às suas regras, assujeitando-o, determinando o que pode e deve ser dito por ele” (p.51).

Com relação à questão seguinte, sobre o que eles achavam que poderia contribuir para facilitar (ou estar reduzindo as dificuldades), a aprendizagem dos conteúdos de Física, o

aluno A₁ enfatizou a questão da inserção de mais conteúdos de educação no currículo do curso de licenciatura em Física, porque “apesar de ser um curso de Física, também se é um curso de licenciatura”, ou seja, um curso que tem por finalidade formar futuros professores de Física. Permeando este discurso, notamos na fala desse aluno o fato dos cursos de licenciatura trabalharem as disciplinas de Educação nos últimos anos e, que por ser um curso de licenciatura, deveria se trabalhar durante o curso conteúdos relacionados à Educação. Interpretamos que ele espera encontrar nessas disciplinas métodos (mais especificamente, receitas) que lhe dê oportunidade de escolha para trabalhar, posteriormente, quando estiver atuando como um profissional.

(21-29) Aluno A₁: Eu acho que deveria tá melhorando a formação do professor, né? O curso, por ser um curso de licenciatura, mais com bastante matéria de educação, deveria ter bastante matérias de educação é... por que mesmo você fazendo um curso de licenciatura, às vezes, esse curso não te dá essa base sabe, na educação, te dá Física, Física, Física, mais não te dá maneiras de você ensinar essa Física, né? Ele espera que você crie uma maneira sua, sabe? Mas, às vezes, você não tem capacidade pra isso, né? Então, você precisa ter uma base, tá tendo é... uma leitura, tendo disciplinas que mostrem várias formas de você tá dando aula, pra você ver uma que você vai se adequar a esse sistema e você praticar aquilo, aí você vai melhorando com o tempo, né? Você vai melhorando depois.

O discurso do aluno A₂ deixa claro que a aprendizagem dos conceitos seria facilitada se fosse dado um enfoque maior na parte conceitual, na parte teórica da Física, e não tanto na matemática, que acaba sendo mais explorada do que a Física.

(15-37) Aluno A₂: Olha, eu acho que tanto na, na Física geral, tanto na Física que é ensinada no ensino médio quanto no ensino superior [...] eu acho que falta um enfoque teórico na Física [...] Eu acho que preza-se muito a matematização, muito fazer conta, ao passo que, muitas vezes, os conceitos eles são esquecidos, né? [...] então que aumente um pouco mais a parte conceitual e diminua a parte de matematização ou mantenha a parte de matematização e aumente a parte conceitual. Que faça realmente entender o conceito [...] Então, eu acho que deveria se, é ensinando mais a parte conceitual da Física, o aluno realmente saber o conceito.

O que reduziria a dificuldade de se aprender Física para o aluno A_3 , seria o aumento de aulas práticas, experimentais, ou seja, de situações em que ele “visualizasse” o conceito estudado. Nota-se no discurso desse aluno a forte crença no uso do laboratório como recurso para resolver os problemas de Física. O aluno A_8 também destaca o papel do laboratório (aulas práticas) como ferramenta de facilitação da aprendizagem, pois considera a Física abstrata da forma como é trabalhada.

(17-18) Aluno A_3 : Olha! Sinceridade! Eu acho que um pouco mais de horas no laboratório, um pouco mais de experimentos também, né?...

(18-23) Aluno A_8 : Bom, eu acho uma coisa assim [...] você tem uma prática junto, né? Porque a Matemática é só teoria mesmo. Então, é difícil e muito abstrato, né? Mas a Física eu acho que se a gente conseguir, então a parte prática... mostrar aquela teoria na prática pro aluno. Eu acho que fica mais fácil de fixar. Eu acho que é uma vantagem.

Enquanto alguns apontam o professor como sendo o culpado em tornar a Física difícil; outros, como o aluno A_5 , atribuem ao desempenho dos alunos o sucesso na aprendizagem dos conceitos, ressaltando que: “90% é de suor, você sentar lá e resolver exercício, estudar a matéria”. Para ele, o trabalho docente nesse processo não é tão decisivo: “pode colocar que é 70% discente, e uns 30%, docente”. Ele reforça que uma “aula bem dada, né? É uma grande ajuda”, mas não interfere tanto quanto o “debruçar” do aluno sobre os estudos.

Quando questionados a responder sobre os métodos que o professor utiliza em sala de aula com o intuito de facilitar a compreensão dos conceitos, os alunos A_1 , A_3 e A_5 mencionam que o professor utiliza-se de questionamentos para fazer com que os alunos reflitam sobre o assunto abordado. Apesar disso ser considerado interessante, o professor, do ponto de vista do aluno A_1 , falhava ao utilizá-lo, pois, “faltava a resposta no final da aula”. Ao

contrário do que pensa o aluno A_1 , para A_3 esse fato é encarado como sendo positivo, pois: “estimula a gente... a ir atrás das respostas, a não ficar só preso no que a gente imagina... mas tem um pessoal que se decepcionou, porque acha que o professor fica enrolando, enchendo lingüiça; mas eu, não. Pra mim, isso não influenciou muita coisa, não”. Já para o aluno A_5 , a falha em utilizar este método está no aluno, que não se prepara para dar as respostas ao professor no momento em que este o questionar sobre o assunto.

(49-55) Aluno A_5 : [...] mas o interessante é que, assim, o problema, a falha da aula, não era a falha da aula do professor, a falha era nossa, porque o professor, ele vem com indagações, com perguntas que... que você faria, o que que você acha, né?... tentando tirar o conhecimento que a pessoa tem, que o aluno tem pra trabalhar em cima daquilo, né?... vamos ver como eles estão... só que dificilmente o aluno estuda a matéria antes do professor [...] Então, esse jeito que ele abordava, assim, “ah! O que que você acha que vai acontecer”, é... “como que você acha que deve fazer isso?”...

A respeito do uso de recursos ou estratégias pelo professor em sala de aula, o aluno A_2 diz que o professor utilizava como recurso a inserção de situações que fizessem com que o aluno imaginasse, visualizasse o conceito. Porém, essa busca ocorria somente em momentos em que o professor percebia que “o pessoal” não estava entendendo.

(41-52) Aluno A_2 : [...] eu acho que ele teve um pouco de diferencial em relação aos outros professores que eu tive até agora. No caso, a buscar realmente é... tentar fazer o aluno entender um pouco mais o conceito, né? Eu acho que o professor... o professor... ele ficou um pouco mais preocupado com isso [...] mais eu acho que a forma dele dá aula, de exemplificação, de buscar os exemplos [...] por exemplo, eu me recordo uma aula onde era de movimento de um oscilador, então, uma das explicações, ele falava não. Então, agora, o pessoal não tava entendendo; então, coloca num pote de mel agora; imagina que ele tá oscilando num pote de mel, a dificuldade é maior. Então, né? Você, essa maior exemplificação, essa busca de maiores exemplos, eu acho que facilita um pouco.

O aluno A₈ não se manifestou muito a respeito desse assunto. Ele apontou como recurso somente a prática (uso do laboratório); mesmo assim, ele destaca que não foi muito usada.

(27-33) Aluno A₈: (Pausa) Um recurso, assim, na prática, não lembro, mas se usou foi muito pouco... assim, foi mais na teoria mesmo, que ele utilizou [...] Mais eu acho que... só... só a teoria, né? Eu não lembro, assim, de ter muita prática em sala, assim, de exemplos práticos... acho que não, mais a teoria mesmo que foi.

O uso do termo “exemplos” presente em quase todos os discursos pode ser interpretado como confusão entre exemplos, propriamente dito, e situações analógicas utilizadas pelo professor com a finalidade de facilitar a compreensão do conceito estudado. Apesar disso, a utilização é entendida pelos alunos como sendo eficaz, porque promove a visualização. Este poder de “visualização” como retrata Thiele e Treagust (1995), é importante para a aprendizagem dos conceitos. Isso fica evidente na fala dos alunos A₁, A₂ e A₅, quando apontam que é interessante a utilização desse mecanismo que incita a busca de situações bem próximas, que eles possam imaginar:

(70-73) Aluno A₁: [...] Então, é interessante essas situações, esses exemplos bem próximos que... que você... que você consegue ter uma abstração e imaginar aquilo, né? Porque fala uma coisa, né? Que o aluno não consegue imaginar aquilo, né? E tal... não tem próximo dele. Foi bem interessante esse curso.

(56-61) Aluno A₂: Sim. Eu acho que fica fácil, porque você vai falar... é... todo mundo sabe que o mel, se você colocar a mão dentro da água é diferente de você colocar dentro do mel. Isso aí já é conhecido de todos os alunos. Então, você falar que uma coisa está oscilando no ar e uma coisa está oscilando dentro de um pote de mel, o aluno já de imediato ele sabe a..., ele tem a noção da diferença de... da oscilação, né? Então, eu acho que isso facilita, o aluno ter um pouco, a maior noção do, do que está se passando no enunciado do problema.

(72-73) Aluno A₂: [...] aí, a hora que você coloca a situação, aí fica bem mais fácil de visualizar...

(66- 85) Aluno A₅: É, eu acho que o problema maior, né? É na parte da visualização, né? [...] Você vê a dificuldade do professor pra mostrar as forças atuando ali no... na peça pra gerar o torque, né? Aí, ele tem que ficar demonstrando, fala “oh! Essa força aqui é perpendicular, essa aqui não é”, que no quadro negro fica difícil. Na lousa, fica difícil visualizar isso daí [...] E temos a sorte nessa aula, porque é... assim... é... tinha a porta pra dar um exemplo, né? do torque e tal [...] como você vai visualizar essas coisas, né? [...] o pessoal, assim, indagou bastante, teve bastante pergunta, por causa disso é mais fácil você visualizar, né? No caso, o exemplo que ele deu da porta, né? Porque que perto da porta, né? é mais difícil. Agora, num... numa outra aula, assim, que não fosse na parte de mecânica, né? ou que a visualização fosse mais difícil, eu acho que seria complicado assim, essa, esse entendimento por parte dos alunos.

Uma vez que o professor apresenta a relação entre conceitos ou situações semelhantes, e mostra a correspondência existente entre eles, os alunos sentem essa comparação como sendo favorável, conforme os trechos abaixo.

(84-90) Aluno A₁: Ele (professor) mostra a relação entre o torque e a força, né? Sem demonstrar a fórmula, né? Só que ele deixa, né? Ele mostra bem que existe uma relação ali, sabe? [...] Então, por questões de tempo, às vezes, ele pode até demonstrar, mas ele dá uma referência pra esse fato, ele fala que existe uma relação e tal, né? Dá mais ou menos pra você vê essa relação mesmo que... mesmo ele não tendo demonstrado a fórmula. É interessante.

(91-95) Aluno A₂: O conceito é complicado porque fica só na fórmula, né? Você entender o conceito sem falar que torque é o... a força vezes o braço é complicado [...] uma aula que pra esse tipo de conceito, eu acho que a exemplificação muito em sala, mostrar exemplos e situações é... eu acho que pode fazer com que a gente consiga aprender melhor.

Segundo Duit (1991), essa correspondência deve ser estabelecida pelo professor com precaução, pois nem todas as características do análogo são transferíveis para o conceito alvo, e isso pode induzir ao erro e o aluno só entender a analogia inicial, ou, até mesmo, não entender os dois domínios.

Essa preocupação é pertinente porque foi exatamente o que aconteceu na quinta aula observada. Nesta aula, o professor elabora e utiliza uma analogia para explicar um conceito. Durante a exploração da relação entre os dois domínios, os alunos sentem dificuldade em entender essas relações, ou seja, tanto as relações que apresentavam similaridades quanto as que apresentavam diferenças. Situações desse tipo reforçam a importância de se conhecer o análogo, tanto quanto o alvo, antes de utilizar analogias. Mesmo assim, sendo elaboradas “meio na hora”, os alunos entendem como sendo favorável recorrer a estes recursos, pois, promovem a visualização, e isso já é o suficiente.

(140- 151) Aluno A₂: Nessa aula aqui, eu acho que... é o que o professor falou, né? O exemplo foi feito na hora, ali, é um risco que todo professor corre, né? de... você ter que chamar um exemplo, o professor que... que... que decide por esse tipo de aula, né? pra tentar mostrar pro aluno que não é toda a hora que você vai conseguir acertar o exemplo que o aluno entenda, né? Uma grande... eu acredito que, na maior parte das vezes, por exemplo, não é uma, algo que facilita tanto, né? E o professor também reconheceu isso que talvez ali no momento [...] ele busca o exemplo. Então, ficou bem claro nesses três vídeos aí, e eu, particularmente, acho que isso é bastante interessante. Tô falando isso baseado na minha pessoa, que, particularmente, eu entendo mais, consigo visualizar mais assim. Então, esse é um diferencial na aula do “professor” que eu achei, e eu gostei. Eu faço licenciatura, então eu pretendo utilizar esse tipo de...

(86-90) Aluno A₃: Tentou fazer uma analogia, mas não foi muito adequada como se viu, né? Ah!... é... aquele negócio né tipo na hora ali, a gente tem que analisar que o professor se... ali, a gente tem que analisar que o professor não foi muito feliz na escolha ali da analogia. É o mais, o mais interessante é isso, ele fala assim, olha! “dá uma olhada com carinho”, que é a questão da gente analisar em casa...

Importante compreender os efeitos de sentido presentes na fala do aluno A₁: (107-110) “Já tava complicado no carro e ele foi procurar um exemplo e... é. Só que daí, ele usou um... é... um gira-gira, né? eu não conheço um gira-gira, nem sei o que que é, imaginei o que seria mais ou menos, né? Imaginei que fosse um...”. No uso dessas expressões, o aluno evidencia o processo de recorrência à analogia; a fase do não-entendimento do conceito

(situação) alvo e a busca da situação familiar. Esse último fator é muito importante, pois a utilização de uma situação não familiar pode agravar ainda mais o entendimento do conceito, como, por exemplo, fica evidente no discurso do aluno A₁: (114-115) “Até hoje, eu tenho dúvidas”.

(108-128) Aluno A₅: Nessa (aula) o professor, ele demorou um pouco, né? pra escolher, ficou pensando num exemplo, né? Eu não sei, deu pra... condições... ficou melhor que a do carro, mais eu acho ainda que ficou meio dúvidas na cabeça do pessoal, mas ele mesmo, assim, ele viu, ele sentiu. Isso foi interessante. Ele sentiu que o pessoal teve dificuldades de entender, [...] mais eu acho que o professor ele tinha que pegar no mínimo uns dois exemplos, né? Obviamente que não análogos, né? Se no caso, ele (aluno) não entendeu aquele, tampouco ele vai entender o outro que é semelhante, né? [...] mais ele meio que sentiu que o pessoal tava... não tinha entendido muito bem a idéia central, né? mais ele falou “leia um pouco com carinho isso daí. Vê como é que funciona; estuda um pouco pra...”.

(93-101) Aluno A₈: É... seria bom a aula um pouquinho melhor preparada [...] Porque dá um exemplo, sei lá, deixar, tentar deixar outro, assim, pra se alguém perguntar “a eu não entendi”, aí você vai e faz pra não ter problema de tentar achar na hora um exemplo, assim [...] É uma vantagem, assim, da Física com relação à Matemática, que é muito abstrata é isso, né? Esses exemplos você dá a teoria sim e eu acho que quanto mais, mais exemplos você achar, assim, práticos que a gente tá vivendo, assim, e fazer uma analogia, fica mais fácil a gente aprender, né?...

O aluno A₁ concorda com o professor de que a analogia utilizada por ele não foi realmente boa: (A₁: 131-133) “Não; não foi... foi boa, né? Essa saída do professor assim, né? Eu tenho que pensar e tal”. Ele mostrou que ele podia tá errando também, né? Em vez de continuar naquilo e... surgiu várias dúvidas, todo mundo com dúvida, mas como que pode e tal, daí ele parou e pensou e falou. Olha... eu não sei mesmo se isso daqui tá certo, né?...”. Mas na verdade, não foi a analogia que não foi boa, e sim a apresentação analógica realizada pelo professor.

Holyoak (1990 apud PÁDUA, 2003, p. 6) já apontava para os perigos na utilização das analogias quando ressaltava que, para decifrar uma analogia, não basta saber sua origem, mas possuir “grande familiaridade com os elementos utilizados como campo fonte, com a

cultura geral e com o contexto em que foi utilizada”. Assim, o professor não tinha esclarecimento suficiente da analogia para propor aos alunos como análogo.

Após verificar que o professor fez uso da analogia na sua aula, os alunos foram questionados a dizer o que eles entendiam por analogia. Muitos tiveram dificuldade de encontrar uma definição.

(138-141) Aluno A₁: Analogia pra mim é... você tá é... usando uma explicação, usando uma determinada explicação, um determinado material, ou uma determinada situação e aquela situação, e aquela situação não cabe ao aluno, ele não consegue imaginar aquela situação sabe... ele...

Interessante notar que, o aluno A₁ faz uso de uma analogia para explicar o que é analogia. Ele ressalta que: (141-143) “é a mesma coisa; você vai explicar uma coisa que é o forno de microondas e o aluno não tem um forno de microondas, ele nem consegue imaginar o forno microondas. Então, você usa uma analogia com uma coisa mais próxima da sua realidade”.

Na definição de um outro aluno (A₂), analogia seria a comparação da teoria (conceito) com alguma situação que o professor pudesse usar como ilustração. Segundo a classificação de Lawson (1993) sobre conceitos científicos, os conceitos teóricos são de difícil compreensão, pelo fato de não serem observáveis. Neste caso, assim como o aluno A₂, ele justifica a utilização de analogias como um mecanismo que pode auxiliar o aluno no entendimento deste tipo de conceito, pois elas desenvolvem explicações satisfatórias para os fenômenos naturais.

(157-161) Aluno A₂: [...] analogia dele, ele vai tentar comparar alguma coisa, né? E o que eu chamei de exemplo é exatamente isso... ele tenta comparar a teoria com alguma situação que ele consiga mostrar; então, exemplo é isso, é pegar a teoria e pegar alguma situação que exemplifique a teoria, pra mim é a mesma coisa.

Do ponto de vista do aluno A₃, o recurso analógico como ferramenta de ensino não deveria ser abordado no ensino superior, pois nessa fase “o conhecimento, acho que tem que ser um pouco mais aprofundado [...] acho que a gente teria que fazer um esforço pra entender sem essa questão de analogia, pra ver como é que funciona mesmo”. Interessante notar o papel atribuído às analogias por esse aluno; ela é vista como “algo” que “cria muitas idéias” e, no entendimento dele, isso dificulta a concretização o entendimento do conceito.

Desse modo, evidencia-se na fala desse aluno que a analogia deve ser utilizada em níveis mais elementares, como Ensino Médio, pelo fato de ser o primeiro contato da maioria dos alunos com conteúdos dessa natureza.

(102-109) Aluno A₃: Na faculdade eu sô meio contra esse uso de analogia, porque eu acho que a analogia ela tem o papel... eu não sei se seria o caso de muitos temas, mas, por exemplo, quando... quando a gente tem o primeiro contato com alguma coisa, né? Com algum conhecimento, só que quando a gente ia com... pressupõe-se que quem tá fazendo o curso de Física já teve um contato anterior. Eu acho que devia ser seguido uma coisa mais... mais concreta, sem muita analogia pra não criar muita... muitas idéias. Agora, pra um ensino secundário, eu já acho que é legal, porque é o primeiro contato que eles estão tendo, fica mais fácil de visualizar...

Outra questão a ser mencionada é com relação ao uso dos termos “exemplo” e “analogia”. Fica evidente nos discursos dos alunos que eles não diferenciam um do outro. Duit (1991), alerta para a existência dessa relação de semelhança, visto que ambos servem os mesmos propósitos, ou seja, tornar o desconhecido familiar.

(134-138) Aluno A₅: É o semelhante, né? Um exemplo semelhante, né? Ali, o que eu falo no caso, assim, é que ele tava, ele já tava entrando na parte que eu acredito de velocidade angular, né? Não tava... nesse exemplo do carrossel, ele não tava querendo fazer um... um análogo com o carro, né? Assim, ele (professor) pensou, ele demorou um pouco, eu acho que ele tinha, acho... não tenho certeza, somente ele tinha esse exemplo...

Na visão de um outro aluno (A_8), a analogia tem por característica básica “fazer a ligação” da teoria que está sendo abordada com alguma situação prática. Essa situação prática é uma situação familiar, não precisa ser necessariamente uma prática de laboratório ou um experimento. Mas, nota-se que ele não apresenta uma idéia clara do que seja analogia. Isso pode dificultar seu entendimento quando o professor fizer uso da analogia em sala de aula.

(109-117) Aluno A_8 : Bom! Assim, eu não sei exatamente a palavra, mais nesse caso, assim, você quer exemplificar uma teoria, assim, na prática. Então, você tem a teoria lá que tem que ser passada, força de atrito e a velocidade angular tudo e aí você tem que fazer uma analogia com uma coisa mais prática, assim, mostrar pro aluno “A aconteceu isso na roda do carro”, a roda do carro todo mundo vai conhecer, né? Então, eu acho que é fácil você fazer essa ligação, que tá sendo passado na lousa, assim, com uma situação prática que você conhece desde pequeno. Então, eu acho que a analogia seria... é bom pra... pra ser usado, né? E isso você tentar dá um exemplo prático, assim, que todo mundo conhece e aí você pode tirar até suas conclusões com isso.

O processo de escolha de uma situação familiar depende da qualidade da analogia e da extensão em que ela atende às suas finalidades. Desse modo, o papel atribuído ao professor é muito importante, porque se ele confere à analogia a finalidade de ser apenas explicativa e os critérios sugeridos para seu julgamento estariam ligados ao número de características comparadas, à similaridade das características comparadas e ao significado conceitual dessas características.

No entanto, mesmo que ele não tenha, no final, alcançada esta finalidade, o discurso do aluno A_2 revela que foi “válido” e “interessante” a utilização pelo professor desse recurso didático.

(165-180) Aluno A_2 : Eu acho que é bastante válido e interessante [...] Então, eu acho que facilita e facilita bastante a analogia ou, como eu disse, a exemplificação, colocar exemplos em sala de aula, e um negócio que eu defendo muito é tentar trazer a Física pro cotidiano, porque eu acho que a Física, ela é muito afastada do cotidiano e isso, eu talvez esteja falando bobagem, mas isso é uma das coisas

da Física, ser meio que repudiada, porque fica só... não tem aquele, “oh! Isso aqui é aquele negócio que você aprendeu em Física; isso aqui aplica aquele negócio que você aprendeu em Física”. Então, a exemplificação e a analogia indiretamente você está fazendo isso.

(123-131) Aluno A₈: [...] eu acho muito importante pra aprender; eu acho que é mais fácil de você ensinar, mas fácil do aluno aprender [...] fica mais fácil você aprender, lembrar fazendo essa ponte assim.

Para outro aluno, a utilização da analogia pelos próprios alunos é vista como sendo positiva, pois: (A₂: 201-204) “[...] fazendo uma analogia, ou uma comparação, algo que uma situação que é usada aquele conceito você abre um pouco o campo pro aluno buscar outros, né? Relacionar com outras coisas que acontece, então, também facilita o meu aprendizado nisso daí, que é o que sai um pouco da matematização, né? que sai um pouco do conceito teórico...”.

(184-197) Aluno A₂: Esse efeito positivo, eu tomo por base o meu aprendizado. Porque, muitas vezes, você pega o conceito e você não consegue achar alguma coisa pra... um ponto firme pra você se apoiar e conseguir tentar criar alguma coisa em cima daquele conceito [...] Bom! Aí você pode começar a fazer analogias em cima disso. Bom! Se isso se aplica aqui, como que acontece, né? O que que aconteceu ali pra... pra tá relacionando isso daqui. Então, eu acho que geram porquês, que então você tenta responder e estudando isso daí, é onde facilita o aprendizado, porque se fica sem... eu, particularmente, sem ter onde me apoiar, algo que eu possa fazer uma comparação e tece modelos pra mim conseguir criar o conceito. Eu fico meio que perdido porque só o conceito colocado lá, se não tiver um contato prévio eu não consigo muitas vezes criar ali na hora e fazer essa... essa análise e na hora que você senta pra... pra estudar, gera uma certa dificuldade, né? Porque daí você não tem onde se apoiar, né? Então, aí você demora um pouco mais...

(159-166) Aluno A₅: [...] acho que vai começando a ficar mais claro, se vai entendendo o porquê, né? [...] fica mais claro pra mim a matéria que o professor passar...

(134-137) **Aluno A₈**: [...] eu acho que fica mais fácil, fácil sim, eu achei mais fácil, porque esse do torque assim, a gente sempre acaba lembrando do torque agora, sabe? Porque empurrar a porta de um lado é mais difícil do que o do outro; eu acho que fica mais fácil você aprender, memorizar sim.

A interpretação das falas dos alunos entrevistados evidencia que eles não possuem um conceito estruturado do que seja analogia, mas conhecem a idéia central, ou seja, tornar o desconhecido familiar. Para eles, a analogia é “comparação”, é o “semelhante”, é a “ligação” do que eles conhecem com aquilo que está sendo ensinado. Comparando a resposta dos alunos com as vantagens apontadas por Duit (1991), percebemos que eles a percebem como possível recurso didático que pode ser utilizado com a intenção de aumentar a compreensão dos conceitos estudados.

3.4 Cotejando os Discursos

As condições de produção dos discursos compreendem, essencialmente, os sujeitos, a situação e a memória. Compreender, então, significa buscar as condições de produção dos discursos. Levando-se em conta que existem lugares institucionais para o professor e o aluno, e entende-se que é desses lugares enunciativos que os sujeitos falam. Na instituição escola,... “a instância da subjetividade enunciativa submete o enunciador às suas regras, assujeitando-o, determinando o que pode e deve ser dito por ele” (CARDOSO, 2004, p. 51). “As palavras simples do nosso cotidiano já chegam até nós carregadas de sentidos que não sabemos como se constituíram e que, no entanto, significam em nós e para nós” (ORLANDI, 2003, p. 20).

Ao fazer uma interpretação das dificuldades dos alunos em aprender Física, o professor salienta que: (14-40) “uma das dificuldades que eu acho que tem da questão da Física e tal, não é da questão da Física em si [...] Talvez o pessoal é... não tá acostumado a ter

o tempo suficiente pra fazer reflexão, tá? Realmente, parar um pouco e pensar sobre os fenômenos da Física, por exemplo [...] em princípio, eu não concordo com a questão do difícil, eu acho só a questão de dedicar um tempo adequado pra estudar o fenômeno”. Neste dizer, há um “não-dito”, que configura o aluno como sendo o “culpado” por não aprender. Além disso, constitui igualmente os sentidos de suas palavras, que confirma o professor como um ser institucional, ou seja, suas palavras não têm o sentido nelas mesmas e sim na formação discursiva em que ele está inserido.

Ainda sobre essa questão, nota-se que os alunos não concordam com a afirmação do professor, como é o caso do aluno A₁. Ele acredita que o professor é o responsável porque: (9-18) “ele já passa de maneira difícil [...] Acredito que o maior culpado é o professor, tá? E... daí, começa aquele desinteresse do aluno, né? [...] por isso que eu acho que o aluno sente esse desinteresse pela Física”.

As enunciações acima evidenciadas mostram que, realmente, há um lugar institucional, que é do professor, assim como há outro lugar institucional, que é do aluno, e é desses lugares enunciativos que os sujeitos falam na instituição escola. O discurso do professor parece se repetir no discurso que os professores de Física possuem na estrutura da formação social que eles ocupam na instituição, ou seja, que a “culpa” de não se aprender Física está nas mãos dos alunos, pois são eles que deveriam dedicar mais tempo ao estudo dos conteúdos.

O discurso do professor se insere em lugar de enunciação diferente da do aluno. Dessa forma, as palavras do professor não constituem o mesmo sentido que as palavras do aluno. Deve-se ressaltar a posição do professor na instituição (autoridade convenientemente titulada geralmente com o poder de avaliação e de promoção ou não do aluno) e a posição do aluno (licenciando). Isso equivale a dizer que “a voz do saber fala no professor” (ORLANDI, 2003, p. 21): (84-85) “Eu sou um pouco suspeito pra falar porque eu sou um físico

experimental também, né? Eu acho que, não sei se...”. Quer dizer que a posição de onde ele fala interfere na sua forma de pensar e de agir. Pensando na sua formação imaginária, isso faz com que o dizer do professor seja constitutivo do lugar de onde ele fala.

Por outro lado, entre o desempenho didático do professor (discurso do professor) e a dedicação por parte do aluno (discurso do aluno A_1), a dificuldade encontrada por outros alunos em aprender Física está, em grande parte, relacionada à Matemática, como fica evidente nas enunciações dos alunos A_2 e A_8 : (A_2 : 07-10) “Então, muitas vezes a matematização de um conceito, ele é complicado, né? Essa passagem, né? do... da parte teórica pra parte matemática. Então, isso acaba, às vezes, sendo um pouco pesado, transformando a Física em algo um pouco mais complicado, um pouco mais difícil...”; (A_8 : 11-12) “[...] os conceitos são difíceis, assim, pra maioria, né? e depois tem muita Matemática...”.

Admitindo que existem esses fatores que geram dificuldade em se aprender Física, o professor realça no seu discurso que uma das maneiras de: (43-47) “[...] se ter realmente o aprendizado, é você fazer o teste na natureza de como aquelas coisas acontecem, né? Ter uma interação entre essa parte teórica, digamos que a gente pode aprender essa parte conceitual, que a gente aprende e a observação; eu acho que uma interação entre essas coisas é...”. A interação destacada pelo professor é semelhante à enunciação evocada pelo aluno A_8 , quando esse diz que a vantagem da Física é o poder de promover a visualização: (21-23) “a Física, eu acho que, se a gente conseguir, então a parte prática... mostrar aquela teoria, na prática, pro aluno... eu acho que fica mais fácil de fixar; eu acho que é uma vantagem...”.

A solução apresentada pelo professor para tentar amenizar as dificuldades dos alunos em aprender Física está na introdução de situações concretas, onde eles possam visualizar, imaginar o que está sendo explicado: (78-84) “É quando tem alguma coisa concreta assim explicando, pelo menos dá a sensação de que ficou mais claro, eu não sei...”.

Olhando só pro desenho, por exemplo, se o livro didático, por exemplo, tem só o desenho, as vezes é difícil pro aluno, fica difícil pro estudante perceber exatamente o desenho tridimensional... Você faz aplicado a um ponto e tal; então, usando uma exemplificação assim mais direta (uso da porta na explicação), é mais difícil de pegar...”.

As situações propostas pelo professor, que possibilitam a imaginação e a visualização do conceito pelos alunos é interpretada como sendo: (A₁: 70-72) “interessante essas situações, esses exemplos bem próximos que... que você... que você consegue ter uma abstração e imaginar aquilo, né? Porque falta uma coisa, né? Que o aluno não consegue imaginar aquilo, né...? e tal..., não tem próximo dele”.

Muitas das maneiras de ensinar estão sujeitas à formação do professor. Como ele mesmo menciona ao dizer: (104-105) “[...] a gente ensina, uma maneira um pouco como a gente aprendeu física, tá?” Essa declaração reflete na aprendizagem dos alunos, como já foi afirmado anteriormente pelo aluno A₁, quando esse assinala que a grande dificuldade de aprender Física está no professor porque ele não tem uma formação adequada para lecionar: (21-22) “Eu acho que deveria tá melhorando a formação do professor, né? O curso por ser um curso de licenciatura...”.

Lembrando que a formação desse professor é específica em Física, isto é, bacharelado, e de ter feito pós-graduação na área experimental e atuar nesta área atualmente, ele se esforça, de alguma maneira, para fazer com que o aluno entenda a explicação física do conceito, mas tradicionalmente os bacharéis não tem tido uma formação específica para atuarem na área do ensino. O meio utilizado por ele seria: (110-112) “[...] vincular uma coisa nova que eles estão aprendendo com as coisas que eles já sabem mais, quer dizer, talvez esse pedaço aí (última fala do professor no 1º episódio) fazendo uma analogia...”.

Assim, a partir deste ponto a entrevista passou a rumar para o tema da pesquisa, quando o professor declara que utiliza analogia no seu ensino com o intuito de vincular aquilo

que os alunos estão aprendendo com o que eles conhecem. Considerando que o professor menciona o termo analogia espontaneamente, quando questionado a dizer o que é analogia, ela é definida como:

(124-136) Prof.: [...] um paralelo, você tem um paralelo conceitual e você tem um paralelo também formal da expressão que aparece. Então, tentar relacionar essas duas coisas, quer dizer, na hora que eu tô no final aí, que eu falo que o papel que a força faz na segunda lei de Newton é o mesmo papel que o torque faz no... no movimento circular, digamos. E a hora que eu faço isso também, talvez na sequência, eu vou falar que na... um outro conceito que eles (alunos) vão aprender na sequência, que é momento de inércia, por exemplo, que ele tem um paralelo com a massa. Então, pra mim, sem entrar muito assim a fundo, o que é (risos) essa analogia e tal, ela é uma espécie de similaridade entre as coisas, né? Quer dizer, quando você tem um mecanismo na natureza que ele pode é... resultar um movimento que seja, ou que tenha um mecanismo similar de uma coisa com a outra, e tentar ressaltar essa similaridade pra dar aquela idéia de você ir abrangendo, né? A partir de determinadas coisas que você já refletiu a respeito delas e tal, e dando uma pista de como que você pode refletir; como que você pode pensar as relações de outras coisas que você aprende na sequência.

Para o professor, analogia seria o paralelo, a relação de duas coisas (assuntos, conceitos, domínios), uma que eles conhecem, e outra que estão querendo saber. Mas esse paralelo não precisa ser necessariamente com um mecanismo encontrado na natureza, como declara o professor. O paralelo pode ser estabelecido entre duas situações que sejam semelhantes, independente do análogo ser encontrado na natureza ou não. De acordo com Pádua (2003), a analogia consiste no paralelismo entre as situações que representam o domínio alvo e o domínio análogo identificando as características de ambos.

Considerando o ponto de vista dos alunos, a analogia é definida da seguinte maneira:

(138-143) Aluno A₁: Analogia pra mim é você tá é... usando uma explicação... usando uma determinada explicação, um determinado material, ou uma determinada situação e aquela situação... e aquela situação não cabe ao aluno, ele não consegue imaginar aquela situação sabe, ele... é a mesma

coisa, você vai explicar uma coisa que é o forno de microondas e o aluno não tem um forno de microondas, ele nem consegue imaginar o forno microondas. Então, você usa uma analogia com uma coisa mais próxima da sua realidade.

(157-159) Aluno A₂: [...] analogia dele, ele vai tentar comparar alguma coisa [...] ele tenta comparar a teoria com alguma situação que ele consiga mostrar...

O aluno A₃ não consegue definir claramente o que seria analogia. Sua definição percorre vários caminhos, isto é, passa por todos os períodos da vida escolar ressaltando entre eles o momento adequado de se inserir ou não este recurso. Apesar de não responder objetivamente a questão, dá indícios de que analogia possui a função de promover a visualização do conceito.

(102-109) Aluno A₃: [...] eu acho que a analogia, ela tem o papel, eu não sei se seria o caso de muitos temas, mas, por exemplo, quando... quando a gente tem o primeiro contato com alguma coisa, né? Com algum conhecimento, só que quando a gente ia com... pressupõe-se que quem tá fazendo o curso de Física já teve um contato anterior; eu acho que devia ser seguido uma coisa mais... mais concreta, sem muita analogia pra não criar muita, muitas idéias. Agora, pra um ensino secundário, eu já acho que é legal, porque é o primeiro contato que eles estão tendo, fica mais fácil de visualizar...

(134-145) Aluno A₅: (Pausa) É o semelhante, né? Um exemplo semelhante, né? Ali, o que eu falo no caso, assim, é que ele tava... ele já tava entrando na parte que eu acredito de velocidade angular, né? Não tava... nesse exemplo do carrossel, ele não tava querendo fazer um... um análogo com o carro, né? Assim, ele (professor) pensou, ele demorou um pouco, eu acho que ele tinha... acho, não tenho certeza, somente ele tinha esse exemplo... passou pra classe e tal, o que eu falei assim, que a classe sentiu dificuldade entender, que faltou um outro exemplo, assim, se ele imaginasse uma roda de bicicleta, tô dando um exemplo, assim, não tô falando que seria uma roda de bicicleta. Um outro exemplo pro pessoal entender o que tava ocorrendo, né? É isso que eu quero dizer, um exemplo um pouco diferente, não que ele fale assim... “agora imagina uma roda gigante”, então um pouco diferente pro pessoal, pra ver se eles conseguiam compreender; no caso, quem não entendeu... entender... começar a clarear um pouquinho e quem já entendeu fica ainda mais claro... ainda pra...

O aluno A₈ foi direto ao dizer que não sabe exatamente o que é analogia, mas seria uma “exemplificação” da teoria. Mas de acordo Duit (1991), esse termo teria que ser substituído por “comparação”, pois o que ocorre na geração de uma analogia é uma relação de comparação de estruturas de dois domínios alvo e análogo.

(109-117) Aluno A₈: Bom, assim, eu não sei exatamente a palavra, mais nesse caso, assim, você quer exemplificar uma teoria, assim, na prática. Então, você tem a teoria lá que tem que ser passada, força de atrito e a velocidade angular tudo, e aí você tem que fazer uma analogia com uma coisa mais prática, assim, mostrar pro aluno “a aconteceu isso na roda do carro”, a roda do carro todo mundo vai conhecer, né? Então, eu acho que é fácil você fazer essa ligação, que tá sendo passado na lousa; assim, com uma situação prática, que você conhece desde pequeno. Então, eu acho que a analogia seria... é bom pra, pra ser usado, né? E isso você tentar dá um exemplo prático, assim, que todo mundo conhece e aí você pode tirar até suas conclusões com isso.

Com relação ao entendimento dos alunos do que é analogia, nota-se que eles sentem um pouco de dificuldade em estar definindo este termo. As expressões usadas por eles “eu não sei exatamente”; “eu acho”; “pra mim” denotam uma certa insegurança em relação a esse termo. Eles procuram não entrar muito no mérito, mas fica evidente nas suas enunciações que seria alguma coisa que ele conhecesse, da sua realidade, e que o professor utiliza com a função de explicar uma dada situação com a intenção de torná-la visível.

Todavia, o professor acredita que as analogias possuem um certo valor, mas que esse valor, muitas vezes, depende do professor, da sua metodologia de ensino. Além disso, ela possui a característica de “induzir” os alunos a pensarem, ou seja, ela serve de estímulo para eles refletirem sobre as situações. Esta é uma das vantagens apontadas por Duit (1991) quando diz que elas podem provocar o interesse dos alunos e, dessa forma, motivá-los. Essa motivação é destacada, pois o professor diz que elas promovem a discussão de determinados assuntos.

(203-212) Prof.: Tem um valor, é... ela tem seu valor pra você poder induzir o pessoal a começar a pensar em situações práticas que possam envolver o fenômeno, tá? Talvez nem sempre uma analogia criada na sala de aula, assim, meio de improviso como acontece e tal, ela talvez não pode, é como a gente já comentou, né? Talvez possa não ser exatamente o ponto, ou possa até ter alguma coisa de incorreto na hora de colocar aquele tipo de coisa, não se encaixa bem exatamente no... no problema que você tava querendo demonstrar e tal. Mas eu acho que, apesar disso, ela tem o seu valor por conta de suscitar a discussão, né? Porque aí você descarta que... começa a pensar num determinado assunto. Você pode até descartar aquele ponto, os estudantes podem pensar outra... outra possível explicação e pode, então, nessa troca de idéia, eu acho que ela é bastante benéfica.

A explicação que os alunos têm para a elaboração e utilização das analogias é o fato de ela causar a aproximação do assunto, que está sendo abordado pelo professor: (A₁: 145-146) “[...] deixando o mais real possível pra você do que é, que você possa abstrair naquilo e imaginar aquilo e, tá entendendo melhor”. (A₂: 173-174) “[...] Então, eu acho que facilita e facilita bastante a analogia...”. Essa aproximação da realidade através da analogia faz com que o aluno se sinta mais à vontade para estar discutindo com o professor o assunto que está sendo abordado na sala de aula: (A₁: 80-81) “Então, você não tem vergonha de perguntar, né? Porque o clima no ambiente, todo mundo tem dúvida, pergunta, não tem vergonha, sabe?”.

O professor entende que a utilização da analogia desperta a atenção dos alunos em sala de aula. Ele sente que os alunos se sentem mais à vontade para estar discutindo o conceito através da correspondência entre os dois domínios (alvo e análogo):

(215-223) Prof.: É, eu acho que... eu acho que há... eu acho que desperta quando você fala numa situação prática é... conseqüentemente é... eles tentam imaginar aquela situação ou já tiveram alguma experiência relacionada com aquele tema, tá? Isso pode servir pra resolver aquela pergunta que foi levantada na primeira vez, pode servir pra levantar outras perguntas. Às vezes, pode deixar até o assunto mais aberto, tá? Eu acho que a coisa que favorece nisso é esse ambiente de discussão e de é... de busca dos próprios alunos de encontrar uma explicação pro fenômeno; e a idéia é assim, que eles

talvez encontrem depois a explicação formal num estudo mais detalhado que eles vão fazer e na reflexão mais detalhada que eles podem fazer a respeito do assunto.

Para o aluno, é importante que o professor faça utilização da analogia em sala de aula, pois: (A₁: 154-155) “fica muito mais fácil de você aprender de quando você... de ficá só na teoria, teoria, teoria. É muito mais fácil. A teoria explica, mais com uma certa decoreba, quer dizer...”.

Essa discussão sobre elaboração e utilização das analogias e/ou metáforas na questão ensino-aprendizagem dos conceitos é procedente, tendo em vista que ela é considerada um recurso didático que facilita a compreensão dos conceitos tidos como de difícil visualização. Através da interpretação do discurso do professor e da amostra de alunos, percebemos que, segundo eles, as analogias possuem a característica de ferramenta didática no sentido de facilitar o aprendizado. Para isso, utilizamos como indicadores o discurso dos alunos quando foram questionados sobre o uso da analogia como ferramenta didática facilitadora da aprendizagem.

Se considerarmos o fenômeno discursivo das antecipações, é possível que este talvez estivesse presente em alguns momentos, pois ao encerramento de algumas entrevistas, alguns alunos diziam algo semelhante ao que A₅ enunciou: (33) “[...] Acho que é isso... Não sei se ficou muito claro...” talvez, pela concepção de fornecer informações que a pesquisadora gostaria de ouvir e não o que eles gostariam de dizer. Em situações como essas, é que transparece a utilidade e a vantagem da análise de discurso, pois ela permite a identificação dos dizeres mais profundos e ocultos, que não são ditos, mas se fazem presentes em cada lugar de onde se enuncia.

Uma comparação entre os discursos do professor e os da amostra de alunos A₁, A₂, A₃, A₅ e A₈ mostra que, apesar de existirem diversidades, é possível encontrar também

algumas semelhanças, que parecem estar em consonância com os resultados de pesquisas já realizadas e presentes no levantamento teórico contido no capítulo anterior.

Mas as discussões não avançam, ou seja, não saem do nível de comparação superficial entre o análogo e o alvo, talvez, como mostrado anteriormente em alguns casos, pelo fato do professor não refletir sobre a abordagem desse tema como se deveria ser feito, visto que, todo recurso didático necessita de momentos de reflexão para que sua utilização ultrapasse o nível de superficialidade chegando ao nível esperado.

Conforme Oliva (2003) o processo de seleção de situações análogas resulta habitualmente pouco crítico e escassamente cuidadoso e, às vezes, as que se utilizam são confusas e, em ocasiões, resultam tão complexas ou mais que o próprio objeto que se quer ilustrar fazendo com que não ultrapasse o nível superficial de comparação. Isso acarreta um ensino com um enfoque transmissivo, que está longe de uma aprendizagem concebida como sendo um processo de construção.

4. Considerações Finais

A pesquisa, centrada no acompanhamento de aulas de Física no Ensino Superior e entrevista realizada com o docente, revelou que o professor elaborara e utilizara analogias nas aulas de Física, e que também utiliza a analogia de forma não programada, ou seja, espontaneamente.

As condições de produção das analogias pelo professor envolviam, essencialmente, como sujeitos, os alunos, numa situação de sala de aula tendo, essencialmente, a memória como principal integrante do discurso.

As analogias elaboradas e utilizadas pelos alunos referiam-se ao universo sócio-relacional experimentado por eles, o que facilitava a discussão com o professor. Mas mesmo considerando que, na maioria das vezes, é o professor quem utiliza as analogias, por estar mais familiarizado com o conceito, em algumas situações, os alunos surpreenderam o professor com a elaboração e utilização destas. Assim, as analogias elaboradas pelos alunos tinham função explicativa, isto é, apenas colocavam os novos conceitos em termos mais familiares.

A participação de alunos na elaboração de analogias é um aspecto que deve ser levado em consideração pelos professores. Ao participarem da construção das analogias, os alunos exercitam a capacidade crítica e criativa, ou seja, a imaginação. Parece-nos que os professores subestimam a capacidade crítica e criativa dos alunos, uma vez que ficam surpresos quando eles apresentam explicações que ele próprio não havia pensado.

No discurso do professor fica evidente que ele fala enquanto uma pessoa pertencente a uma instituição, da posição de físico pesquisador e não da posição de professor de um curso de Licenciatura em Física. Seu dizer está relacionado ao seu lugar de trabalho onde os pesquisadores articulam as suas idéias. Está, de certa forma, inserido em um lugar de

enunciação pertencente à classe dos físicos: (84-85) “Eu sou um pouco suspeito pra falar porque eu sou um físico experimental também, né? Eu acho que, não sei se...”. Assim, admite-se que existe um lugar institucional, que é do professor, assim como existe um lugar institucional, que é do aluno, e é desses lugares enunciativos que os sujeitos falam na instituição escola... “a instância da subjetividade enunciativa submete o enunciador às suas regras, assujeitando-o, determinando o que pode e deve ser dito por ele” (CARDOSO, 2004, p. 51).

Com relação às explicações que o professor tem para a utilização das analogias e metáforas, ele ressalta que elas suscitam discussões, o que possibilita que os alunos participem mais ativamente das aulas. Esse aspecto é considerado bastante benéfico por ele, porque a aula passa a ser uma aula onde os alunos possuem um espaço para exposição das suas idéias através das discussões, deixando de ser uma aula onde só o professor fala e o aluno ouve. Segundo Cunha (1989), os professores compreendem que tudo o que é mais próximo, que é real para o aluno tem maior significado.

Mesmo considerando que as analogias suscitam discussões em sala, percebemos no seu discurso que as mesmas não avançam, ou seja, não saem do nível de comparação superficial entre o análogo e o alvo. Isso, talvez, pelo fato do professor não refletir sobre a abordagem analógica como mostra a literatura, ou seja, todo recurso didático necessita de momentos de reflexão para que sua utilização ultrapasse o nível de superficialidade chegando ao nível de aprendizagem esperado.

Segundo os estudos de Oliva (2003), os professores mantêm certo grau de confusão na hora de distinguir as analogias de outros recursos didáticos. Algumas das crenças encontradas em seus estudos mostram que a analogia consiste em um produto pré-fabricado que se aprende e não é um processo. A analogia se considera como um artifício que o professor “fabrica” e os alunos aprendem.

O raciocínio analógico parece ser a fonte da compreensão dos estudantes com relação ao entendimento dos conceitos teóricos. Dessa forma, a utilização de analogias pelo professor é vista pelos alunos como sendo eficaz, pois promove a visualização do conceito alvo.

Mesmo não tendo muito claro o significado do termo analogia, tanto o professor quanto os alunos observados apresentam uma concepção parcial de qual função ela desempenha. Tomando-se por base a definição analógica de Duit (1991): “a analogia compara explicitamente as estruturas de dois domínios; indica identidade de partes das estruturas” (p. 651), a concepção de analogia do professor se apresenta como sendo pertinente. Do ponto de vista dos alunos, mesmo não sabendo exatamente expressar o que seria analogia, eles a definem como sendo um recurso que possibilita a visualização do conceito que está sendo estudado. Segundo eles, as analogias possuem a característica de “mostrar” aquilo que o professor não consegue através da explicação.

O papel das analogias é apresentado como facilitador da aprendizagem, do conceito que está sendo estudado. Para um dos alunos (A_8), ela facilita não só sua aprendizagem, mas também facilita a maneira de o professor ensinar. Além disso, ela permite que os alunos relacionem aquele conceito a outros conceitos ou situações semelhantes. Importante ressaltar o fato levantado por um dos alunos, de que a analogia permite que o professor deixe um pouco de lado a “matematização”, que é vista como sendo um fator determinante quando o assunto tratado é a dificuldade em se compreender os conceitos.

Além disso, notamos nos discursos dos alunos que eles admitem que as explicações envolvendo analogias estão voltadas para situações que eles conhecem, e isso promove a discussão, além de facilitar muito o entendimento do conceito. Isso porque, quando eles vão estudar o conceito, se lembram da situação analógica apresentada pelo professor em sala de aula.

Para o professor, a analogia tem o papel de “induzir” os alunos a pensarem outros fenômenos que utilizem aquela mesma abordagem conceitual apresentada, além de proporcionar a discussão em sala de aula. Esse aspecto é considerado bastante benéfico por ele, porque a aula passa a ser uma aula onde os alunos possuem um espaço para expor suas idéias através das discussões, deixando de ser uma aula onde só o professor fala e o aluno ouve.

Dessa forma, reconhecemos o papel fundamental do uso de analogias e metáforas no trabalho docente. Porém, o professor deve possuir uma formação didática para mediar e reconhecer quais os recursos adotados no ensino que poderão contribuir para o processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, um conhecimento da teoria relacionada ao recurso analógico por parte dos professores que a utilizarão, bem como conhecimento das discussões sobre as vantagens e desvantagens das estratégias de ensino envolvendo analogias devem ser consideradas pelos docentes dos cursos de licenciatura, especificamente dos cursos de licenciatura em Física.

Mas destacamos, ainda, que é importante estabelecer os limites de uma analogia ou de uma metáfora, já que nem todos os aspectos do domínio familiar são transferíveis para o domínio em estudo. Esse cuidado deve ser levado a sério, principalmente em situações que envolvam analogias, pois a utilização das mesmas não pode ser realizada ao acaso, exige uma certa sistematização, uma programação, pois, se forem utilizadas indevidamente, podem reforçar as concepções prévias, as falsas idéias da realidade, podendo-se tornar obstáculos epistemológicos e pedagógicos.

Tais limitações devem ser consideradas, pois de acordo com Andrade et al. (2002), muitas vezes pode se criar uma falsa explicação obtida à custa de uma palavra explicativa, ou seja, uma metáfora, onde uma só palavra funcionaria como uma imagem, ocupando o lugar de uma explicação.

Tendo um conhecimento relacionado ao uso de recursos como as analogias, os professores terão condições de fazer seu planejamento usando-as de uma forma mais estruturada. Porém, essa forma mais organizada de pensar o uso de analogias não deve ser um simples transplante de uma estratégia já constituída para ser aplicada em sala de aula, mas sim uma construção resultante das pesquisas na área, do uso espontâneo pelos professores e do uso pelo próprio aluno.

A elaboração de analogias requer um compromisso muito maior por parte do professor, que desempenha no processo de utilização de tais recursos, o papel de mediador, pois ele tem a tarefa de direcionar, consciente ou não, a atenção dos alunos para os aspectos que sejam mais relevantes, isto inclui tanto similaridades quanto as diferenças entre o campo familiar e o não familiar, pois tais mediações são veiculadas através do seu discurso docente. Também requer um forte compromisso por parte dos alunos, que devem trabalhar e relacionar o conceito com outras situações. Dessa forma, o estudo mostra que, é importante, em um contexto de ensino-aprendizagem, que os alunos devem ter claro o estabelecimento de uma analogia.

As dificuldades encontradas pelos alunos no entendimento de certas analogias mostram também, que não se deve ficar somente com o entusiasmo da similaridade, senão realizar uma ação reflexiva sobre o significado da analogia e das limitações que ela apresenta. Para tanto, é fundamental que o docente detenha conhecimentos essenciais do tema a ser abordado, pois, só assim será capaz de ir além de comparações superficiais.

Em suma, este estudo mostrou que um professor competente, e até mesmo um aluno podem utilizar as analogias sistematicamente dentro da prática de sala de aula. Um amplo corpo de evidência foi coletado de nossos episódios de ensino, o qual sustenta a premissa de que a compreensão do aluno é acentuada quando as analogias são utilizadas.

REFERÊNCIAS

- ADÚRIZ-BRAVO, A.; MORALES, L. El concepto de modelo en la enseñanza de la física – consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.1, p.79-92, 2002.
- ALMEIDA, M.J.P.M. de. Formação Permanente: a necessidade da interação entre a ciência dos cientistas e a ciência da sala de aula. **Revista Ciência & Educação**, v.6, n.1, 2000.
- _____. **Discursos da Ciência e da escola. Ideologia e leituras possíveis**. Campinas: Mercado das Letras. 2004, 127p.
- ANDRADE, B. L. de, ZYLBERSZTAJN, A. e FERRARI, N. As Analogias e metáforas no ensino de Ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio -Pesquisa em Educação em Ciências**. v.2, n.2, p.1-11, dez. 2002.
- BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.15, n.1, p.7-31, abril, 1998.
- BRANDÃO, H. H. N. **Introdução à análise do discurso**. 8.ed. Campinas: Editora da Unicamp. 2002, 96p.
- CACHAPUZ, A. F. Linguagem metafórica e o ensino das Ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, v.2, n.3, p.117-129, 1989.
- CARDOSO, S. H. B. **Discurso e ensino**. Belo Horizonte: Autêntica, 2.ed., 2003, 168p.
- CARVALHO, A. M. P. O uso do vídeo na tomada de dados: pesquisando o desenvolvimento do ensino em sala de aula. **Pró-Posições**, Campinas, v.7, n.1, p.5 –13, março, 1996.
- CIAPUSCIO, G. E. Metáforas e ciência. **Ciência Hoy**, v.13, n.76, p.60-66, ago/set 2003.
- COHEN, T. A Metáfora e o cultivo da intimidade. SACKS, S. (Org.) **Da Metáfora**; trad. Leila Cristina M. Darin et al. São Paulo: EDUC/Pontes, p.9-17, 1992.
- CORACINI, M. J. R. F. A metáfora no discurso científico: expressão de subjetividade? In: **Um fazer persuasivo: o discurso subjetivo da ciência**. São Paulo/BRA: EDUC; Campinas/BRA: Pontes, p.133-147, 1991.
- CORTELA, B. S. C. **Formadores de professores de Física: uma análise de seus discursos e como podem influenciar na implantação de novos currículos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.
- CUNHA, M. I. **O bom professor e sua prática**. Campinas, SP. Papirus, Magistério: formação e trabalho pedagógico, 1989, 182p.
- DAGHER, Z. Analysis of analogies used by science teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, v.32, n.3, p.259-270, 1995.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v.75, p.649-72, 1991.

Encyclopaedia Britannica do Brasil. Publicações Ltda. **Analogia**. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/mcrost07/analogia.htm>> Acesso em 14.06.2004.

FERRAZ, D. F. **O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no ensino médio**. Santa Maria/BRA: Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Maria. (Dissertação de Mestrado), 2001.

FERRAZ, D. F. e TERRAZZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n.3, p.124-135, set./dez., 2001.

FERREYRA, A. e GONZÁLEZ, E. M. Reflexiones sobre la enseñanza de la Física universitaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v.18, n.2, p. 189-199, 2000.

GALAGOVSKY, L. e ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogias em la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.19, n.2, p.231-242, 2001.

GODOY, L. A. Sobre la estructura de las Analogías en Ciencias. **Interciencia**, v. 27, n. 8, august, 2002.

_____. Éxitos y Problemas de las analogías en la enseñanza de la Mecánica. **Journal of Science Education**, v.3, n.1, p.11-14, 2002.

GORDILLO, M. M. Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 3, 2003. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/numero3/Art10.pdf>> Acesso em 22.06.2004.

GLYNN, S. M.; LAW, M.; GIBSON, N. M.; HAWKINS, C. H. Teaching Science with analogies: a resource for teachers and textbooks authors. Disponível em: http://curry.edschool.virginia.edu/go/clic/nrrc/scin_ir7.html. Acesso em 17/10/2003.

GRANT, R. Basic Electricity – A novel analogy. **The Physics Teacher**, v.34, p.188-189, 1996.

HARRÉ, R. As filosofias da ciência. Lisboa/POR: Edições 70. 237p.

HARRISON, A.G. e TREAGUST, D. F. Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics. **Journal of Research in Science Teaching**, v.30, n.10, p.1291-1307, 1993.

_____. Analogies: avoid misconceptions with this systematic approach. In: **The Science Teacher**, s.v., p.41-43, apr.1994.

HERRMANN, F. e SCHMID, B. Analogy between Mechanics and Electricity. **European Journal of Physics**, v.6, p.16-21, 1985.

JORGE, W. Analogia no ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.7, n.3, p.196-202, dezembro, 1990.

LAKOFF, G. e JONHNSON, M. **Metaforas de la vida cotidiana**. Cátedra, 1995, 286p.

LAWSON, A. E. The importance of analogy: a prelude to the special issue. **Journal of Research in Science Teaching**, v.30, n.10, p.1213-1214, 1993.

LEATHERDALE, W. H. **Analogy, model and metaphor in Science**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1974.

LÜDKE, M., ANDRÉ, M.E.D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MAINGUENEAU, D. **Novas tendências em análise do discurso**. Campinas: Pontes. 3.ed. 1997, 198p.

MILLAR, R. Constructive criticisms. **International Journal of Science Education**, v.11, n.5, p.587-596, 1989.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.1, n.3, dez. 1996.

MORTIMER, Eduardo F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências**, Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000. 383p.

NAGEM, R. L., FIGUEROA, A. M. S., SILVA, C.M.G. e CARVALHO, E.M. de. **Analogias e metáforas no cotidiano do professor**. Acesso em 14/06/2004.

Disponível em: <<http://www.anped.org.br/26/outrostextos/mc08ronaldonagem.doc>>

NASCIMENTO, A. C.; CACHAPUZ, A. F. Linguagem e construção do conhecimento didático: metáforas e analogias no ensino e aprendizagem do tema equilíbrio químico – 10º ano de escolaridade. In: **Anais do VIII Encontro Nacional de Educação em Ciências**, Açores/POR., Universidade dos Açores. 2000.

OLIVA, J. M. Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 1, p.1-15, 2003.

Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/numero01/Art2.pdf>. Acesso em 10/07/2004.

ORLANDI, E. P. **Análise de discurso: princípios e procedimentos**. Campinas: Pontes Editores, 5.ed., 2003, 100p.

_____. **A linguagem e seu funcionamento: as formas do discurso**. Campinas: Pontes. 4.ed., 3. Reimpressão. 2003. 276p.

ORTONY, A. Why metaphors are necessary and not just nice. **Education Theory**, v.25, p.45-53, 1975.

OTERO, M. R. ¿Cómo usar analogías en clases de Física? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.14, n.2, p.170-178, agosto, 1997.

PACCA, J. L. A. e UTGES, G. Modelos de onda no senso comum: as analogias como ferramenta de pensamento. In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...** Valinhos, SP: 01 a 04 de setembro, 1999.

PÁDUA, I. C. A. Analogias, metáforas e a construção do conhecimento: por um processo ensino-aprendizagem mais significativo. Disponível em: <http://www.anped.org.br/26/trabalhos/isabelcamposaraujopadua.rtf>> Acesso em 25 de fev. de 2004.

PÊCHEUX, M. **O discurso: estrutura ou acontecimento**. Campinas: Pontes Editores, 1990.

PITTMAN, K.M. Student-generated: another Way of knowing? **Journal of Research in Science Teaching**. v.36, n.1, p.1-22, 1999.

POSNER, G. STRIKE, K. HEWSON, P. & GERTZOG, W. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v.66, p.211-227, 1982.

QUEIROZ, G. R. P. C. **Professores artistas-reflexivos de física no ensino médio**. Rio de Janeiro/BRA: Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. (Tese de Doutorado), 2000.

QUEIROZ, G. R. P. C.; GUIMARÃES, L. A. e BOA, M. C. F. O professor artista-reflexivo de Física, a pesquisa em ensino de Física e a modelagem analógica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n.3, p.86-98, set./dez. 2001.

RODRÍGUEZ, M. V. Metáforas de interacción en Aristóteles. Disponível em: http://www.ucm.es/info/especulo/numero11/met_ari.html. Acesso em: 14/06/2004.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula: um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado**: Lisboa. Livros Horizonte, 1998. 262 p.

STAVY, Ruth. Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. In: **Journal of Research in Science Teaching**, v.28, n.4, p.305-313, 1991.

TERRAZAN, E. A. **Perspectivas para a inserção da Física Moderna na Escola Média**. 1994. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 1994.

TERRAZZAN, E. A.; PIMENTEL, N. L.; AMORIM, M. A. L.; BUSKE, R.; GAZOLA, C. D.; SILVA, L. L. DA. Analogias em livros didáticos de Ciências da Natureza. In: **Anais do XII ENDIPE – Encontro nacional de Didática e Prática de Ensino**, Curitiba- PR/Brasil, 2004.

THIELE, R. & TREAGUST, D. F. Analogies in Chemistry textbooks. **International Journal of Science Education**, v.17, n.6, p.783-795, 1995.

_____. An interpretive examination of High School Chemistry teachers analogical explanations. In: **Journal of Research in Science Teaching**, v.31, n.3, p.227-242, 1994.

_____. The nature and extent of analogies in Secondary Chemistry textbooks. **Instructional Science**, v.22, p.61-74, 1994.

TREAGUST, D.; DUIT, R.; JOSLIN, P.; LINDAUER, I. Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. **International Journal of Science Education**. v.14, n.4, p.413-422, 1992.

UTGES, G. **Modelos e analogias na compreensão do conceito de Onda**. 1999. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 1999.
TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987. 175p.

VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: práticas, conteúdos e pressupostos. **Revista de Ensino de Física**. v.6, n.2, p.76-95, dez., 1984.

APÊNDICES

Questões norteadoras da entrevista com o professor:

As questões iniciais são as seguintes:

- 1 - Professor, geralmente é comum os alunos comentarem que física é difícil, que os conceitos são complicados de entender etc. Qual a sua opinião sobre isso? Por que o senhor acha que acontece isso?
- 2 - O que o senhor acha que poderia contribuir para facilitar (ou reduzir as dificuldades) a aprendizagem dos conteúdos de física?
- 3 - O senhor utiliza algum recurso (estratégia) em sua aula, no sentido de facilitar a compreensão dos conceitos que estão sendo estudados?

A entrevista segue, segundo dois caminhos distintos:

Se o docente não fizer menção a analogias e/ou metáforas:

Neste caso, o entrevistador prossegue mostrando, sem citar as palavras analogia ou metáfora, alguns trechos de gravação de sua aula, nos quais aparecem episódios de ensino envolvendo o uso de metáforas ou analogias. O pesquisador continua, assim:

4a - Professor, eu vou mostrar algumas cenas que foram filmadas na sua aula com os alunos do 1º ano no segundo semestre de 2003 e eu gostaria que o senhor comentasse sobre os episódios de ensino contidos nessas cenas.

Se o docente não fizer menção a analogias e/ou metáforas em nenhuma das primeiras cenas, na continuação da entrevista procuramos deixar mais explícita a questão do uso das mesmas por parte dele e perguntar:

4b - Aqui neste episódio, qual é a sua interpretação do que aconteceu?

Se o docente fizer menção a analogias e/ou metáforas:

5 - O que é uma analogia (e uma metáfora) para você?

6 - Com que função o senhor as utiliza nas suas aulas?

Mostrar as cenas e pedir para que o professor comente as mesmas.

7 - Aqui nesta cena qual é a sua interpretação do que aconteceu?

Questão a ser realizada ao final da entrevista, em qualquer caso:

8 - O que o senhor acha do uso das figuras de linguagem?

9 - O senhor percebeu que houve algum efeito nos alunos quando usou as analogias e/ou as metáforas nas suas explicações?

9a - No que o senhor se baseia para supor que houve um efeito positivo ou negativo?

9b - No que o senhor se baseia para supor que não houve efeito?

Questões norteadoras da entrevista com os alunos:

1 - Geralmente é comum alguns alunos comentarem que física é difícil, que os conceitos são complicados de entender etc. Qual a sua opinião sobre isso? Por que você acha que acontece isso?

2 - O que você acha que poderia contribuir para facilitar (ou reduzir as dificuldades) a aprendizagem dos conteúdos de física?

3 - O professor em suas explicações na sala de aula utiliza algum recurso (estratégia), no sentido de facilitar a compreensão dos conceitos que estão sendo estudados?

A entrevista segue, segundo dois caminhos distintos:

Se o aluno não fizer menção a analogias e/ou metáforas:

4a - Eu vou mostrar alguns episódios que foram filmados no segundo semestre de 2003, quando eu assisti às aulas da disciplina de Física Geral com vocês, e eu gostaria que você comentasse sobre as cenas contidas nesses episódios.

Se o aluno não fizer menção a analogias e/ou metáforas em nenhuma das primeiras cenas, na continuação da entrevista procuraremos deixar mais explícita a questão do uso das mesmas e perguntar:

4b - Aqui nesta cena qual é a sua interpretação do que aconteceu?

Se o aluno fizer menção a analogias e/ou metáforas:

5 - O que é uma analogia e/ou metáfora para você?

6 – Qual é a função das analogias e/ou metáforas nas aulas?

Mostrar as cenas e pedir para que o aluno comente as mesmas.

7 - Aqui nesta cena qual é a sua interpretação do que aconteceu?

Questão a ser realizada ao final da entrevista, em qualquer caso:

8 – O que você acha do uso das analogias e/ou metáforas?

9 – Você acha que o uso de analogias e/ou as metáforas facilita sua aprendizagem?

9a - No que você se baseia para supor que houve um efeito positivo ou negativo?

9b - No que você se baseia para supor que não houve efeito?

ANEXOS

Prof.: Vamos **trabalhar a parte de rotações**, tá certo? A primeira parte mais ligada à parte de energia cinética de rotação, tá certo? Então o movimento de rotação, tá?! Quais são as equações de energia cinética? Quais são as grandezas que apresentam esse movimento de rotação? Nós vamos ver no final do capítulo um pouquinho da dinâmica desse movimento de rotação e nós vamos ver também energia cinética de rotação e vamos ver torque, tá certo? Vocês lembram o que é torque? Momento de uma força. Vocês vão aprender nesse curso de uma maneira um pouco mais refinada do que os outros. Saber operar um pouquinho, operacionalizar... Se a gente começar o estudo formal aí... Pergunta–desafio que uns talvez possam usar, uns possam usar num curso de astronomia que aparece... O que faz com que a Terra, o que faz que a Terra tenha um movimento de rotação?... O que faz com que a Terra tenha um movimento em torno de um eixo?

Aluno: A interação com o meio externo.

Prof.: Ah! A interação o quê?

Aluno: Meio externo.

Prof.: Com o meio externo?

Aluno: É.

Prof.: De que maneira?

Aluno: O sol, o sistema solar...

Prof.: **Se eu tenho a Terra aqui e o sol aqui**, nesse movimento que ela faz, vamos supor por conta da interação da força gravitacional que o Sol exerce nela, é mais responsável pelo movimento da Terra ao longo do ano. Pela passagem do ano. Não é bem o contato dela, pelas passagens... É isso?... Será que o formato da Terra influi em alguma coisa?

Alunos: Talvez...

Prof.: De que maneira que o formato da Terra poderia influir nesse movimento de rotação?... A pergunta é, digamos, o que faz com que a Terra fique girando? O que faz com que a Terra fique girando em torno de seu próprio eixo? Será que tem a ver com os pólos magnéticos?... De que maneira, como seria essa interação dos pólos magnéticos?... De que jeito será que esses pólos magnéticos fazem com que a Terra... Por que a Terra não pára, por que, por exemplo, que a Terra não pára de girar? Por que será que os dias não ficam mais longos?...

Aluno: O que iria fazer a Terra parar?

Prof.: É, o que iria fazer a Terra parar?

Aluno: O momento angular dela.

Aluno: Ela tem uma inércia de rotação.

Aluno: É a inércia...

Prof.: Sabia que a Terra tem uma inércia de rotação? O que quer dizer inércia de rotação?... Será que alguns dos colegas de vocês falou alguma coisa de inércia, que é força da Terra no Sol... Por que ele tá dizendo que esse movimento é na ausência de força?

Aluno:...

Prof.: Ah, mas se a gente tivesse força resultante interna, e aí, que trajetória que a Terra faria ao longo do universo?... Teria uma... Se tivesse ausências de forças externas teria uma translação da Terra...

Aluno: Mas o movimento de translação ao Sol é com relação ao centro de massa dela, não é?

Prof.: Por exemplo, **a força que atua, a força do Sol que atua na Terra é defeito dela...** no centro de massa.

Aluno: E ela girando no seu próprio eixo ele tem muito a vê com o centro de massa, têm? Porque o mesmo eixo...

Prof.: Na verdade é que eu tô desprezando a ação da Lua... Enquanto vocês pensam um pouco mais nisso aí, eu vou fazer uma pergunta pra vocês. Por que é mais fácil, por que é mais fácil equilibrar uma bicicleta quando ela está andando do que quando está parada?

51 **Aluno:** Por quê?...

52 **Prof.:** Parece que o sujeito que é medroso pra andar ele demora mais tempo pra aprender do
53 que o cara que é atirado... Por que, hein? Porque o sujeito vai tranqüilamente lá, quando a
54 bicicleta tá andando o sujeito, vai... quando a bicicleta tá parada o sujeito tem que ficar...
55 Quando o sujeito tá fazendo uma curva de moto lá, os pilotos lá do GP Brasil, lá, o sujeito,
56 **ele tá com uma velocidade grande** enquanto vai fazer a curva, tá quase tombado aí. O sujeito
57 tá sério quando tá fazer uma velocidade grande. Vai tentar fazer uma curva com uma
58 velocidade baixa... Por que será? Nós físicos temos que nos perguntar este tipo de coisa...
59 Por que você não pode fazer a mesma coisa quando a roda está parada?... Vocês já fizeram
60 essa brincadeira de soltar, de soltar um pião?

61 **Alunos:** Já... Já...

62 **Prof.:** Por que quando o pião tá girando ele pode até fazer aquele movimento inclinado sem
63 cair? **Se você deixar o sujeito assim, se você deixar o sujeito assim sem tá girando, ele pega**
64 **e cai pra cá. Se ele tiver girando ele faz esse movimento aqui...** Como que é esse
65 movimento?... Vocês já tinham pensando nisso?

66 **Aluno:** Eu já.

67 **Prof.:** Vocês já viram um sujeito pegar um pião assim com o cordão e..., ahn?...

68 **Alunos:**...

69 **Prof.:** Enquanto nós estamos... **enquanto nós estamos trabalhando nos capítulos 11 e 12,**
70 nós vamos responder normalmente através das equações, nós vamos responder normalmente
71 as perguntas, tá? **Vamos trabalhar as idéias** e permitir formalmente entender essas coisas
72 que acontecem... Que tipo de coisa mais envolve movimentos de rotação? Movimento de
73 rotação que vocês podem imaginar?

74 **Aluno:** Aquele problema de bailarina lá, né. Quando ela...

75 **Prof.:** **Uma patinadora, uma patinadora no gelo envolve rotação...** Vocês fizeram no
76 laboratório aquele experimento do banquinho? Aquele que tem um banquinho que gira?... O
77 que acontece? Quando tá aberto vai mais devagar... por que será que isso acontece? O que
78 será que acontece?... Alguns conceitos importantes que nós vamos trabalhar nessa parte
79 inicial de rotação aí do capítulo 11, são cinemática angular, tá certo? Cinemática angular...
80 Vamos ver o estudo de como o movimento acontece. Posições, velocidades, acelerações do
81 movimento. Sem se preocupar muito com a causa, força e torque, nós vamos estudar posição,
82 velocidade e aceleração angular. Uma revisão desses assuntos, nós vamos ver que da mesma
83 maneira que o movimento linear e o movimento circular constituem equações, tá certo?
84 Equações horárias quando a velocidade angular é constante, aceleração angular é
85 constante... Nós vamos estudar, vamos ter que estudar um objeto em rotação ele também tem
86 energia cinética associada a esse movimento de rotação e uma grandeza associada com essa
87 energia cinética, uma grandeza importante do movimento de rotação que é o momento de
88 inércia. **Que faz o papel nas equações desse movimento angular parecido com o que a**
89 **massa faz no movimento de translação.** Esse é chamado momento de inércia... e finalmente,
90 nós **vamos trabalhar o conceito** de momento de uma força. Momento de uma força em
91 relação ao eixo de rotação. Também conhecido como torque, tá legal? Então esse é o nosso
92 tema do capítulo 11 e digamos a matéria nossa da P_1 termina aqui..., tá legal? **Então toda a**
93 **parte do movimento de rotação, tá, mais ligada à dinâmica desse movimento de rotação** vai
94 ficar no capítulo 12 na P_2 , tá legal?... Vocês vão ver que é bastante simples e a matemática é
95 bastante análoga ao que vocês já conhecem, tá. **Vamos ver bem tranqüilamente** toda essa
96 parte de cálculo da cinética, cinética das rotações... Quando você tem um objeto ou um ponto
97 sobre um objeto que tá descrevendo um movimento circular, tá?! você precisa ter uma
98 maneira de localizar esse ponto com relação ao objeto em relação ao centro de rotação, tá?
99 Nosso centro de rotação tá no ponto do meio... o objeto tá lá num ponto como esse, você tem
100 um determinado ângulo. Quando o objeto passa para o outro ponto, eu tenho dois, duas

posições com diferença de ângulo, tá? Você pode escolher **da mesma maneira que você escolhe um sistema de coordenadas**, você pode escolher um eixo a partir do qual você mede o ângulo, tá? Vamos supor que você tem um determinado eixo na linha horizontal, por exemplo, a partir do qual você tá medindo o ângulo. Na primeira posição o ângulo era zero, na segunda posição **você tem um outro ângulo...** Como o movimento é circular à distância entre esse ponto, a distância entre esse ponto e o centro de giro, esse aqui, tá certo?, favorece que eu calcule o raio da circunferência. Com esse ângulo ao mesmo tempo **esse objeto descreveu, esse objeto andou no espaço, e a quantidade de espaço que ele percorreu** eu vou chamar de r . Então... essa posição angular, a unidade dela na verdade, que é a difusão, unidade de difusão de dois movimentos, tá, é o espaço percorrido no raio, na verdade isso tem que enxergar como se fosse uma grandeza, entre aspas, adimensional. Nós vamos usar... essa grandeza angular... na direção do vetor espaço?

Aluno A₁: É, na direção dele.

Prof.: Se a rotação for pro mesmo lado... perpendicular ao que tá aqui no quadro, né?, faz sentido isso então?... Qual seria a outra direção?... Será que você poderia pensar em outra direção desse vetor...?... A rotação continua sendo a mesma, qual é a, qual seria a outra direção que você poderia imaginar, poderia ser esse vetor da velocidade angular? Lembra que se o movimento tender a zero for constante, ou seja, a velocidade angular também, o módulo dela é constante... Certo ou não? **Você assina em baixo disso aí ou não?... Então se você tem um movimento, se você tem um movimento circular** aqui, o vetor ω , a velocidade angular, tá certo?, perpendicular ao plano de rotação, por quê?

Aluna A₉: Professor, eu não entendi nada.

Prof.: Não entendeu ou você não aceitou? Você entendeu o que eu falei, você não aceitou...

Aluna A₉: É, eu não aceitei nada...

Prof.: Você tem um movimento, você tem um movimento desse ponto pra cá... você tem um movimento desse ponto pra cá.

Aluno: O produto vetorial vai ser zero? O produto vetorial?

Prof.: O ângulo que... **o ângulo que você provoca**, a diferença de ângulo um $\Delta\theta$, tá certo? Esse $\Delta\theta$ tá dizendo sempre que **se você pega um intervalinho de tempo** muito pequeno, esse $\Delta\theta$ vai ser sempre perpendicular ao raio. Se você for **pensar essa equação** como vetorial, se você for pensar que esse vetor aqui, se você for pensar nesse ω , a velocidade dele, nesse ω a velocidade angular vetorial do... esse $\Delta\theta$ vetorial do Δt . Não faz o menor sentido. Por quê? Porque esse $\Delta\theta$ ele está na direção, ele tá na direção...

Aluno: Professor, pode estar em qualquer lugar da... o vetor da velocidade angular...

Prof.: O vetor no espaço é independente da posição que eu coloco ele.

Aluno: Pode estar em qualquer lugar.

Prof.: Se tiver na direção do módulo, direção...

Aluno:...

Prof.: A direção, a direção dele é perpendicular... a direção dele é sempre na projeção do eixo de rotação. **O sentido dele é dado pela regra** da mão direita.

Aluno: Não poderia, então, estar no...

Prof.: Não, tá no jeito que o... falou.

Aluno: Então, mais eu falo por ele se tratar de um vetor, não poderia...

Prof.: O problema se você faz, **se você desenha a velocidade** aqui, você pode confundir o experimento que você já tem com o próprio eixo de rotação.

Aluno: Vetorialmente não está errado...

Prof.: Por isso que essas grandezas angulares, velocidade angular, tá?!, e aceleração angular são chamadas de pseudo-vetores. Porque isso aqui na verdade...

Aluno: Também são pseudo-vetores isso daí?... A velocidade angular?

Prof.: Porque a velocidade angular é definida a partir da variação da posição angular e do tempo. Só que o vetor posição angular varia num instante diferente daquele que... é que você estabelece.... eixo de rotação... É pra reforçar a posição do eixo de rotação... Toma cuidado...

Aluno:...

Aluna: Ele não entendeu aquilo ali.

Prof.: Toma cuidado de como você define esse vetor velocidade angular, tá?!... Então você concorda que isso aqui, isso aqui é sossegado pra vocês a partir, vamos ver se vocês conseguem, a partir de um ponto qualquer. Isso aqui é tranquilo? Vamos ver se alguém consegue a partir do ponto comum. Isso aqui é tranquilo, tá?! O que eu defino como velocidade angular é uma diferença angular pelo intervalo de tempo, sossegado? Você concorda que quando você tem um movimento circular, essa diferença de ângulos a cada intervalo de tempo elas são vetores? Elas são vetores? Digamos que você pode imaginar, **se eu tiver um intervalinho de tempo** muito pequeno, tá, seria a diferença dessa posição espacial e essa posição espacial? Então isso seria uma espécie de Δ , Δr num intervalo de tempo, tá? Ou seja, quando eu mexo com esse ângulo, eu tenho uma diferença que tá no plano, no mesmo plano que a rotação. Eu tenho a diferença de posição que é desse vetor, que está no mesmo plano de rotação, tá? Só que, só que o quê acontece? Se eu quiser saber qual é esse vetor, a velocidade angular, não basta eu **pegar esse vetor** da velocidade angular e colocar um vetor aqui por unidade de tempo. Por que isso nunca vai mudar um vetor de tal forma... E o vetor velocidade angular, tá certo? E o vetor velocidade angular é um vetor que tem a mesma direção no espaço do que o eixo de rotação... O vetor velocidade angular, o vetor velocidade angular, quando você tem, quando **o deslocamento angular foge de um determinado plano...** o vetor velocidade angular ele é perpendicular àquele plano... Essa é a direção dele, e o sentido obedece aquela chamada regrinha da mão direita, ou seja, se você precisar... junto com o movimento, tá?! Seu polegar vai estar no sentido dessa velocidade angular...

Aluno: É por isso então que é perpendicular ao movimento de rotação?...

Prof.: Por analogia com a aceleração escalar, qual que seria a aceleração angular?... Você lembra que na aceleração média, tinha uma coisa como Δv , Δt ... Tinha uma coisa do tipo... então se o objeto muda, se o objeto muda a velocidade angular dele, chega uma hora que vai... velocidade angular... aceleração angular... Isso em termos de média. Então você tem um paralelo... Qual seria a aceleração, qual seria a aceleração angular... Qual seria a aceleração angular?... Agora veja que interessante ó, se eu definir a velocidade angular, desculpa, se eu definir a aceleração angular, tá?, vai acontecer que se o objeto tá aumentando a velocidade tangencial dele, tá aumentando a velocidade angular na hora que chega uma determinada velocidade angular ou então a conta é perpendicular ao plano do movimento, chega uma hora que eu tenho uma ω dois, ou seja, apontamos também perpendicular ao movimento, então nesse caso com a ... da aceleração angular, da velocidade angular e da aceleração angular, tá? Eu posso usar aceleração, aceleração média. Eu posso escrever isso como sendo $\Delta \omega$ sobre Δt vetorial. Embora eu não posso escrever isso aqui... eu posso escrever esse tipo de coisa.

Aluno A_1 : Por quê?

Prof.: Esse aqui é fácil de responder, né?! A pergunta difícil é justamente por que que isso daqui não...? Esse movimento de rotação ele tem uma aceleração... Ele tem uma determinada mudança de ritmo..., tá certo? Talvez a gente tenha que pensar bem pra entender qual é a conexão de cada... de movimento de rotação que vocês já aprenderam... movimento de translação.... Por exemplo, **se eu pegar um objeto** e falar o seguinte, ó... É vamos supor que eu tenho os eixos, vamos supor que eu tenho os eixos x , y e z , tá, e que eu tenho um objeto como essa caixinha (apagador), tá, tá certo? Tá escrito aqui em cima da caixinha

200 “HUMBERTO”... tá? Aí eu pego essa caixinha e falo pra você o seguinte, olha: Faça uma
 201 rotação em torno do eixo z, depois faça uma rotação, faça uma rotação em torno do eixo z,
 202 90° positivo em torno do eixo z, tá? Pega essa caixinha que tava aí... Aí eu falo pra você,
 203 faça uma rotação em torno do eixo y de 90° negativo. A caixinha..., tá? Aí eu falo pra você,
 204 faça uma rotação em torno do eixo x, 90° positivo... tá. Vamos supor eu comecei com a
 205 caixinha assim, o que será que acontece se eu trocar a ordem de rotações aqui, fazer as três
 206 rotações... tá? Aí eu vou trocar a ordem delas, porque primeiro rotaciono uma em relação à
 207 outra. Será que a caixinha, a posição final da caixinha vai ser a mesma?... Será que se eu
 208 quiser trocar a ordem das operações aí, eu vou obter sempre a caixinha na posição final,
 209 aquela que eu coloquei? Tá? Eu rodo 90° em torno de z, depois eu rodo menos 90° em torno
 210 de y e depois eu rodo mais 90° em relação a x. A caixinha ficou... Se eu começar na
 211 seqüência inversa, por exemplo, eu tô com a caixinha aqui, tá, vou rodar mais 90° em relação
 212 a x, tá, vou rodar menos 90° em relação a y, tá, aí eu vou rodar mais 90° em relação a z...
 213 Esse tipo de falta de comutatividade entre as operações de rotação, tá certo? Faz com que a
 214 hora que nós estamos trabalhando com grandezas angulares possa aparecer determinadas
 215 coisas... É diferente da posição espacial que você falou, ó, eu vou andar 50 passos pro norte,
 216 50 pro leste e depois eu vou andar 50 pro sul eu vou, a hora que eu inverte essas coisas, eu
 217 vou chegar exatamente no mesmo ponto independente pra que lado eu ando primeiro..., tá
 218 certo? Independente da caminhada a qual o sujeito faz a caminhada... primeiro. Com as
 219 grandezas angulares isso não acontece dessa maneira. Então isso cria determinada simetria,
 220 grandezas angulares... velocidade angular. Então essa falta de comutatividade entre as
 221 operações de rotação... tá certo? Faz com que os vetores associados às grandezas angulares
 222 não sejam vetores reais, não sejam vetores de verdade, porque a comutatividade das
 223 operações, tá certo? Então as grandezas angulares são na verdade o que nós chamamos de
 224 pseudo-vetores... Então é isso que parece que é meio forçado falar... falar de eu definir a
 225 velocidade angular perpendicular ao plano de rotação, tá certo? Na verdade é uma maneira
 226 de deixar aparente essas operações importantes... A hora que eu chego numa determinada
 227 direção e a hora que eu inverte o movimento de rotação pra outra direção. O vetor fica na
 228 mesma direção e mesmo sentido..., tá certo? Uma coisa que tem a ver com a geometria
 229 espacial e com a geometria das rotações... É uma das coisas difíceis de entender. Se você
 230 achou difícil está certo... porque a aceleração é indefinida a partir do ω , tá certo?
 231 **Porque o ω já absorveu... que o ω já absorveu essa parte** com relação a
 232 triangulação espacial. Olha que você define esse eixo dado pelo ω , tá?!, essa parte, essa
 233 parte do movimento que envolve operações de comutação angular, o cara trouxe pra dentro
 234 do ω e não pra dentro do α ..., tá legal?... Tão vendo aí, na verdade o ω é um
 235 pseudo-vetor,... da mesma maneira que o módulo dele, **eu não posso pegar a variação**
 236 **vetorial** correspondente ao módulo dele e converter direto nesse caso, nesse plano da rotação
 237 e esse..., tá... Essas coisas, **essas assimetrias que tem no espaço aí provocam coisas**
 238 **realmente interessantes**, por exemplo, você sabe que os elétrons têm a propriedade chamada
 239 spin do elétron. O spin do elétron, tá certo?, essa grandeza chamada spin, que é uma coisa
 240 muito difícil de explicar e de quantificar, a gente tem que é uma coisa que vocês já conhecem,
 241 tá certo? Esse movimento que o elétron faz, que o elétron faz, que é o movimento de rotação
 242 em torno do próprio eixo, tá certo?... a imagem que a gente consegue fazer, como se o elétron
 243 tivesse girando em torno do próprio eixo, tá. Mais o motivo que eu falei dessas grandezas aí é
 244 justamente... Quando **eu tenho os elétrons** girando eu tenho uma projeção dessa grandeza
 245 que chama-se... ou numa determinada direção ou em direção oposta. E não tem projeção
 246 interligada na outra..., tá? Só tem duas coisas ligadas ou ele tá nessa direção do espaço ou
 247 ele tá nessa. Quando você faz a projeção dele ou o sujeito ele tá numa projeção ou tá em
 248 outra. É como se tivesse essa coisa... tá certo? É como se tivesse..., tá?! Parecido com essa
 249 propriedade nossa da caixinha aqui... Não é uma coisa fácil de entender, tá?! Não é uma

coisa fácil. Ainda mais vocês que estão no primeiro ano, vão se acostumando aí com esses problemas... É saber que determinadas coisas, essas determinadas sutilezas, tá, se você quiser passar vários anos da sua vida tentando entender esse tipo de coisa, é bem provável que você que você vai chegar daqui a vários anos entendendo uma parte, falta muito pra você entender. Só uma questão de referenciais... Só que ele tem propriedades... **A gente pode escrever que nem se fosse determinado mergulho**, né, se eu fosse, fizesse um curso de mergulho, a primeira vez você vai só de óculos e de... enxergando direito a superfície. Você tenta ir mais fundo, entra você precisa saber que precisa mais fôlego, prender mais tempo a respiração. Cada curso que vai passando, você vai **ganhando mais fôlego** pra ir podendo mergulhar mais fundo... Às vezes é bom, realmente depois precisa fazer respiração boca a boca aí pra... a sensação que dá maior é que você conhece bastante coisa do movimento angular, vamos fazer um paralelo com o que você já conhece... A posição s tá ligada então a uma posição angular s igual a r vezes θ .. Velocidade v tá ligada com a velocidade angular... ω . A aceleração tangencial tá ligado com o módulo da aceleração angular com a aceleração tangencial, que é aquela que muda a velocidade do, do ponto na trajetória circular chamada aceleração tangencial, ela tá ligada com a aceleração angular por ω . Então pro, pro objeto ter uma aceleração angular α , tá?, ele tem que variar a velocidade escalar que ele tem ao longo da trajetória dele, ou seja, ele tem uma aceleração tangencial... e além disso tem uma aceleração que a gente chama de aceleração centrípeta, e mesmo que o objeto, olha só... mesmo que o objeto esteja com uma aceleração constante, ele tem uma aceleração porque a direção do vetor velocidade muda. O módulo da velocidade permanece constante, porém, a direção do vetor velocidade muda. E essa é chamada de aceleração centrípeta. Mesmo que... você pode ter uma aceleração centrípeta você deve lembrar que é uma coisa do tipo v^2 sobre r . Também pode ser escrito ω^2 vezes r . Se eu tiver uma velocidade angular ω ele também tem uma aceleração chamada de aceleração centrípeta... Vamos fazer um desenhinho aqui... Você tem a posição r de um determinado objeto... Esse objeto se move ao longo do círculo... Um dos casos particulares importantes do movimento circular é quando eu tenho a aceleração angular uniforme, ou seja, ela varia até uma quantidade... tá?, é o chamado movimento circular uniforme... O movimento circular uniforme, então, o α é constante... Se eu tenho as equações pode ser que esse movimento... O movimento retilíneo uniforme, tá? Só que agora vamos ter as grandezas angulares... **Lembram que essas equações aqui é análoga a esta que está aqui...** $\left[(\omega = \omega_0 + \alpha t) \xrightarrow{\text{aná log a}} (v = v_0 + at) \right]$ O movimento circular uniforme é quando o ω é constante... é uniformemente variado... ou acelerado... Vamos fazendo um exemplo, vamos fazer um exemplo... Vocês já viram aquele, aquele toca CDs, aquele com a capinha transparente... Ah?

Alunos: Já.

Prof.: Já?

Alunos: Já.

Prof.: Quantas voltas mais ou menos você acha que o CD faz naquele...?... Rápido, né?

Alunos: Em um 1 minuto... 5 segundos... Umas 3 voltas professor.

Prof.: Vamos fazer um exercício aí.

Aluno: Professor... aquele LP...

Prof.: Ah, é aquele disão (LP) antigão, era 33,6 rpm, né?... Tá variando, tá variando a velocidade tangencial dele. Você quer saber a aceleração centrípeta no ponto. Ela varia de acordo com... Que ela é uma força do tipo... A aceleração centrípeta... é a aceleração centrípeta do ponto... Ela é uma coisa do tipo v^2 sobre r ... A velocidade, a velocidade que você tem, a velocidade tangencial dele, ela vai mudando conforme se aproxima do centro, porém a distância também muda. Tá? Essa, essa velocidade aqui, ela é uma coisa do tipo, ela é uma coisa do tipo 2π sobre o período. Tá? A velocidade v é uma coisa do tipo 2π sobre o período. Agora, a aceleração centrípeta, então, a maneira como ela está sendo estudada eu

300 vou ter se eu substituir essa equação ali. Eu vou ficar com alguma coisa do tipo
 301 $\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ sobre R. Então eu tenho uma coisa do tipo $\frac{2\pi^2 R^2}{T^2}$ isso pode ficar $\frac{(2\pi)^2 r^2}{T^2 R} = \frac{2\pi^2 r}{T^2}$.

302 Ela varia sim, se $\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$. Você mantém isto, tá certo? Conforme você aumenta a aceleração
 303 centrípeta. Essa coisa é fixa, né? E essa aqui é variável...

304 **Aluno:**...

305 **Prof.:** Então, na verdade, se a gente variar... aqui **a gente tem que pegar o intervalo de**
 306 **tempo curto. Você pega a velocidade como?** Porque o período, o período ele pode variar
 307 quando você faz um movimento por um tempo muito grande você varia o período, tá? Mais
 308 ao longo dessa linha, você não queria saber se você vai usar... Todos os pontos dessa linha
 309 tem... Agora como é o intervalo de tempo mais do que isso, o intervalo de tempo variável,
 310 porém se eu pego o movimento entre dois pontos bastante próximos, eu posso considerar que
 311 o período é aproximadamente o mesmo, porque entender a aceleração centrípeta... Então vão
 312 ser duas variações, **uma em cima da outra**. Eu vou ter uma variação advinda da variação da
 313 velocidade escalar, é uma velocidade tangencial que eu vou ter, depois eu tenho uma outra
 314 variação... do ponto do centro do objeto... as duas ao mesmo tempo é complexo, mas se eu
 315 quiser saber prioritariamente qual que é a variação adquirida da mudança do ponto, do
 316 objeto que tá acelerando, eu vejo que conforme eu me afasto do centro... tá. Aqui a
 317 velocidade variou ao quadrado e o r varia linear, então quando eu afasto, quando eu afasto
 318 do centro...

319 **Aluno:**...

320 **Prof.:** Você tá falando que quer saber qual... Então, mas se você quer saber... Se você tá
 321 querendo... Você quer saber a aceleração centrípeta do movimento todo? Ou você quer saber
 322 se ela varia ao longo do eixo?

323 **Prof.:**...

324 **Aluno:** O senhor marcou o ponto... não marcou? **Se o senhor pegar um intervalo angular.**

325 **Prof.:** Esse aqui é o centro.

326 **Aluno:** Não. Do círculo. **Se o senhor pegar o intervalo angular**, marcado no outro ponto...
 327 Aí... Tem uma velocidade... a aceleração centrípeta é a mesma nos dois pontos?

328 **Prof.:** A aceleração centrípeta, em cada ponto... Agora é que eu entendi a sua pergunta.

329 **Aluno:**...

330 **Prof.:** Não, porque eu achei que você queria saber se ao longo dessa linha aqui se variava.
 331 Ao longo dessa linha varia. Agora, ao longo dessa, se a aceleração angular for zero, aí não
 332 varia... Se a aceleração angular for diferente de zero aí tá valendo... Um problema
 333 relacionado, um problema relacionado com o movimento com o que você tem no CD no seu
 334 aparelho de som... Se você fosse uma, se você fosse uma formiguinha que tava bem na... que
 335 distância você acha que tinha que percorrer... Você teria aproximadamente 12 cm, 6 cm é o
 336 raio do CD. Quanto você acha que vai deslocar a formiguinha?... Deixo isso de tarefa para
 337 vocês... É o seguinte, **matamos uma parte final do capítulo 11** hoje, nós terminamos o
 338 capítulo 11 amanhã... aí se vocês toparem vir também no sábado, nós ficamos com duas
 339 aulas inteirinhas para **tirar dúvidas**... Espero que vocês estejam estudando bastante, essa
 340 matéria é importante pra vocês. Essa parte da conservação do momento linear, a parte da
 341 conservação do momento angular que vocês tão aprendendo agora é uma coisa fundamental.
 342 Então é importante que vocês estudem. Temos uma programação bastante grande aí por
 343 causa dos percalços.

Prof.: Vamos lá moçada, temos um pouco menos de platéia hoje aí, vamos começar nossa, pra começar nossa aulinha, vocês lembram que nós estamos, vocês lembram que nós estamos trabalhando com grandezas angulares né?... temos um ângulo e um deslocamento angular.

Aluno: Esse giz não dá pra enxergar nada.

Prof.: Oi! O amarelo parece bem?...Deslocamento angular, velocidade angular, aceleração angular, tá?. São coisas que a gente tá aprendendo aí. Na última aula nós vimos também energia cinética de rotação. Se bem que a formulinha da energia cinética de rotação é ocupamente muito próxima da energia cinética de translação, tá certo? Onde o momento de inércia toma o lugar da massa... momento angular, desculpa, o momento angular toma o lugar da velocidade angular, desculpa velocidade linear ao quadrado. E essa grandeza que nós chamamos de momento de inércia, que é uma espécie de..., mede a dificuldade de você colocar um objeto em rotação. Ela depende da massa do objeto, mas principalmente de como essa massa tá distribuída em relação ao eixo de rotação... Chamado então, momento de inércia... Se você quiser calcular o momento de inércia pra um corpo contínuo você pode simplesmente diminuir e imaginar que aquele corpo contínuo seja possuído por pequenos pedacinhos de massa, massa cada vez menor e você pode definir esse momento de inércia visto pra um objeto contínuo o volume contido no espaço, você pode definir esse momento de inércia como sendo (fórmula). **Se você tem um objeto, se você tem um objeto que tá? girando, você pega elementos de massa muito pequeno,** o momento de inércia desse corpo contínuo. É o capricho aí da... **é um capricho da natureza, né. Quer dizer quando você tem uma determinada massa, tá?, e você dobra a distância, você multiplica por quatro a dificuldade de você fazer o giro...**

Aluno A₅: O corpo reflete, né professor?

Prof.: Reflete... Reflete... é uma propriedade natural desse objeto.

Aluno A₅: Irregular.

Prof.: Oi?

Aluno A₅: Irregular, né?

Prof.: Pode ser pra qualquer um né, pode ser pra um regular ou irregular. Se você tiver um cilindro, também, você, também pode calcular dessa maneira se você quiser, tá?!

Aluno:...

Prof.: Oi? Tá meio escuro aqui, né?! Se vocês quiserem nós podemos tentar mudar pra outra sala. Vocês acham melhor? Aqui na sala ao lado aqui, tava vazia se vocês quiserem?

Alunos: Heeeeee... (As lâmpadas que estavam apagadas se acenderam).

Prof.: Olha, eu quero que vocês, vocês já aprenderam a fazer a integração?

Aluno A₃: Sim.

Alunos: Já... Sim, já...

Aluno A₅: Mais ou menos.

Alunos: Tá craque, já.

Prof.: Tá bom. Viram que isso daqui na verdade não passa dessa soma, né, de elementos muito pequenos, elementos de massa muito pequeninhos, tá?... No livro de vocês aí, na página 213, tá?, tem diferentes elementos... Se você faz essa conta... se você faz essa conta pra diferentes elementos, tá?!, você vai ter os elementos lá no livro, por exemplo,... Se você tiver um aro... se você tiver um aro com esse eixo de rotação, o movimento de inércia simplesmente é M vezes R (pega o livro). A figura sua é da página 213... Se você tiver um cilindro ou... é parecido com um lápis só que é mais gordinho, você tem uma R que tá? aqui, mais R o aqui... (fórmula) A hora que você faz a integração disso você vai ter um movimento de inércia (fórmula). Se quiserem amanhã na aula de amanhã que a gente vai tá? mais folgado, amanhã de manhã que a gente combinou a aula nós podemos pegar...

Aluno A₅: Às 6, né?

Prof.: Não, das 6 às 8.

51 **Aluno:** Não, das 6 às 10.

52 **Prof.:** Das 6 às 10.

53 **Aluno A₅:** Nossa! Que hora.

54 **Prof.:** Tá bom, vocês chegam às 6 e **vão trabalhando os exercícios...** na hora que eu chegar....

56 **Aluno:** Professor, a gente pode tentar fazer uma integração dessa?

57 **Prof.:** Não é difícil, tá?. Fazer uma integração dessa vai chegar nesse ponto. Amanhã a gente está mais tranquilo...

59 **Aluno:** Onde vai ser a aula, lá na central?

60 **Prof.:** Oi?!

61 **Aluno :** Na central lá?

62 **Prof.:** Na central de sala de aula. Provavelmente vai ser na mesma sala 75, lá na 75... quando você tem um cilindro como esse... e um raio R , o momento de inércia dá... (fórmula) Se você quiser girar... se você quiser girar o cilindro ao longo desse eixo aí... agora então a direção é qual e o comprimento dele, esse cara tem momento de inércia aí um pouquinho

66 mais complicado um circular tipo $I = Mr^2 + \frac{1}{12}$ avos... É interessante é o da esfera, por exemplo, tá?.

68 **Aluno A₅:** A esfera é o mesmo?

69 **Prof.:** A esfera é $\frac{2}{5} MR^2$.

70 **Aluno A₅:** Mais é o mesmo, independente do eixo de rotação?

71 **Prof.:** Não... você pode girar a esfera assim, tá?!

72 **Aluno A₅:** Ah, é verdade.

73 **Prof.:** Oi?!

74 **Aluno A₆:** Você pode explicar de novo o do aro aí, dos dois raios.

75 **Prof.:** O do aro? Essa soma dos dois aqui?

76 **Aluno A₆:** Isso.

77 **Prof.:** Ela sai quando você faz a integração, né?!

78 **Aluno A₆:** Ah, tá?

79 **Prof.:** Tá?. Teria que fazer a integração pra ver porque que essa... Como se você... Se você tivesse só um aro... É, não tem que sair da integração mesmo tá?!, pra você sair lá tem que fazer a integração mesmo. É, eu ia associar com um aro, mais a associação não é direita não... O trivial é esse do aro né direto porque toda a massa tá? na mesma distância, né, você não precisa integrar nada, só formulinha direta... Uma... uma esfera se você faz o giro dela em torno do próprio eixo... como a Terra, por exemplo, girando pra fazer os dias e as noites em torno do seu próprio eixo, tá?. Mas você pode também ter uma situação que você tem a esfera e de alguma maneira você faz um giro assim, né?, tá? Então o momento de inércia de

87 uma coisa como essa...é... $\frac{2}{5} MR^2$... De uma coisa como essa... Quando você tem uma coisa,

88 quando você tem, quando você sabe que determinado momento de inércia com relação a um eixo e você quer calcular o momento de inércia dessa coisa em relação a outro eixo que é paralelo a esse você pode usar o chamado Teorema dos Eixos Paralelos... Esse teorema dos eixos paralelos... esse teorema diz pra você que o momento de inércia que você vai ter no seu sistema é o momento de inércia com relação a um eixo que passa pelo centro de massa mais, tá? mais a massa total do sistema vezes uma h^2 . E esse h é justamente a distância entre o eixo que passa pelo centro de massa e o eixo que você tá querendo calcular, ou seja, é como se você tivesse a massa toda do objeto concentrada no centro de massa, tá?, e você tivesse esse objeto fazendo movimento ao longo desse eixo paralelo ao centro de massa. Então esse é o termo adicional que você tem que usar... Você poderia escolher calcular direto isso que tá

aqui, que seria mais difícil por uma força bruta fazendo a integral, tá? ou você pode calcular isso e fazer e translação dele seguindo esse teorema dos eixos paralelos... Isso pode te ajudar, por exemplo, um exercício, um bom exercício pra você, tarefa de casa aí, pra amanhã cedo, é **você partindo do... desse cara aqui, calcular esse**, tá? Partindo desse cara aqui, ó?, aquele primeiro lá é o momento de inércia não com relação ao centro de massa, tá?. Aí você pega a massa do objeto e multiplica, multiplica, desculpa, desculpe, esse eixo... não é esse eixo é esse aqui, não é desse não, é esse aqui ó. Rotação se você imagina aquela figurinha que nós colocamos ontem, tá?. É esse cilindro aqui girando agora em torno do eixo que tá se tingindo, tá?. Então não é daqui pra lá, é daqui pra cá, tá?... ou desse pra esse tá?... Moçada, perguntas, comentários e observações...

Aluno A₁: Aqui professor é o momento de inércia do centro de massa, na fórmula, na fórmula (mostra a fórmula) é o momento de inércia do centro de massa.

Prof.: Não, não é isso, momento de inércia do eixo que passa pelo centro de massa. O momento de inércia do objeto, não é do centro de massa.

Aluno A₁: Mas, então só serve pra, pra casos em que a esfera tá? rodando...

Prof.: Você tem que ter uma determinada simetria.

Aluno A₁: Ah, tá?.

Prof.: Tá? Você tem que ter uma determinada simetria, por exemplo, vamos supor, **você calculou esse cara aqui girando mais fácil de calcular por causa da simetria cilíndrica**, aqui você calcula, faz a integral, calcula esse momento de inércia tá?, aí pra saber o momento de inércia com relação a esse eixo, você usa o teorema...

Aluno A₁₄: Aí nesse caso não seria...

Prof.: Isso! Você soma, você soma com m vezes **o R desse cara ao quadrado...** Então, exercício pra casa é calcular esse...

Aluno A₅: Professor, pra calcular, qual que é pra calcular?

Prof.: Pra calcular esse caso aqui.

Aluno A₅: Nesse caso daria nesse caso dá pra usar o... o teorema dos eixos paralelos? É a distância até o raio, né?

Prof.: Isso! Aqui também você pode fazer a mesma coisa, tá bom... Tá bem sossegado...

Aluno A₄: Professor.

Prof.: É a distância entre os eixos, tá? Nesse caso aqui, ó,... Nesse caso aí o x é esse, tá?

Aluno A₄: Professor, imagina aquele cilindro lá.

Prof.: Qual?

Aluno A₅: É esse aí, é esse aí.

Prof.: Esse.

Aluno A₄: A altura dele não vai influir em nada?

Prof.: Quando você gira, quando você gira, desse jeito aqui não influir em nada o comprimento dele, quando você gira desse jeito aqui influencia, tá? esse jeito aqui não.

Aluno A₄: Mas...

Prof.: Ele pode ser mais curtinho e mais denso ou ele pode ser mais longo e menos denso.

Aluno A₅: Professor.

Prof.: O que importa é a massa e como que ela tá distribuída com relação ao centro.

Aluno A₅: Professor, quanto que caberia no h , naquele caso aí,... não no de baixo.

Prof.: No de baixo, ah então isso daí foi uma armadilha minha, porque eu achei que eu tinha feito essa figura aqui e eu fiz uma outra figura diferente e esse eixo que tá aqui não é paralelo a esse, isso aqui só vale quando os eixos são paralelos.

Aluno A₃: Professor, o momento de inércia.

Prof.: Fala mais alto pra...

Aluno A₃: Se eu tenho essa esfera e tenho em certo momento de inércia passa pelo centro de massa dela.

Prof.: Primeiro lá.

Aluno A₃: Isso, no primeiro caso. Se essa inércia fizer uma rotação em torno desse outro aqui, o eixo é esse caso, mas ela pode girar em torno dela mesma com esse mesmo teorema?

Prof.: O que tá? dizendo pra você é que a dificuldade em fazer esse... momento de inércia é... tá? aqui. Nesse caso aqui ela vai fazer esse... se tá? girando a esfera em torno desse... se você olhar de cima, se você olhar de cima você vai ver situações assim...

Aluno A₃: O fato dele rodar em torno do próprio eixo dela interfere alguma coisa no momento de inércia?

Prof.: O fato dela rodar em torno do próprio eixo? Ela naturalmente, quando você faz esse movimento de giro aí, ela naturalmente gira, ela tá girando esse ponto aqui, ó, quando você fala que ela tá girando em torno desse eixo, tá?, esse ponto aqui tá fixo nesse eixo, tá? Então, na verdade o desenho meu foi infeliz. O desenho é assim, né... e ao mesmo tempo que tá girando assim ela tá girando também em torno do próprio eixo. É o momento de inércia que faz aquele movimento, é aquele que tá ali. Então você tá tentando fazer esse movimento aqui... movimento que tá? tentando fazer com uma esfera, só que esse momento de inércia aqui ele é diferente de rodar tá?... se você além desse movimento que tá fazendo quiser fazer a esfera girar também a mais em torno do próprio eixo, aí pra ela girar a mais em torno do próprio eixo você vai tá enfrentando aquele momento de inércia que tá ali, mas ele já existe lá, já está embutido aqui, tá?, esse momento de inércia já tá? embutido naquela expressão. Agora se você quiser dar uma energia cinética de rotação pra ela, tá?, esse energia que você vai dar pra ela fazer isso que tá aqui, daí a velocidade angular que esse movimento desenvolve, velocidade angular que realiza em torno do próprio eixo...

Aluno A₃: Vai ser igual?

Prof.: Mais se você quiser aumentar ainda, você pode, né? Você deveria ter um mecanismo de aumentar...

Aluno A₃: Só a rotação dela em torno do próprio eixo.

Prof.: Então pode ser que **você tenha que dar a energia correspondente**, mas o movimento de inércia continua sendo aquele mesmo aquele primeiro lá tá?, se você quiser aumentar só esse movimento de rotação e deixar o outro movimento com a mesma velocidade você vai mexer no primeiro caso que tá ali, só que ele é em torno do próprio eixo, pode separar em duas partes, um chamado momento angular orbital ali da esfera que faz isso e aquele momento angular de que é o primeiro girando em torno do próprio eixo que tá lá.

Aluno A₂: Professor me diz uma coisa, o professor falou que.. o i do centro de massa tá embutido nesse teorema ...Mas se ele tiver efetuando.

Prof.: Não é o i do centro de massa.

Aluno A₂: É o i do eixo que passa pelo centro de massa.

Prof.: Essa é perigosa, você tem que falar momento de inércia do objeto em relação ao eixo que passa pelo centro de massa.

Aluno A₂: O senhor falou que tá embutido aí. Mesmo que ele não esteja fazendo rotação em volta desse eixo que passa pelo centro de massa, ele faz uma rotação só... não esteja, não esteja momento nenhum.

Prof.: Olha, façam um paralelo se vocês pensarem neste tipo de coisa tá?, façam um paralelo entre a massa e a velocidade linear de um objeto tá?, e massa e momento de inércia e velocidade angular, porque esse, um objeto qualquer que você tem, ele tem uma massa independente se ele tem velocidade ou não, tá?! Mas se você quiser dar um momento pra esse objeto, você vai ter que multiplicar a massa pela velocidade, se você quiser calcular a energia cinética você tem que multiplicar a massa pela velocidade ao quadrado, agora o fato dele ter massa é uma propriedade intrínseca dele, é independente se ele tem velocidade ou não. Momento de inércia é a mesma coisa... momento de inércia é uma propriedade intrínseca do objeto, tá?, mas se você quiser fazer o giro do objeto em torno do próprio eixo...

tá?, a dificuldade que você vai ter, vai depender do momento de inércia. Só que o fato dele ter velocidade angular ou não vai depender de **quanta energia que você deu pra ele ou não**, mas o momento de inércia **continua lá bonitinho independente do cara ter velocidade angular ou não**.

Aluno A₁: Mais esse cara aqui é zero? O momento de inércia?

Prof.: Só é zero se o objeto não tiver massa nem nada. O quê?

Aluno A₁: Se não tiver massa, né, mas nos cálculos... velocidade zero daí eu não coloco, não vai dar o momento zero?

Prof.: Às vezes pode dar zero, mais o momento de inércia não é zero, se você dizer que a velocidade é zero...

Aluno A₁: Ah, momento linear pode ser zero? Momento inercial é que não...

Prof.: O que você está falando? Pra um objeto, pra um movimento linear ou movimento angular?

Aluno A₁: Movimento linear.

Prof.: Linear?

Aluno A₁: Linear.

Prof.: Então você tem um objeto qualquer, tá parado lá, ele tem massa, não tem?

Aluno A₁: Tem.

Prof.: Velocidade dele é zero, ele não tem momento?...

Aluno A₁: Isso.

Prof.: Certo? **Se você empurrar o cara** e ele tiver velocidade ele vai ter momento. O que é o momento? É o produto da massa pela velocidade... então o fato dele ter massa é independente dele ter momento ou não. A máxima propriedade intrínseca dele, tá?

Aluno A₅: Professor, o momento linear ou quantidade de movimento.

Prof.: Isso, isso.

Aluno A₅: Momento linear é a, momento de inércia.

Prof.: Não, momento linear é uma coisa, o produto da massa vezes a velocidade, tá? O momento de inércia é uma coisa que parece com a massa, não parece com o momento linear. É o momento de inércia, tá? É, os nomes são meio confusos, tá? Tomem cuidado com a nomenclatura, vocês vão ver que...

Aluno A₁: Mas o momento de inércia se assemelha... quantidade de movimento angular.

Prof.: Não, quantidade de movimento angular é coisa diferente, depende se aquele objeto, naquele momento de inércia tem velocidade angular ou não. **Se você deu velocidade pro cara** ele tem momento angular, **se você não deu velocidade pra ele, ele não tem momento angular**. Agora ele sempre tem momentos de inércia. Porque é uma característica intrínseca do objeto, independente do movimento dele, tá?. Então o que vocês tem que ver é isso o que depende do movimento, e que é propriedade intrínseca... Se vocês lembrarem da equaçãozinha que tava escrita aí no momento de inércia... Se vocês lembrarem da formulinha aí do momento de inércia, momento de inércia não depende da velocidade. Qualquer objeto que você imaginar... Imagina um eixo tá?, imagina um eixo qualquer um objeto com uma massa que tem seu momento de inércia.

Aluno A₃: Professor, esse objeto tem que fazer uma rotação?

Prof.: Independente do cara fazer uma rotação, tá? parado, ou... esse cara tem momento de inércia, com relação...

Aluno A₃: Só tem que ter um eixo e uma massa.

Prof.: Ele tem um eixo e tem uma distribuição de massa, tá?. Tendo isso ele tem momento de inércia. É uma propriedade da distribuição de massa e propriedade geométrica da distribuição de massa, tá?. Não interessa se ele já tá? com velocidade ou se ele tá? parado, mesma coisa que a massa.

247 **Aluno A₈:** Professor, mas definição de momento de inércia seria de.... rotação... momento
248 linear... é...

249 **Prof.:** Ou se ele tá no repouso a dificuldade pra você colocar ele... momento... Então tanto
250 faz, é a mesma quantidade. Se ele tá com uma determinada quantidade de movimento, tá
251 certo? Tá certo? O efeito que você tem que fazer pra atingir a velocidade zero dá essa
252 diferença, tá. Se o corpo tá em repouso pra você colocar ele naquela velocidade é o impulso
253 que você precisa dar pra colocar o cara nessa velocidade tanto faz se você tá parando o
254 corpo ou tá aumentando a velocidade dele.

255 **Aluno A₄:** Então a massa pra você por em movimento linear?

256 **Prof.:** Isso.

257 **Aluno A₄:** A quantidade de movimento é uma dificuldade pra você parar esse corpo naquela
258 velocidade? Por que ele já tem uma velocidade?

259 **Prof.:** É, depende do que você chama essa dificuldade, né?, é o impulso.

260 **Aluno A₄:** Seu esforço pra levar a partícula ao repouso...

261 **Aluno A₇:** O corpo em repouso.

262 **Prof.:** Isso.

263 **Aluno A₄:** Momento de inércia é a dificuldade que ele tem de se movimentar? De colocar em
264 rotação?

265 **Prof.:** Isso.

266 **Aluno A₄:** Daí nós podemos inferir que o momento angular vai ser a dificuldade de parar
267 essa rotação.

268 **Aluno A₇:** Não tem nada a ver momento angular com movimento de rotação?

269 **Prof.:** O momento... o problema é aquilo você chama dessa medida, né?, do momento de
270 inércia. Acho que o problema dessas coisas que vocês estão falando é qual que é a medida
271 que você tem no momento de inércia, quer dizer momento de inércia não tem a ver com
272 momento linear, momento de inércia é uma coisa mais parecida com a massa.

273 **Aluno A₄:** Professor, esses conceitos são...

274 **Prof.:** São paralelos, são paralelos só que o momento de inércia, o paralelo dele é aquilo que
275 você falou, é a massa, ou seja, em relação ao momento angular, a verdade formalmente
276 embutida aí, tá, momento angular é o produto do momento de inércia pela velocidade
277 angular. Desculpa, momento angular é o produto do momento de inércia pela velocidade
278 angular. Vamos fazer uma grandeza que a gente chama uma das grandezas importante, da
279 física que a gente chama de momento angular é o produto do momento de inércia pela
280 velocidade angular, tá? Essa é uma grandeza importante, porque se conserva da mesma
281 maneira que o momento linear, tá? O paralelo que nós podemos traçar aqui é do momento de
282 inércia, é do momento de inércia com a massa, não é do momento de inércia com o momento
283 linear. $L = I.W$

284 $P = m.v$

285 **Aluno A₄:** Não, professor, o que eu falei é o seguinte, a massa... ele oferece dificuldade.

286 **Prof.:** Eu não entendi, então.

287 **Aluno A₄:** Pra você colocar o corpo em movimento, a massa...

288 **Prof.:** O movimento retilíneo.

289 **Aluno A₄:** É o movimento retilíneo, aí, o momento linear é a dificuldade dele parar esse
290 corpo que está em movimento porque é no esforço que você faz parar ele.

291 **Prof.:** É, mais esse esforço aí não tá bem definido, né?, mas tudo bem, é o que a gente chama
292 de impulso.

293 **Aluno A₄:** Isso. Você tem que fazer uma força pra fazer ele parar que vai ser...

294 **Prof.:** É a força vezes tempo, força vezes tempo, isso é o impulso.

295 **Aluno:** Mais é a mesma coisa, não é?

296 **Aluno A₁:** Não é a mesma coisa, é diferente.

297 **Prof.:** Não, não, eu tô falando outra coisa.

298 **Aluno A₁:** Ele tá andando e você parar, ou se ele tá parado você tentar fazer andar é a
299 mesma coisa que o momento linear, certo?

300 **Prof.:** Momento linear é isso aqui ($p=m.v$), tá? Força é uma coisa do tipo $F = \frac{dp}{dt}$, taxa de
301 variação desse cara por tempo, ou seja, se você quiser calcular um delta p, isso é uma coisa
302 do tipo (fórmula), tá?

303 **Aluno A₄:** Então pra você parar, pra você fazer o corpo entrar em repouso, você tem que
304 aplicar o impulso que é uma força por determinado tempo pra fazer ele parar?

305 **Prof.:** Isso, aí ele tá parado, o momento que ele vai adquirir você tem que colocar uma força
306 pra provocar um impulso quando chega lá.

307 **Aluno A₄:** Agora, o momento de inércia é a dificuldade que tem de colocar ele em rotação,
308 né?

309 **Prof.:** Isso.

310 **Aluno A₄:** Aí que eu falei, eu inferi que o momento angular seria, é, um tipo de uma
311 dificuldade que eu tenho de colocar isso daí parado de fazer o corpo parar de rodar, análogo
312 ao momento linear.

313 **Prof.:** Isso! Isso!

314 **Aluno A₄:** Então tá? certo?

315 **Prof.:** Beleza... É que a gente tem que ter alguns cuidados na linguagem, tá certo?, de como a
316 gente faz essas transferências pra não chegar em pontos equivocados, presta bem atenção
317 quando você tiver fazendo esses paralelos tá? Uma coisa importante pra lembrar é isso daí,
318 esse aqui é o paralelo desse cara, é, esse é o paralelo desse. Eles significam coisas diferentes,
319 tá?? Mais as coisas que acontecem com relação a eles são parecidas, as grandezas angulares
320 com grandezas lineares... tá legal? Pra quem não acompanhou aí, tá?, isso aqui chama ($L =$
321 $I.W$) momento angular ou quantidade de movimento angular, tá? Tomem cuidado com a
322 nomenclatura pelo fato desse cara chamar então momento de inércia, tá? **É uma salada da**
323 **física**, aí, mas vocês podem, eu acho que vocês podem conviver com isso daí, o fato de
324 chamar momento também uma coisa que é propriedade do corpo quando ele tá parado.

325 **Aluno A₁₀:** É, quando você fala de movimento, você sabe, por exemplo, vai a massa, mas
326 você tem que estabelecer um eixo pra você saber qual que é?

327 **Prof.:** Dado um objeto, eu falo calcula lá qual é o momento de inércia desse cara aí. Você
328 tem que falar com relação a qual eixo? Você pode tentar girar, depende se você vai girar
329 esse cara assim, se vai tentar girar esse cara assim tá?, ou se vai tentar girar assim, tá? Você
330 tem quando você quer calcular o momento de inércia, além do objeto você tem que definir
331 qual eixo, em relação a qual você vai calcular... Quando a gente for fazer, quando a gente for
332 fazer a prova eu costumo no final da prova **pegar todas as equações que você encontra** no
333 resumo de cada capítulo, tá?, e **fazer uma espécie de uma cola oficial** pra vocês, eu coloco
334 todas, todas as equações que aparecem no resumo do capítulo eu coloco as expressões
335 matemáticas lá, mais eu não digo quem é o que, isso aí eu quero que vocês saibam, tá?!
336 Vocês podem não lembrar exatamente, eu não quero que você lembre exatamente da fórmula,
337 tá?, mais eu quero que lembre cada elemento dessa fórmula, o que significa, tá legal? Então
338 eu vou dar um conjuntinho de fórmulas lá pra vocês, o que eu acho que a coisa mais
339 importante do curso não é você ficar decorando as fórmulas, mais você entender o que cada
340 uma delas significa. Eu peço pra você fazer um esforço de entender, de entender as fórmulas,
341 **e saiba que vai ter uma cola oficial lá no final** dessas formulinhas aí pra vocês, tá? O
342 capítulo 9, o capítulo 10 e o capítulo 11, eu vou fazer igualzinho tá lá nesses três capítulos.
343 Então usem isso como referência, tá legal? Ajuda? **Centrem fogo mais nos conceitos**, porque
344 as fórmulas pra não complicar, puxa vida, o professor quer que eu saiba que esse cilindro

- 345 aqui é $\frac{1}{12}$. Então eu não tô pedindo pra você lembrar esse $\frac{1}{12}$, tá?, eu tô pedindo pra você
 346 lembrar que **quando você gira em torno desse eixo, por exemplo**, tá?, ele vai depender, **ele**
 347 **vai depender do raio do sujeito** e vai depender também do comprimento dele, tá legal?
 348 Então, os detalhes das fórmulas, não precisa, **só pega os conceitos básicos, tá?...** Agora nós
 349 vamos ver um pouquinho, agora vamos ver um pouquinho a dinâmica, como você põe, que
 350 força você precisa aplicar pra colocar o objeto em rotação. Até agora, tá? é o como acontece
 351 a rotação descrevendo a energia cinética de rotação, a velocidade angular, aceleração
 352 angular, tudo mais sem dizer o que é que coloca ou tira um objeto da rotação. **Agora nós**
 353 **vamos ver um pouquinho da grandeza chamada torque**, também chamada do momento.
 354 **Momento vai aparecer um monte nesse curso...**
 355 (Escreve na lousa: Torque: Momento de uma força em relação a um eixo)
 356 **Prof.:** Se você tem um objeto como esse... Esse famoso batatóide aí de revolução aí, nossa
 357 dos físicos, né?, um objeto qualquer. Se você faz um furinho nesse objeto e passa uma haste
 358 metálica aí atravessando esse objeto... Eu tenho a capacidade de aplicar uma força nesse
 359 objeto, tá? queria que você pensasse que tipo de força vai produzir uma rotação mais efetiva
 360 nesse objeto, ou seja, uma velocidade angular maior, tá?, se seria uma força F_1 , por exemplo,
 361 nessa direção, tá?, se seria uma força F_2 , se seria uma força F_2 nessa direção aí, todas elas o
 362 mesmo módulo tá? Eu tô tentando desenhar olhando de cima...
 363 **Aluno A₁:** Vai girar de assim, professor.
 364 **Alunos:** De assim, de assim...
 365 (Risos)
 366 **Aluno A₁:** Não... assim...
 367 **Prof.:** Olhando de cima, essa força aí seria o seguinte... o eixo da força F_2 ... o eixo tá, a F_2 tá
 368 assim, a F_1 assim, a ... a F_3 ... a F_3 tá pra cima tá, ou seja, nesse desenho aqui, a F_3 seria
 369 saindo pra fora do quadro, tá? A F_4 se eu deixar essas forças aí, uma dessas forças por vez
 370 atuarem, digamos por 10 segundos no objeto, qual delas você acha que produziria maior
 371 velocidade angular no objeto?
 372 **Aluno A₁:** A força F_4 .
 373 **Alunos:** F_2 ... F_4 ...
 374 **Prof.:** E a F_1 ?
 375 **Aluno A₁₄:** A F_1 não roda.
 376 **Prof.:** Por que a F_1 não roda?
 377 **Aluno A₁:** Porque ela tá? no eixo x... Ela é nula.
 378 **Aluno A₁₄:** Porque ela é perpendicular ao eixo.
 379 **Prof.:** Se você enxergar, um dos grupos aí, **se você enxergar que esse eixo** dependendo do
 380 jeito de como a força é aplicada, **aquele eixo segura uma parte da ação da força**, tá? Se essa
 381 força F_1 puxa pra lá, o eixo da maneira como ele tá colocado puxa com uma F_1 também pra
 382 cá, ela tenta esticar...
 383 **Aluno A₅:** Professor, isso **aí é a mesma coisa da porta**, né? Essa é a mesma força aqui na
 384 porta, né? Se eu fizer uma força aqui na porta (faz o gesto) e puxasse ela.
 385 **Prof.:** A força F_3 é uma força assim, tá?, em relação à porta.
 386 (Vai até a porta e demonstra)
 387 **Prof.:** A força F_3 é uma força assim ó.
 388 **Alunos:** (Risos) ... pra cima.
 389 **Prof.:** A F_3 , tá. O eixo de rotação tá aqui, ó, a F_3 tá no mesmo sentido do eixo de rotação.
 390 Ah... **Vamos supor que ela tá presa aqui**, né?
 391 **Aluno A₃:**... a translação da batata, né?
 392 **Prof.:** **Vamos supor que ela (batata) tá presa**. Tá certo? Tá certo? Se não a... o sujeito ia
 393 subir, né. Mas ela não gira, tá?, se a porta tivesse solta lá, também, sem os pinos lá atrás,

ela... (faz o gesto de subir). Então a F_3 é assim. A F_1 , a F_1 é assim, né, (faz o movimento na porta). Assim, ó, tá, não produz, não produz uma tração, tá?, puxando aqui, ó, (faz o gesto). Essa é a F_1 , não mexe angularmente. Agora a que produz rotação mais fácil...

Aluno A₃: A F_2 .

Prof.: Isso... Aquela força que tá assim, ó, que alguns acharam que era a F_4 , tá, a F_4 tá empurrando uma parte, tá empurrando uma componente da F_4 é como se tivesse empurrando aqui e outra parte da F_4 é como se tivesse empurrando aqui. **Então, ela gasta uma parte dela nessa componente que empurra pra lá, tá legal?** Então realmente, aquela que vai produzir, aquela que vai produzir o movimento circular mais efetivo, vai produzir uma maior velocidade angular depois e um tempo que ela atua no objeto, tá?, é justamente a F_2 ...

Aluno A₁₄: Tem que tá no mesmo sentido da... velocidade linear.

Prof.: A velocidade angular no começo é zero, quer dizer, não tem direção nem sentido, tá?. Uma coisa importante, uma coisa importante é que ela seja feita justamente perpendicular ao eixo de rotação... Mais importante do que estar perpendicular à velocidade, tá?...

Aluno A₅: Professor.

Prof.: Oi.

Aluno A₅: Por que quanto mais perto a força tiver do eixo, mais difícil é a... fazer ela rotacionar?

Prof.: Você já tentou, se já tentou balançar uma criança numa gangorra sem você tá sentado nela? Só com a força do seu braço. Já levou um sobrinho seu, seu irmão... mais ou menos a mesma coisa, tá? Se você tá, aplica uma força que o ponto é distante e você tem um braço grande da alavanca, aquele peso pequenininho que tá lá na frente da criança que tá lá no braço grande da alavanca pode contrabalançar seu peso que tá num ponto mais próximo. Isso significa que quando você vai provocar a mesma coisa num ponto que tá mais próximo, tá?, você tem que aplicar mais força que quando você tá? num ponto distante.

Aluno A₅: No caso da porta, se eu tentar aplicar uma força bem na... tentar fechar ela estando bem próximo do eixo...

Prof.: É difícil... é difícil. Se você chegar... vamos experimentar (faz o gesto de empurrar a porta, perto e longe do eixo)... Aqui parece bem mais leve, tá? Vou provocar a mesma coisa que aqui, eu só encosto um pouquinho, lá, eu preciso fazer uma força, só você tentando mesmo pra ver, tá? Se você chegar bem aqui pertinho ou aqui, ó, se você chegar bem aqui pertinho pra empurrar, ó, tem que fazer uma força grande pra ela se mexer. Se eu tiver aqui, ó, eu sinto que a força é muito menor. A hora que terminar a aula você vem e experimenta, tá? Então pro mesmo movimento tem que fazer uma força menor quando tá próximo... ou seja, se eu aplicar a mesma força F_2 , se eu aplicar a mesma força F_2 num ponto como esse, tá eu vou ter um efeito muito menor do que eu aplicar a mesma força num ponto distante.

Aluno A₃: Por que isso?

Prof.: Nós vamos chegar lá matematicamente... Não sei se vocês já perceberam que nessa altura aí do primeiro ano, tá, mas a física explica muito os como, ela não explica muito os porquê... tá? A natureza é da maneira como ela é, a gente acaba se acostumando com ela... A física explica os mecanismos, a física explica os mecanismos de como as coisas acontecem...

Aluno A₃: Tem que ter religião.

Prof.:... mecanismos como as coisas acontecem, tá? certo? Você pode até querer entender como as coisas acontecem, agora a hora que você perguntar os porquê...

Alunos: (Risos.)

Prof.: A grandeza física, a grandeza física que a gente usa pra medir a efetividade com que uma força produz esse movimento de rotação, essa grandeza chamada torque... Basicamente em termos simples, em termos simples, tá?, ela é o produto da força vezes uma distância perpendicular ao eixo de rotação... Quando essa força, ela própria é perpendicular a esse

eixo que tá aí, o torque é direto esse produto. Quando a força, tá, no estilo dessa força F_4 , eliminada com relação ao eixo, com um ângulo, uma média de 90° com relação a esse eixo que é perpendicular ao eixo de giro, só vai interessar essa componente da força que é perpendicular a essa linha que tá aqui, porque outra componente da F_4 que tá nessa direção, se você pensa que a F_4 pode ser dividida em duas forças, então ela vai ter uma, ela vai ter uma força, tá?, tá?, que é justamente que colabora com o giro que é aquela perpendicular ao eixo que une, ao eixo de giro até o ponto onde você tá aplicando a força, tá?, mais vai ter outra que é justamente na direção da F_1 , que essa direção é inócua, né?, em relação ao movimento circular, tá?

Aluno A₁₄: Pode ser que...

Prof.: Oi.

Aluno A₁₄: Pode ser a soma de F_1 e F_2 ...

Prof.: Não... Não é... A F_4 é do tamanho da F_2 , tá?, a projeção da F_4 na direção de F_2 , tá?, vamos supor que você chama esse eixo de x , esse eixo aqui de x e esse eixo de y . O eixo onde tá F_1 é o eixo x que é nessa direção. A F_2 tá no eixo y . E o... esse, esse eixo de rotação aqui, tá?, pra direção do eixo z , tá?, então essa direção é z , essa aqui é x e essa aqui é y . Então esse pedacinho aqui da F_4 que contribui com o giro, tá?, que é uma das coisas que entram, ele zera a componente da força que entra, o torque, tá?, essa componentezinha aqui é a F_1 ... Essa que importa pro movimento de rotação, porque a componente da F_4 na direção x ela é inócua tanto quanto a F_1 , tá? Ela tende a puxar o objeto pra longe do eixo, mas como o objeto, o objeto nós estamos considerando como um objeto rígido, tá?, o eixo tá fixo aí, você **arrumou uma maneira de fixar aquele eixo no espaço**, então se você aplicar uma força na direção x não acontece nada. Então essa componente da F_4 que tá na direção y é a componente importante e a componente que tá na direção x ela é desperdiçada com relação a colocar o objeto em rotação, tá?, **você joga fora essa parte**. Então quanto mais a F_4 for na direção de F_2 , tá?, mais essa força vai conseguir produzir aceleração angular no objeto, tá?, quanto mais apontando na direção do eixo ela for, menos ela vai conseguir colocar o objeto em giro, tá?

Aluno A₁: Mais ela vai tocar no objeto a F_1 .

Prof.: Não, não, não confunde. A gente aplica uma dessas forças de cada vez, nós estamos aplicando, nós não estamos aplicando todas as forças juntas. Nós estamos aplicando uma de cada vez. Uma hora eu aplico a F_1 , uma hora eu aplico a F_2 , F_3 , F_4 , tá? Se no caso tivesse a F_1 aplicada, seria o que você tá falando, tá?, quanto mais eu for jogando, quanto mais eu for jogando F_4 na direção x , tá?, mais aquele ponto vai ter... seria F_1 pra um lado, F_4 pro outro aí não teria força atuando, se fosse esse caso aqui, nem no eixo não precisaria aplicar essa F_1 , entendeu? A F_4 vai fazendo isso na direção que você falou, no sentido que você falou, tá?, essa força que o eixo tá apontando aqui, nem precisa mais ser aplicada, o objeto tá lá parado. O objeto tá parado. Tá bom?... Essa grandeza, então, chamada torque... a grandeza chamada torque..., pois não...

Aluno A₄: Essa força que faz com que tem que ser perpendicular ao eixo de rotação e tem que ser perpendicular ao eixo do raio que liga...

Prof.: Isso! Isso! Isso! Justamente pra ela... Não é que ela tem que ser, se ela for é que é o jeito que ela melhor aproveitava pra produzir a rotação. É o jeito que ela causa o maior torque no sistema, tá? Ela pode ser aplicada em princípio em qualquer direção, só que ela é mais efetiva quando ela tá, primeiro esse eixo tá perpendicular a esse e segundo esse cara aqui, tá perpendicular a esse... O torque desempenha pro movimento de rotação, tá?, um papel parecido que a força representa, uma força representa num movimento de... num movimento linear. Então você tem um paralelo, também, você vai ver que no seu livro aí tem um subcapítulo que chama, tem um subcapítulo que chama Segunda Lei de Newton num movimento angular, tá? Segunda Lei de Newton é o item 11.9... Segunda Lei de Newton que

você conhece, quando você vai... pra movimento circular, tá?, movimento de rotação, você tem que o torque é o produto do momento de inércia pela aceleração angular... Então o torque, **o torque faz o papel muito parecido com a força...**

Aluno A₆: Professor, professor.

Prof.: Oi.

Aluno A₆: Torque é expresso em Newtons também?

Prof.: O torque... ele é o produto de uma força por uma distância, então ele é Newton vezes metro. Newton...

Aluno A₃: Professor, tem como demonstrar essa fórmula do torque? Analiticamente?

Prof.: Analiticamente?... Vamos tentar, ó.... mais do que dessa fórmula da lei de Newton, tá?, o torque também é força vezes distância, tá? O torque, quando eu considero esse torque vetorialmente, tá?, ($\vec{\tau}$) esse aqui é o módulo, esse aqui é o módulo dele, tá? Esse torque você pode escrever como o produto da posição onde a força é aplicada vezes o momento $m\vec{v}$, tá? Isso é momento angular, desculpa, r vetor F ... O torque é r vetorial força, tá... Se você quiser saber, por exemplo, **o módulo desse cara**, tá, quando você tem um produto vetorial, quando você tem um produto vetorial dessas duas coisas, tá?, o módulo dessas coisas se você tem um vetor... se você lembra do produto vetorial, tá?, se você tem um vetor A , se você tem um vetor A e um vetor B qualquer, o produto, o produto A vetorial B , o módulo dessa coisa aqui, o módulo de A vezes o módulo de B vezes o seno do ângulo θ .

Aluno: Co-seno.

Prof.: Não. Seno do ângulo θ , co-seno é produto escalar, tá? Então isso aqui é módulo de A vezes módulo de B vezes o seno do ângulo θ **que esses caras aí formam**. Quando é r vezes F , tá, você em módulo de r vezes módulo de F vezes o seno do ângulo θ entre os dois, tá? Aquele desenho que a gente tinha aqui, quando a gente tinha aquela F_2 que ângulo que era esse θ aí? Se você tem... deixa eu desenhar de novo aqui pequenininho... Você tem o objeto aqui, você tem o eixo, o... vetor r , **o vetor r era esse cara que tá aqui, tá?** Se eu tô olhando essa coisa de lado, **a força é uma coisa que tá entrando aqui no quadro**, tá?, perpendicular ao quadro. Então... a hora que eu olho de cima, se eu olhar isso de cima... tá certo? A força seria a nossa F_2 tá aqui, o r tá aqui se eu faço um prolongamento desse cara aqui esse é o meu ângulo θ , tá? 90° aqui tá?

Aluno A₄: Professor, e no caso da força que tá paralela ao eixo?

Prof.: Força que tá paralela ao eixo, o ângulo vale quanto?

Alunos: Zero... vale zero.

Aluno A₄: O ângulo do F com o raio...

Prof.: O r tá aqui, o F quando tá a 90° tá aqui, quando ele tá assim quanto vale o ângulo?

Aluno A₄: Não, o eixo tá aqui, né, professor?...

Prof.: Essa força que tá pra cima?

Aluno A₄: É.

Prof.: Mas ele não... quando você põe ele pra cima é aquele caso que nós falamos da... da porta, né?, ele não gira, o eixo de giro dele não é esse.

Aluno A₄: Como que eu vou saber?...

Prof.: Eu acho que você vai saber pensando na física, né?, estudando. Se você usar só a fórmula você entra em confusão mesmo. Mas se você pensar na física como... aquele eixo, o objeto não gira em torno daquele eixo, então alguma outra coisa vai travar o seno naquela direção, então, veja bem, olha só o que é a saída dessa, dessa enrascada aí que você tá pensando, tá?! Quando você exerce força nessa direção da F_2 , aqui não tem nada mais que segura, não tem nada mais que segura o objeto de girar nessa direção, tá?, porque o eixo de giro é feito, tá?, pra não oferecer resistência quando o sujeito tenta girar nessa direção. Então a força resultante, a força resultante é só a F_2 ... Quando você tem, quando você tem a força aqui pra cima, tá, o próprio eixo vai exercer uma outra força no objeto, tá? que não

544 permite ele fazer o movimento de giro, então na verdade a força resultante não é mais a F_2 ,
 545 ela é a soma entre a F_2 e a outra que vai ser exercida pelo eixo que é nula, então na verdade
 546 aqui, **nesse caso aqui quem desaparece é esse cara (aponta para o F da fórmula:**
 547 $|\vec{\tau}| = r.F.\sin\theta$), tá?. Então as fórmulas na física sempre têm que ser pensadas com cuidado
 548 no critério de determinação.

549 **Aluno A₇:** Professor, ele tem reação no eixo y?

550 **Prof.:** Tem. Tem. Da mesma maneira que você exerce uma força externa aqui, o eixo vai
 551 exercer um par de forças aqui, tá?, que não deixa o corpo girar nessa direção.

552 **Aluno A₇:** Ele anula, né?

553 **Prof.:** Anula, isso, a hora que você vai aplicar essa... aqui se lembra que faltou um detalhe,
 554 né?, quer dizer, pra simplificar eu omiti esse detalhe. Isso aqui é força resultante e isso
 555 aqui?, também é torque resultante, tá? Essa força que você tá falando que tá pra cima ela vai
 556 aplicar um torque, só que no corpo vai existir outras forças que vão aplicar o torque
 557 contrário tal que não vai sair do lugar, ou seja, o torque resultante sobre o corpo não é só
 558 esse da F_2 , nesse caso que você falou, tá?... Então digamos o módulo do... módulo do torque
 559 é uma coisa como esse, é r vezes a F que você tá aplicando. Agora... vamos supor por
 560 simplicidade, pra gente sumir com esse seno de θ , tá pra chegar na expressão que você quer,
 561 vamos supor que essa força que tá aqui é bem na direção... perpendicular ao eixo que você
 562 tá querendo provocar, tá? Então em princípio você não precisa desse seno aí, é só você
 563 lembrar... vou escrever aqui, ó, força perpendicular, vou escrever aqui força perpendicular e
 564 vou sumir com o seno... tá certo? Agora essa força que tá atuando no seu... no seu objeto, tá,
 565 ela é uma coisa no estilo... se você usar a segunda lei de Newton Linear que você conhece aí,
 566 ela é uma coisa no estilo massa vezes aceleração... que você provoca, né?, isso aqui só uma
 567 aceleração linear eu não sei se nós vamos sair lá, eu não sei se vamos sair lá naquela
 568 expressão... **Eu não sei se nós vamos sair naquela expressão...** Provavelmente não...
 569 **Esquece isso aqui... Eu acho que a maneira da gente sair naquilo lá é a mesma maneira**
 570 **como a gente chega nisso aqui, tá?,** vamos fazer um paralelo. Se você tem uma... uma
 571 posição x , se você tem uma determinada posição x , a velocidade do objeto que você tem é
 572 dada por uma coisa como $\frac{dx}{dt}$, tá? Isso aqui é a velocidade que você tem no seu sistema, se

573 você derivar mais uma vez, você vai ter que $\frac{dx^2}{dt^2}$ é a aceleração a que você tem no sistema,

574 tá?... Se você tem o ângulo θ , $\frac{d\theta}{dt}$ é sua velocidade angular.

575 **Aluno A₄:** Ô, professor.

576 **Prof.:** Fala.

577 **Aluno A₄:** Se a gente somar aquele F , massa vezes aceleração.

578 **Prof.:** Não é legal, porque na verdade se tá provocando uma aceleração linear nele.

579 **Aluno A₄:** Mas se eu mudar ele pra rm... aí dá.

580 **Prof.:** É, mas eu acho que é só numerologia isso daí, porque a hora que você joga aquele m
 581 vezes a ali **você tá deslocando o sujeito com relação ao eixo de rotação dele** com o qual nós
 582 estamos fazendo... Eu não sei se é um bom caminho, eu posso pensar um pouco, mas eu acho
 583 que não é não. Eu acho que vocês vão chegar ao mesmo resultado por um caminho

584 totalmente errado. Vou pensar depois, tá? Eu acho que, tá, se você faz um $\frac{d\theta^2}{dt^2}$, você tem

585 que isso é uma aceleração angular... O torque... é na verdade... o torque é um dL ... da mesma
 586 maneira que a força... é $\frac{dp}{dt}$, o torque também é um $\frac{dL}{dt}$. E esse L ... é uma coisa como I vezes

- 587 r. Então a hora que você faz essa coisa que tá aqui... você tem um $\frac{d}{dt}$ (I vezes r). É a maneira
 588 correta de você chegar nessa expressão aqui, ó, é partir da definição de momento angular,
 589 tá... você parte dessa expressão, você lembra que a aceleração angular é a segunda derivada
 590 de θ com relação a tempo, tá?, a hora que você faz essa derivada aqui, então, o seu torque
 591 vai ficar... como o momento de inércia do objeto não depende do tempo, tá?, é uma constante
 592 com relação ao tempo, ela vai pra fora, então você acaba derivando $\frac{d\omega}{dt}$. Isso aqui é o α .
 593 Então essa é a maneira de você chegar, a maneira formal de você chegar na segunda lei de
 594 Newton aí pra movimento angular, movimento circular, tá legal?... A expressãozinha é
 595 simples, né?, ela tem um significado, assim como você consegue resolver um monte de
 596 problemas... tá, referente a aceleração angular, desculpa, a aceleração linear no movimento
 597 num objeto usando a segunda lei de Newton linear, a segunda lei de Newton angular permite
 598 que você determine a dinâmica do movimento de rotação, tá?, então quando você coloca o
 599 objeto em rotação ou quando você diminui do determinado objeto. Então vem à nossa mente
 600 aí aquelas perguntas iniciais, né, tá certo? Da Terra girando em torno do próprio eixo, por
 601 exemplo, tá? ou de um pião...
 602 **Aluno A₃:** A Terra tá muito distante...
 603 **Prof.:** Não é... porque o Sol tá muito distante não?, pensa bem.
 604 **Aluno A₃:** Que a luz age...
 605 **Prof.:** Ahn?
 606 **Aluno A₃:**...
 607 **Prof.:** Isso! Ele é constante porque não tem nada segurando, tá? Se a Terra tivesse girando
 608 dentro de um... fluido viscoso aí, por exemplo, tá. Vamos supor **que a Terra tivesse girando**
 609 **aí dentro de um banho de mel**, logo, logo ela pararia... o movimento dela. Então ela largava
 610 um espaço vazio tá, muito pouca fricção no movimento dela... continua girando.
 611 **Aluno A₁₅:**...
 612 **Prof.:** Não, não tem torque nenhum... não tem torque, a princípio não tem torque nenhum
 613 agindo na... ela tem movimento circular.
 614 **Aluno A₁₅:** ... deformação nos pólos.
 615 **Prof.:** Esse achatamento? Talvez por causa da própria inércia de rotação... tá? **Você tem que**
 616 **segurar a massa pra não ir pra fora, tá certo?** A tendência da... a tendência da massa é se
 617 afastar do centro, tá?, a tendência da massa é se afastar do centro... numa direção
 618 perpendicular ao eixo de rotação, você tem que ter alguma coisa que segura pra essa massa
 619 não sair fora, tá? Então quanto maior for a velocidade, maior tendência desse negócio se
 620 achatar e sair fazendo o tipo de uma pinça ao longo do eixo de rotação... Quanto maior for a
 621 velocidade, quanto mais, quanto mais flexível for a estrutura dela, mais ela vai ficando
 622 achatada... Já viram o cara pegar uma massa e... (faz o movimento de rodar uma pizza) que
 623 prática... Vamos fazer um... vamos fazer um exercicinho relativo a torque?
 624 **Alunos:** (Silêncio.)
 625 **Prof.:** Não sei se você tá com o livro aí, se você tiver é o exercício 46E.
 626 **Aluno A₁:** Porque a gente não pode aplicar massa vezes aceleração no...
 627 **Prof.:** **Porque a hora que você pensa nessa massa vezes aceleração aqui, tá?, essa é uma**
 628 **aceleração linear que tá tirando o cara do lugar e essa força que nós estamos fazendo aqui**
 629 **é uma força pra girar o cara em torno do eixo sem mexer no...** Mas eu vou pensar melhor,
 630 ver se dá pra pensar em termos de aceleração pelo menos no momento inicial desse ângulo
 631 aí, talvez dê... Pra você não fazer erro, fazer de maneira correta parte do momento angular,
 632 tá? Se você quer deduzir aquilo a partir de alguma coisa, parte do... Não precisa tá, foi um
 633 colega de vocês que pediu. Você não fica toda hora deduzindo quem é a segunda lei de
 634 Newton, é assim, tá? Você usa e pronto. Isso daqui também eu não vou ficar pedindo pra que

- 635 *... você deduza... mas eu quero que você saiba o que ela significa, tá? Dedução foi mais a*
636 *pedido dos colegas... No livro pede pra você calcular qual seria o torque... **que você pode***
637 ***aplicar no pedal da bicicleta imaginando sempre** que você tá fazendo a mesma força*
638 *embaixo só que o pedal ainda tá girando... Você tá aplicando a mesma força aqui de 111 N*
639 *nessa posição ou nessa posição. Tô perguntando o torque nessas três posições?*
640 **Prof.:** Qual é o torque dessa força, tá? Posição um,...
- 641 **Aluno A₁:** Professor, mas é o pedal da bicicleta aí.
- 642 **Prof.:** Posição um... Posição dois, posição três...
- 643 **Aluno A₁:** Professor, mas é a roda da frente aí... Eu pensei que a outra era uma roda...
- 644 **Prof.:** Você já viu o sujeito andar com o pé no pedal segurando a bicicleta, a bicicleta
- 645 *andando?... Você viu o sujeito ficar em cima do pedal aí, de pé assim, ele tá fazendo uma*
646 *força peso no pedal aqui ó. Esse exercício aqui, o sujeito tá pedalando a bicicleta, a bicicleta*
647 *tá na vertical direitinho e essa força que tá exercendo aqui é a perna do sujeito só que ele tá*
648 *tentando aplicar exatamente a mesma força durante o período inteiro, ele tá fazendo esforço*
649 *consciente pra aplicar a mesma força aqui, aqui e aqui... Em geral não é assim né, tá? A*
650 *hora que você sente...*
- 651 **Aluno A₃:** Se o sujeito tiver empinando pode ter torque? Ah! Se o sujeito tiver numa roda só
- 652 *vai ter torque?*
- 653 **Prof.:** Aí empinar... Ele tem que ter um torque maior... Ele tem que aplicar o torque pra...
- 654 *você vê que o cara que faz isso ele trava a roda, pra aplicar o torque e subir. Se o cara for*
655 *esperto ele consegue fazer isso só com a pressão do pedal... Se o cara for bom mesmo ele*
656 *consegue fazer isso igual com a pressão do pedal...*
- 657 **Aluno A₃:** Só com a pressão, professor?
- 658 **Prof.:** Quanto melhor aquela...
- 659 *(Os alunos comentam e dão risadas)*
- 660 **Prof.:** Amanhã tem mais moçada.

(O professor faz o desenho de uma roda de carro, de uma bola descendo uma rampa e de um carro de fórmula 1)

Prof.: Vamos voltar, pensaram um pouco naquele problema de ontem? Pra onde que era... Pra onde que tava a força de atrito? Pra onde tava a força de atrito pra cada caso?... Quando você tinha uma, um objeto circular rolando sem deslizar, movimento de rolamento sem deslizar em cima de uma superfície. Pensaram um pouquinho? Pensaram nesse problema?... Se eu tenho uma roda aí girando, se eu tenho uma roda girando numa superfície horizontal, pra que lado será que tá a força de atrito, hein? Será que é pra cá? Ou é pra cá? (Desenho da roda)... O que será que acontece? Vamos supor, por exemplo, que essa roda tá girando em velocidade constante. Pra que lado será?

Aluno A₂: O quê? A força de atrito?

Prof.: Podemos pensar numa situação quando a velocidade, quando a velocidade é constante, podemos pensar quando ela tá freando, quando ela tá acelerando.

Aluno A₁₃: Acelerar é pra frente, freando é pra trás.

Aluno A₁₀: Se a velocidade é constante não tem atrito.

Prof.: Se a velocidade é constante não tem atrito?

Aluno: A força resultante que é nula pode ter atrito, mas pode ter...

Aluno A₂: Eu acho que tem atrito pra direita.

Prof.: Se você, se é o caso que você tem atrito, você pode tá puxando com uma força que contrabalança o atrito, né? Aqui a velocidade é constante. Depende se você tá puxando ou não, você tá puxando ou não aquela força. Numa situação como essa (desenho da rampa) onde a bola tava parada e começa... parou aqui e começa aqui a rolar pra baixo, pra onde será que tá a força de atrito?

Aluno A₇: Eu acho que é pra cima, professor.

Aluno A₈: Pra cima.

Aluno A₂: Onde tá descendo.

Prof.: Confundi vocês ontem porque quando eu fui desenhar aquela força pra cima lá, em vez de eu desenhar daquele jeito eu coloquei a força assim, uma parte da confusão foi por causa disso? Ou não? Vocês entenderam que essa que eu desenhei ontem é assim né?... Tá bom? Só perguntei por via das dúvidas. Num sistema como esse onde o sujeito tá com o pé no acelerador, tá tentando aumentar a velocidade dele aí, daquele carro, vamos supor que na fórmula 1 você sabe que a tração é traseira, né, a roda de trás que é a roda de trás que faz a força, né? A roda da frente serve só pra direcionar, tá? O motor do carro tá conectado por esse pneu traseiro, é ele que empurra o carro pra frente. Hoje em dia a maior parte dos carros normais aí de passeio tá sem a dianteira né? É menos perigoso, tá?, você desloca aquela massa que tá aqui atrás, você desloca pra frente, tá certo? Então aquela massa que tá atrás, aquele momento de inércia, né, então tudo o que tá na frente dela corre perigo, né? Tá certo? E além de tudo é muito fácil também, como o centro de massa tá deslocado pela ação do motor é muito fácil você... girar a roda dele, fazer... então a estabilidade do carro quando tem peso é a massa.

Aluno A₁₃: Professor, por que esses que são mais potentes o motor fica atrás?

Prof.: Tem que fazer tudo pra equilibrar, né?... O custo de um carro desse aí... você compra 500 dos normais... Só que esse também é tão pequeno que praticamente o cara vai sentado em cima do motor... E nesse caso aqui quando o sujeito tá acelerando pra que lado será que...? (desenho do carro de fórmula 1)

Aluno A₆: Acelerando é pra frente, né?

Aluno A₂: Pra esse lado.

Prof.: Que diferença que tem uma situação como essa aqui (desenho do carro de fórmula 1) ou como essa (desenho da roda)? Ou, qual é a diferença, por exemplo? Será que tem alguma

diferença pra o que aconteceu com essa roda e o que acontece com essa roda? Por exemplo, você falou que essa aqui é pra frente, você diria que essa aqui é pra frente também?

Aluno: ...

Prof.: Aparentemente as duas rodas fazem os movimentos iguaizinhas, né?, as forças que estão, as forças que estão atuando lá são diferentes, né?, porque uma tá tentando empurrar o carro, a outra não mais o movimento cinético, o movimento de, o de cada roda se tiver o carro com duas rodas do mesmo tamanho aí, né? Será que, será que nesse caso aqui do carro, pode ser um fórmula 1, pode ser um carro qualquer aí, tá?, será que nesse caso aí, a força de atrito que tem nessa roda que tá tracionada é diferente daquela roda que tá simplesmente guiando o movimento? O que vocês acham?

Aluno A₈: O atrito deles é normal, né, não tem nada a ver com...

Prof.: Mais daria pra você pensar, por exemplo, numa bicicleta, o que você faz, onde a roda de trás que você puxa ela tá girando livremente no eixo e a roda da frente tá travada, por exemplo? Se você frear o, dinamicamente se você frear a roda da frente da bicicleta, a hora que você tentar andar com ela é a mesma coisa que se você tiver livre..., né? Pensa, pensa isso do nível não normal... no caso da roda... Se fosse assim eu poderia pensar que eu poderia substituir a roda, por exemplo, por um... por uma roda atrás e ter um como aquele **vocês já viram aquele, aquele “snowmobile”?** Aquele que o sujeito anda na neve? Ele tem uma pasinha atrás que empurra a neve pra trás, mas ele montou uma espécie de uma correia aí atrás, mas na parte da frente ele tem, parece um ski assim... **Nesse cara aqui eu posso fazer isso** porque o atrito do ski com a neve é bastante baixo, né? Então eu posso fazer esse sujeito aí, onde, por exemplo, tem dois pares de ski, tem uma... uma espécie de uma, de uma rodinha dentada aí ou na roda de trás pode ser aquela que traciona onde a parte da frente que desliza, a parte da frente que desliza é tipo de um ski. **Será que daria certo fazer isso com uma bicicleta, por exemplo?** Colocar a roda de trás pra tracionar e a parte da frente alguma coisa pra deslizar em vez de colocar uma roda? Qual que é a vantagem de eu colocar uma roda no meu sistema? **Você dá uma escapada, você escapa um pouco da força de atrito né. Você não enfrenta... Quando você tem uma roda você não enfrenta o atrito direto né?** Tá? A roda gira não derrapa em cima da superfície de contato. **Então é uma maneira de você, é uma maneira de você burlar o atrito** né? Por isso que a roda, por isso que a roda é uma coisa tão útil né para o transporte, por exemplo, é a maneira de você minimizar, não elimina completamente, mas minimiza bastante o atrito. É diferente de você ir arrastando... Se você tem uma roda freada aí, por exemplo, travada, você tem, você se confronta totalmente com o atrito.

Aluno A₅: Professor.

Prof.: Oi.

Aluno A₅: Me fala uma coisa, é a mesma coisa aquele sulco no pneu?

Prof.: O sulco é, não sei grandes detalhes, mas me parece que o sulco é mais por conta de quando você tem chuva, por exemplo, **pra você não fazer uma coisa lisa em cima da outra você pode ter problema com a água, quer dizer uma das coisas quando o seu pneu tá careca, por exemplo,... qualquer...**

Aluno A₅: Ele tá aumentando o atrito ou não?

Prof.: Não. Não é que ele aumenta, não é que ele aumenta o atrito, ele não permite que a água fique naquele pneu e a superfície que você tem criando aí uma película com atrito mais baixo, né? Digamos, ele não deixa mudar tanto o atrito, a hora que você tem um sulco daquele a parte da borracha encosta no chão e **a água se acomoda naquela fresta que tem. Então ele tira é como se ele secasse o pneu... da superfície. A hora que você tem a superfície total lisa essa água vem pra ele...**

Aluno A₅: Entendi.

Prof.: Então... o que acontece aqui? Será que essa força do pneu que tá tracionando, força de atrito parece com essa força que tá sendo, que o pneu tá sendo empurrado, na verdade, pra frente? Será que é a mesma? Quer dizer, se eu coloquei o número um aqui era pra colocar na verdade o número dois, dá diferença aí (desenho do carro de fórmula 1). Esse, esse problema aqui é interessante pra gente entender o que acontece com o resto (refere-se aos outros exercícios)... O que você acha? As duas (força de atrito), você acha que as duas estão pro mesmo lado? Ou uma pode tá pra um lado e a outra tá pro outro? Se você escolheu, por exemplo, pra frente nessa f_1 ... você escolhe pra frente também na f_2 ou não?

Aluno A₂₀: Não, depende, né?

Aluno A₁₄: Eu acho, eu acho que depende da força, ... que é igual.

Prof.: Não, não, nós estamos supondo, nós estamos supondo que o rolamento é suave tá, o sujeito pode dar uma acelerada tão forte como na largada. Vocês já viram uma largada de fórmula 1, por exemplo? O sujeito, ele dá uma freada tão forte que... se ele fizer isso ele perde tempo na largada, né? **O pneu fica patinando, o pneu fica patinando no lugar só e não dá tração pra ele ir pra frente, né? Então ele tem que acelerar um tanto qual permita pra ele a máxima aceleração, porém sem patinar, tá.**

Aluno A₃: Eu acho que se ele tiver uma pequena tração o atrito vai ser pra frente e a dianteira vai continuar atrás.

Prof.: Você acha que essa aqui é essa e essa é outra? **Ninguém até agora quis defender essa força de atrito aqui na, na traseira, que patina?** Aliás na traseira que traciona? Então vamos sumir com essa (força de atrito no pneu traseiro) do carro de fórmula 1. Todo mundo concorda que eu suma? Vamos eliminando aí as coisas que a gente não...

(Alunos conversando...)

Prof.: Acha, e a roda dessas duas aqui da direção, **nós temos uma pessoa que defende essa proposta. Alguém defende contrário** ou não?

Aluno A₁₄: Eu acho que é a mesma coisa...

Aluno A₉: A mesma não é.

(Os alunos ficam discutindo a verdadeira posição da força de atrito na roda)

Prof.: Vamos pensar junto. Vamos pensar junto um pouquinho aqui (desenho da roda)... Vamos pensar junto quando nós temos uma roda... Olha só, vamos partir da situação primeiro que nós temos uma velocidade constante, tá? Vamos partir dessa situação primeiro, nós temos uma velocidade constante. A roda rola sem deslizar com uma velocidade constante, tá? Uma das coisas importantes que tem aqui, essa roda tá rolando tá, vamos supor em princípio que você não tem uma força aqui, tá, você não tem, pelo menos você não tem um torque de tração nesse eixo, não tá exercendo nenhum torque, tá?, essa roda ela tá rolando na superfície por inércia, como se fosse uma bola de boliche rolando numa superfície que você tem tá?, uma coisa que acontece aqui é o seguinte, quando uma bola tá rolando e a inércia dela você pode pensar como se fosse uma inércia do centro de massa junto com uma inércia de rotação, tá certo? Embora necessite do atrito pelo menos um pouquinho de atrito aqui pra que a bola não derrape na superfície, tá?, em geral uma parte é necessário um pouquinho de atrito para que essa bola não derrape. Mais esse atrito não é um atrito daquele tipo de um atrito travado, quando você, a roda está **freada e você precisa vencer aquele atrito cinético que você tem na superfície, tá?** Isso aqui, isso, o atrito que você tem aqui nessa superfície, tá?, é um tipo de atrito estático onde na verdade... a matéria da... a matéria da bola ela tá se acomodando com a matéria que você tem na superfície, tá? Então o atrito, o atrito que você tem aqui, nesse ponto que você tem aqui é só o suficiente para que não haja o escorregamento dessa bola em cima da superfície, tá legal? Então o atrito, quando você olha com mais detalhes, quando você olha mais detalhes, tá certo? Essa superfície que você tem aqui, que é a superfície do seu chão, tá?, ela vai exercer uma força de atrito em relação a esse ponto que tá aqui, esse ponto da roda que tá aqui, mas esse ponto

da roda, uma roda que tá rolando espontaneamente sem deslizar, tá?, eu não tenho a tendência de puxar a matéria aqui do solo nem pra um lado, nem pra outro, é uma coisa como se fosse um atrito estático, tá?, observa, por exemplo, eu tô fazendo a força, tô exercendo uma pequena força nessa caixinha (caixinha do apagador) que tá aqui, essa caixinha não tá em movimento, tá?, ela é importante, porque se eu largar a caixa em cima da mesa, por exemplo, vocês já viram aquele trilho de ar do laboratório? Se eu largar a caixa com uma pequena componente da velocidade numa determinada direção, que foi naquele trilho do laboratório sem atrito, essa caixinha que eu larguei com uma pequena componente não vai parar no lugar, ela vai se mexer, tá? A hora que eu larguei a superfície sem atrito ela vai ficar paradinha aqui, esse atrito que tá fazendo entre a caixa e a superfície não tá realizando nenhum trabalho, mesmo que por ventura eu aplique um pouquinho de força do outro lado, como a caixa tá paradinha não tá realizando trabalho, esse cara aqui tá é o mesmo tipo de situação que acontece quando eu tenho um movimento como esse, tá?, você tem um atrito estático. Na verdade, entre esse ponto e esse, tá?, você não tem aquele atrito dinâmico tentando escorregar uma coisa em cima da outra, então é um atrito de uma natureza diferente daquele, tá?, μ (mi) vezes a normal que eu tenho lá, tá?, tem uma coisa tipo um coeficiente de atrito estático aqui que vai depender de como esse rolamento no sistema, tá? Agora o que acontece? Então eu tenho, veja bem, eu tenho um ponto que tá aqui e um ponto que tá aqui, então eu tenho atrito entre as superfícies, mas esse ponto aqui em princípio ele não tá tentando escorregar nessa direção, esse ponto aqui tá fazendo um movimento circular da mesma maneira que a roda, tá? Agora, se por algum motivo, tá?, se por algum motivo eu amarrar um cordão aqui nesse eixo e tiver puxando essa roda tentando fazer com que a velocidade da roda aumente em relação àquele contato, tá? Quando eu começar a puxar essa coisa com uma velocidade, tentar aumentar essa velocidade de uma maneira mais.... que ela fique maior do que a velocidade do simples, do rolamento da roda em cima da superfície, eu vou começar ter a tendência, tá?, de **fazer esse ponto aqui arrastar mais rapidamente pra lá do que ele gostaria de ficar na velocidade natural dele quando ele tá fazendo o movimento com a velocidade constante. Ele tá tendo a tendência de acelerar daquele lado pelo fato dele tá puxando o sujeito aqui, ele tem uma pequena tendência de arraste com relação a esse ponto, ele vai ter tendência de se arrastar pra frente pela força que eu tô puxando, conseqüentemente a força de atrito que eu vou ter aqui vai estar se opondo a essa tentativa de arrastar com a velocidade mais rápida pra frente, ele vai ter, quando eu faço isso a aceleração que eu tenho vai ter que aumentar vai ter que vencer a inércia de risco pra colocar, pra colocar com uma velocidade maior, ele precisa da ajuda do atrito pra fazer isso.** Tá. Então o que vai acontecer aqui, é que se tiver acelerando, se eu tiver puxando esse sujeito pra acelerar pra frente puxando pelo eixo, veja bem, puxando pelo eixo, tá, eu vou ter uma força de atrito, tá certo?, tentando segurar esse cara na pista tá. Essa é a primeira situação. Segunda situação, vamos supor que em vez de você tá puxando pelo eixo pela uma simples rotação do eixo, eu tô fazendo uma coisa diferente agora, vamos supor que essa roda, é do tipo a roda de bicicleta ou de um carro tá que tem uma engrenagem aqui, e eu tô fazendo, observa que uma hora eu tava puxando pelo eixo, agora, tá, eu tô tentando fazer essa roda, em vez de eu puxar o centro de massa dela eu tô fazendo a roda girar mais rápido e o fato de eu girar a roda mais rápido isso vai fazer com que eu empurre o centro de massa, é diferente... uma hora é a roda que tá empurrando e outra hora ela tá sendo puxada, tá? Quando eu tenho a segunda situação tá, onde eu tenho uma corrente aqui, por exemplo, tô fazendo um torque nesse eixo, eu tô tentando jogar a roda, agora na verdade eu to fazendo isso, eu to tentando, tá, não puxar esse ponto pelo centro da roda, agora eu to tentando jogar esse ponto aqui pra trás com uma velocidade maior, observa quando eu tava tracionando o ponto tava parado e eu tava tentando puxá-lo pra frente, agora a hora que eu tô tracionando o sistema eu tô tentando girar a roda, tá certo? Eu tô tentando girar a roda e a hora que eu

tô tentando girar a roda, na verdade é o contrário, parece que eu tô tentando empurrar o ponto pra trás com uma velocidade maior... Pegaram? Então o que acontece nesse segundo caso? Nesse segundo caso, tá, nesse segundo caso, sacou ou não?

Aluno A₅: Eu não consegui entender.

Prof.: É, não é fácil de entender.

Aluno A₃: A primeira parte...

Prof.: Deixa ver se eu consigo... (fica parado por um tempo pensando) Deixa ver se eu consigo arrumar um exemplo... Vamos supor, sabe aquele brinquedo de criança, sabe aquele brinquedo de criança que você tem? Aquele gira-gira que você tem?

Aluno A₁₄: No parquinho.

Prof.: Você tem no parquinho de criança? Vamos supor... vamos supor, o que a gente poderia pensar pra fazer uma analogia com aquele sistema ali, tá?... Vamos supor que você tá tentando empurrar aquele gira-gira tá você tem um grupo de crianças lá você tem o seu sobrinho lá no gira-gira, você tá tentando empurrar aquilo, pra fazer com que ele gire com uma velocidade maior, tá, você tá tentando fazer com que o... o gira-gira aumente, olhando de cima tá você tá aqui empurrando o sujeito, ele tem uma velocidade... Na verdade, vamos supor que você... o gira-gira fosse... a pessoa que tá no gira-gira, você ficaria parado no lugar, tá e uma das pessoas que tá no gira-gira, tentasse fazer, uma das pessoas que tá no gira-gira tentasse fazer esse aumento da velocidade pra cá, esse aumento da velocidade pra cá dá uma aceleração angular α saindo do quadro, tá? Quando você tava fazendo, você tava tentando fazer o sistema empurrar, você tava aplicando um impulso, a força que você tava aplicando no sistema era pra lá, tá?... Se você tiver parado na verdade, vamos supor que você fica parado agora e a pessoa que tá no gira-gira vai tentar fazer a mesma coisa, ela vai tentar, ela, a pessoa que tá aqui no gira-gira, vai tentar empurrar você pra cá... tá? A pessoa que tá no gira-gira vai tentar empurrar você.

Aluno A₃: Pra trás, pra trás.

Prof.: Então se você tá parado e você, por exemplo, como o chão, tá pra nós um sistema desse tá tracionando e a pessoa que tá parada lá perto do gira-gira tá fazendo o papel do chão, tá? Então o que vai acontecer? A pessoa que tá parada fazendo o papel do chão e a outra que tá no gira-gira, a que tá no gira-gira vai tentar fazer uma força na pessoa que tá parada pra cá, e a pessoa que tá parada vai tentar fazer uma força no gira-gira pra lá.

Aluno A₁: Que é do chão, no caso, professor.

Prof.: Que é a força do chão em cima da roda, que é a força de atrito.

Aluno A₅: A pessoa que tá parada tá empurrando o gira-gira?

Prof.: Não. A pessoa que tá parada tá quietona lá e a pessoa que tá no gira-gira usa ela pra dar o impulso.

Aluno A₅: Ah, entendi, professor.

Prof.: Tá, é isso que faz uma roda aí tá tracionando, tá? Então... a hora que ela faz isso daí, a força que ela exerce na, a força que a roda ou a pessoa do gira-gira exerce na pessoa que tá parada é pra cá, mas a força que a pessoa que tá parada exerce no gira-gira é pra lá. Então a hora que a roda tá tracionando, a força de atrito faz um papel parecido com o da pessoa que tá parada no gira-gira que tá rodando. Melhorou? Então a roda que tá tracionando faz uma coisa como essa... a roda que tá tracionando faz uma coisa como essa, tá?, e a força de atrito na roda aí que tá tracionando, por analogia com o nosso negócio do gira-gira, então, eu sou uma pessoa que tá parada, eu mesmo tando parado aqui pelo fato do gira-gira tá querendo aumentar a velocidade dele, tá tracionando, tá certo? Eu acabo fazendo uma força, eu acabo fazendo uma força pra lá no gira-gira pra aumentar tanto essa como essa, tá legal?... Tá. Então essa é a força da pessoa no gira-gira que tá querendo aumentar a velocidade com energia própria, o sujeito que tá lá dentro no gira-gira tá

- 248 empurrando pra fora, tá te empurrando pra fora. Então essa aqui desempenha o mesmo
 249 papel análogo, papel análogo que é aquela que tá lá.
- 250 **Aluno A₆**: O sentido do gira-gira tá, na verdade, contrário.
- 251 **Prof.**: O gira-gira tá girando pra lá, tá aumentando a velocidade dele pra lá, tá, cara? Pra
 252 trás, o momento circular aí no caso, ele é anti-horário, olhando de cima tá no anti-horário.
- 253 **Aluno A₁**: Ele aplica com uma força pra frente, pra trás, né?, a pessoa pra ganhar o impulso
 254 faz uma força de atrito pra frente.
- 255 **Prof.**: A pessoa que tá parada, a pessoa que tá parada vai acabar exercendo uma força prá
 256 lá.
- 257 **Aluno A₁₈**: Professor, mas é o mesmo caso daquela roda, porque na roda o sentido tá
 258 diferente não tá?
- 259 **Prof.**: Essa... essa roda que tá aqui tá fazendo isso.
- 260 **Aluno A₁₈**: Mas a força de atrito é a mesma?
- 261 **Prof.**: Essa roda tá fazendo isso... só que ela tá querendo aumentar...
- 262 **Aluno A₃**: Tá certo professor? A roda tá fazendo uma força pra trás... e pra frente?
- 263 **Aluno A₁**: Mais ela tá com velocidade constante.
- 264 **Prof.**: Tô querendo aumentar a velocidade nesse sentido, eu tô aplicando uma força num
 265 determinado sentido, aqui a única coisa que tá mudando é qual é o sentido que eu tô
 266 querendo aumentar a velocidade. Imagina se eu tivesse na outra sala lá olhando essa roda
 267 aqui, não é uma coisa parecida com essa? Imagina se eu fosse um aluno lá da outra sala
 268 olhando essa roda aqui, que eu desenhei aqui com a mesma força de atrito, com a mesma
 269 coisa. Essa daqui apareceria ao contrário pra ele, e essa daqui, e essa aqui...
- 270 (Alunos falando todos ao mesmo tempo tentando entender a explicação)
- 271 **Prof.**: Quando ela tá passando pra cá, a força tá pra cá nesse caso...
- 272 (Alunos falando todos ao mesmo tempo.)
- 273 **Aluno A₇**: Tá rodando assim.
- 274 **Prof.**: Eu tô considerando como se fosse a força de atrito que tá rodando assim, mas ele tá
 275 acelerando pra cá. Tá aumentando a velocidade dele pra cá, então pra aumentar a
 276 velocidade dele pra cá, e ele, e ele roda, precisa empurrar o sujeito pra lá... Então o sujeito
 277 que tá parado vai empurrar a roda pra cá... tá? Então quando você tá tracionando, tá?, se eu
 278 olho o sistema assim... É você tá vendo que aqui, na verdade, eu tô aumentando a velocidade
 279 angular, e aqui a roda tá girando nesse sentido né?
- 280 **Aluno A₇**: É o mesmo caso, né?...
- 281 **Prof.**: É, eu não sei se com esse negócio do sujeito empurrando eu consegui simular, fazer a
 282 analogia perfeita com a roda tracionando... Você tem razão, talvez teja, talvez seja que uma
 283 coisa é diferente da outra. Agora com certeza... com certeza é essa que vale na primeira,
 284 tá?... não sei quão boa foi minha analogia, depois eu vou dar uma pensada que foi meio na...
- 285 **Aluno A₁**: Na hora.
- 286 **Prof.**: Na hora. Eu vou ver se tem algum furo lá na analogia que eu fiz. Mas com certeza isso
 287 aqui é válido, se você tá tentando aumentar a velocidade do esforço da roda, é diferente de
 288 você tá tentando por esforço do eixo. Se você tem uma coisa como essa aqui tá na roda que tá
 289 sendo empurrada pelo eixo sem tracionar, ela vai ter uma coisa como essa. Então quem
 290 respondeu que é pra lá e não pra cá acertou, tá? E o básico disso aí é isso tá? Se você tá,
 291 aquela analogia que eu fiz aqui inicial... um objeto sendo puxado pelo eixo ou um objeto
 292 tentando aumentar a velocidade de giro tá... Porque olha a diferença, olha só... se você tiver
 293 uma roda como essa sendo tracionada, se você colocar um pouquinho de óleo aí, vai
 294 aumentar bastante a velocidade dela, vai aumentar bastante a velocidade dela de giro, a hora
 295 que você baixa o coeficiente de atrito aqui, tá? A outra que tá andando, a outra que tá
 296 andando como sendo puxada pelo eixo, tá?, a hora que você coloca, você diminui o atrito
 297 dessa superfície ela vai ter tendência, ao invés dela fazer isso ela vai ter tendência de se

arrastar. Então **uma tem a tendência de girar em falso** e a outra tem a tendência de quando você utiliza o óleo de se arrastar tá? Pessoal pensem um pouquinho nisso, tá, dá uma olhada com detalhe com carinho nesse, nesse tipo de coisa. Vê se você tenta entender o que tá acontecendo aí. Sei que tem seus detalhes precisa pensar direitinho no que tá acontecendo, mais é bom de vez em quando você aí parar e pensar com calma nesse tipo de detalhe.

Aluno A₃: No caso do plano inclinado, então, a força de atrito é pra cima?

Aluno A₁: Professor.

Prof.: Oi.

Aluno A₁: Então essa da frente tá puxando o eixo e...

Prof.: Isso. O que tá acontecendo na verdade pro carro andar? O motor tá transmitindo o torque pra roda traseira certo? Tá tentando fazer a roda traseira girar em torno do eixo. O que acontece? **O chão encostou na roda traseira**, ela não vai girar com a velocidade que ela gostaria porque o motor tá dando torque pra ela, o que vai acontecer? Como ela tá em contato com o solo **ela vai sofrer uma força do solo...** tá certo, que vai fazer essa força que ela sofre do solo, tá, vai fazer que combinado com o torque que você tem **aqui, o solo empurre todo esse sistema pra frente, tá? Na verdade, essa força que tá aparecendo aqui vai ser uma força que depois vai acabar aparecendo empurrando o eixo**, o centro de massa do sistema vai aparecer sendo empurrado pra frente, mas isso veio porque então? Veio do torque que o eixo transmitiu pra roda.

Aluno A₁: Que é da primeira.

Prof.: Oi?

Aluno A₁: Que é da primeira.

Prof.: Dessa aqui (aponta para o desenho do carro de fórmula 1). O motor transmitiu o movimento de giro pra roda, tá?, só que esse movimento de giro pra roda foi convertido então em deslocamento linear. Agora, essa roda que tá aqui, a dinâmica dela é diferente da outra, por quê? Porque essa roda que tá aqui, o eixo dela tá em vez da roda tá tracionada o eixo dela tá sendo empurrado pra frente, tá... como se tivesse, **antigamente eles faziam brinquedo, pegavam uma latinha..., mas antigamente tinha uma latinha que você fazia um furo numa latinha dessas de leite, e tal, passava um araminho na latinha e saía puxando.** Vocês já viram isso daí?

Aluno A₂: Com certeza.

Prof.: E esse tipo de coisa é parecido com o que acontece nessa roda que tá aqui, tá, você tá puxando o eixo da... tá puxando o eixo da roda... tá, sem na verdade tá fazendo aquela tração no pneu. O pneu tá rolando livre no sistema você tá puxando o sistema pelo eixo, na hora que você tá fazendo isso de puxar o sistema pelo eixo, se você tivesse uma superfície lisa, por exemplo, ela ia arrastar pra frente, tá?, a força de atrito que vai fazer, na verdade, vai segurar essa roda pelo arraste.

Aluno A₃: Professor, essa parte das forças de atrito são iguais ou diferentes?

Prof.: Elas, elas podem ser bastante parecidas, tá? De maneira que muitas vezes você vai calcular o que acontece **num carro, por exemplo, que tá andando sem desprezar**, tá... por conta do próprio movimento da roda, se a roda tá engraxada é um a boa roda você praticamente você tem que desprezar as diferentes forças, tá?

Aluno A₃: Considera iguais?

Prof.: Você pode considerar a soma dessas iguais, eliminando praticamente o atrito com o solo numa superfície horizontal. O atrito principal que você vai ter é da resistência do ar. Muitas vezes quando você faz a conta você pode desprezar essa parcela com relação ao arraste que você precisa ter no ar... Trabalhando isso aqui, agora **o entendimento desse problema aqui fica mais ou menos sossegado?** Agora se não vai reclamar se eu apagar essa aqui e deixar só aquela (desenho da roda)? Agora isso, agora é uma coisa que parece que tá puxando pelo eixo como se fosse uma dessa (desenho do carro de fórmula 1)... tá?

348 **Aluno A₁₄:** Agora ficou claro pra mim.

349 **Prof.:** Melhorou agora? Então agora você tem uma força resultante pra cá, mais é a
350 combinação do peso com a normal de uma coisa que parece que puxa o objeto pra cá, mas
351 puxa pelo eixo não tracionando. E não tem nenhum motorzinho lá tentando fazer o cara girar
352 mais rápido do que o limite... tá? Ele gira, digamos, na velocidade dele, dinâmica dele. Então
353 o que acontece com essa força de atrito?

354 **Aluno A₈:** Professor, quando anda também vai pra frente?

355 **Prof.:** Quando a gente anda?

356 **Aluno A₈:** É.

357 **Prof.:** O movimento dessa perna se não há um escorregamento. Se tivesse uma força, se
358 tivesse uma força nessa perna aqui, jogando ela pra trás ela iria mais pra trás do que eu tô
359 jogando. Quando eu tô tentando andar pra frente eu tô tentando jogar essa perna pra trás.
360 Tá. Então ela tem que tá me segurando aí... fazendo uma força pra empurrar pra frente.

361 **Aluno A₈:** Eu aplico uma força pra trás, ela aplica uma força pra trás e eu aplico pra frente.

362 **Prof.:** É, eu aplico uma força pra trás e o chão aplica uma pra frente.

363 **Aluno A₆:** Professor, aí inverte se eu começar a frear o carro? Inverte os dois...

364 (O professor acena várias vezes que “sim” com a cabeça)

365 **Prof.:** Se eu pedir pra você calcular agora... **se eu pedir pra você calcular a aceleração desse**
366 **objeto aqui descendo essa rampa é tranquilo?**

367 **Aluno A₃:** É só fazer a resultante pelas forças.

368 **Prof.:** Decompõe as forças...

369 **Aluno A₃:** A aceleração do centro de massa?

370 **Prof.:** Isso. É tranquilo calcular a aceleração do centro de massa?

371 **Alunos:** Depende.

372 **Prof.:** Na verdade que eu acho, o fato de a roda não deslizar saiu de graça pra você... a
373 aceleração do centro de massa é a aceleração angular... tá? Só começa a complicar se você
374 tiver deslizamento combinado desse rolamento. E se eu der um, se eu jogar um desafio assim
375 pra vocês, hein? Vamos supor que eu solte um aro, um cilindro e uma esfera ao mesmo tempo
376 num plano inclinado como aquele. Qual que chega primeiro embaixo? Ou chegam todos
377 juntos?

378 **Aluno A₆:** O que tem menor momento inercial.

379 **Aluno A₁₀:** A esfera.

380 **Prof.:** O que tem menor momento inercial? Qual vocês acham? Se eu joga aqui uma esfera,
381 um cilindro, um aro. Qual que chega primeiro?

382 **Aluno A₆:** A massa é a mesma?

383 **Aluno A₁₀:** É, a massa é a mesma.

384 **Prof.:** Isso aí antigamente o pessoal que estudava essas coisas ia lá na Batista de Carvalho
385 lá, fazia uma aposta, ó, quem chega primeiro e tal. Pegava uma esfera bem grandona,
386 pesadona. Pegava um aro bem grandão, um cilindro médio e uma esfera pequenininha.
387 Chega lá quem aposta, quem aposta que é o aro?... Professor de vez em quando tá
388 precisando fazer umas dessas. **Tirar uns trocados de vez em quando**, tirar uns trocados...
389 Depende da massa? Depende do raio? Vamos supor que eu pegue um aro, vamos supor que
390 eu pegue um aro mais grandão e uma massa também bem grande, pego um aro bem pesadão
391 aqui, e ao mesmo tempo um aro pesadão metálico, raio grande e eu pego uma esfera bem
392 pequenininha de plástico, pego uma esfera de plástico com uma massa pequenininha. Vamos
393 supor que esse daqui é... Eu acho que vocês iam ganhar uma graninha fácil, né?, mesmo que
394 essa massinha seja maior 10 vezes do que aquela...

395 **Aluno A₃:** Qual é o momento de inércia?

396 **Prof.:** É boa pergunta. Qual seria o momento de inércia aqui?

397 (Vários alunos tentam responder ao mesmo tempo pela definição de fórmulas)

398 **Prof.:** Vamos fazer o problema...

399 **Aluno A₁:** Eu acho que é a bolinha.

400 **Prof.:** Se a gente chegasse lá. Se o cara viesse com o desafio lá será que vocês dariam conta,
401 pegasse o papel ia calculando, que jeito vocês calculariam?

402 **Aluno:** É a bolinha, né?

403 **Prof.:** Vamos fazer um exercício aqui... Vamos supor que eu faço uma orientação como a de
404 ontem, atendendo a pedidos aí ontem, vocês pediram pra colocar um eixo y aqui, vamos
405 supor que eu coloco um eixo x aqui e um eixo y lá. Então o que eu quero calcular na verdade
406 é essa aceleração do... quero ver se de todas as partículas paradas a que vai chegar primeiro
407 é a que tem maior aceleração, não é isso? Se eu calcular essa aceleração na direção y.
408 Primeira coisa que eu vou fazer é usar a nossa velha e conhecida aí né força resultante é
409 massa vezes aceleração. Pra calcular essa força resultante aí, a força resultante é a soma de
410 todas as forças né? Se eu considero isso como um sistema de partículas, dá pra ver direto que
411 essa aceleração aqui vai ser a aceleração do centro de massa, somando todas as forças que
412 tão agindo no sistema, isso é produto da massa total vezes a aceleração do centro de massa.
413 Se você quiser você pode escrever aí... Vamos analisar primeiro a direção y. Esse ângulo
414 aqui é θ , esse ângulo aqui é θ também tá, então essa componente do peso na direção y ela é v
415 seno de θ ... **na direção y a normal morre** porque a normal vai na direção x, tá. E a força de
416 atrito do jeito que eu desenhei aqui tá na direção contrária de y, então é menos o módulo
417 dessa força de atrito aqui..., tá legal?... Essa é a primeira equação que eu tenho envolvida,
418 tá? A segunda equação que eu vou usar é a seguinte, é parecida com aquela só que pro
419 movimento circular. Eu vou usar que a soma dos torques é o momento de inércia vezes
420 quem?

421 **Aluno A₆:** A aceleração angular.

422 **Prof.:** Tá? Se eu observo esse cara, o movimento de giro dele em torno desse ponto, eu vou
423 calcular os torques em relação ao centro de massa, tá, tá, então eu coloco lá a soma desses
424 torques em relação ao centro de massa e essa aceleração descendo fixa aqui tá. Pra calcular
425 os torques em relação aos pontos o que eu tenho que ter?

426 **Aluno A₁₀ e Aluno A₅:** A massa.

427 **Prof.:** Tem que ter a força e o **braço da alavanca**, né, tá? ou a força perpendicular e a
428 distância na qual eu tô aplicando. A normal e o peso estão aplicados bem naquele ponto,
429 então quer dizer que o tal do braço da alavanca vale quanto?... Estou calculando os torques
430 em relação a esse ponto. O torque que eu tenho aplicado vale zero, porque as forças estão
431 numa distância nula daquele ponto que tá lá, certo? Então o torque devido a esses dois caras
432 aqui, o torque e o peso mais o torque da força normal, essas duas coisas aqui valem zero, tá?
433 O único que eu vou ter é o torque que essa força que tá aqui. Agora observe que esse aqui é o
434 raio R. Então nessa coisa aqui, então essa força de atrito aqui ó... vai ser uma coisa do tipo
435 momento de inércia em relação ao centro de massa vezes alfa por R. Agora, como o objeto
436 rola sem deslizar, esse alfa aqui também tá associado com esse cara que tá aqui, na verdade,
437 a relação que eu tenho, a relação que eu tenho, que é a do centro de massa alfa vezes R, ou
438 seja, alfa é a aceleração do centro de massa dividido por R, tá? Então, se eu jogar essa coisa,
439 situação aqui eu posso escrever centro de massa vezes a aceleração do centro de massa
440 sobre R. Isso é o que vai dar pra mim ser chamada força de atrito, e essa coisa aqui é igual a
441 essa força de atrito que eu preciso ter pro objeto rolar tá e essa então, se eu pegar então e
442 substituir, se eu substituir a segunda equação, jogar essa equação pra lá dentro da
443 primeira... eu vou ter uma coisa como $\mu \sin \theta$ menos essa coisa que tá aqui, vou substitui lá,
444 tá? Então eu vou ter menos I do centro de massa vezes a aceleração do centro de massa
445 dividido por R ao quadrado, isso aqui tem que ser igual segundo a primeira equação, a
446 massa vezes a aceleração do centro de massa. Eu tô querendo saber quem?

447 **Aluno A₆:** Não tem ninguém mais.

- 448 **Prof.:** O que eu tô querendo saber? Tô querendo saber quem desce mais rápido. Se todos
 449 partiram da velocidade zero, quem vai descer mais rápido?... Vou colocar em evidência essa
 450 aceleração, essa aceleração do centro de massa, tá?, vou ficar com massa vezes a aceleração
 451 do centro de massa que é esse termo, vou passar esse termo pra lá com sinal positivo... isso
 452 tudo vai ser igual... O peso eu posso escrever, na verdade, como mg também, né, tá certo?
 453 Vou colocar em evidência aqui a aceleração do centro de massa vai ficar uma coisa como...
 454 (fórmula na lousa)... Então essa aceleração do centro de massa ela vai ser $mg \sin \theta$... você
 455 corta esse m com esse m e vou escrever aqui (outro canto da lousa) o resultado... Olha só,
 456 olha só... depende da massa, depende do raio e depende do...
 457 **Aluno A₃:** Do momento de inércia.
 458 **Prof.:** Do momento de inércia em relação ao centro de massa... Vamos escrever aqui, pra eu
 459 saber a aceleração das três vou escrever aqui o momento de inércia das três. O que é o I do
 460 centro de massa da esfera? Como?
 461 **Aluno A₁₀:** Eu acho que é 2π .
 462 **Prof.:** Do quê?
 463 **Aluno A₁₀:** MR^2 .
 464 **Prof.:** E do cilindro, hein? Do aro é sopa, né?
 465 **Aluno A₁₄:** $\frac{1}{2}MR^2$.
 466 **Aluno A₅:** Não é professor? Do cilindro é meio.
 467 **Prof.:** Do cilindro é meio? O que vai acontecer então?... É isso?
 468 **Aluno A₁₄:** Pode ser, né?
 469 **Prof.:** Isso aqui é, $\frac{3}{2}$, né, isso aqui fica $\frac{2}{3}$ não é isso?... O resultado que tá depende do raio?
 470 **Aluno A₈:** Não.
 471 **Alunos:** Não.
 472 **Prof.:** Depende da massa do objeto? Depende do ângulo?
 473 **Aluno A₁₄:** Depende do momento de duas...
 474 **Prof.:** Ou seja, **a esfera sempre vai ganhar essa...**
 475 **Aluno A₁₄:** Depende do momento de inércia.
 476 **Prof.:** Depende do momento de inércia. Mas pelas formas como as coisas vão, tá?,
 477 **desaparece a massa e desaparece o raio.**
 478 **Aluno A₅:** Professor, mas nesse caso aí...
 479 **Prof.:** Então, você tem um rolamento, quando você tem um rolamento suave você precisa ter
 480 uma superfície circular... **Você pode montar um show de mágica desse né,** pegar um aro bem
 481 pesado de ferro né, bem pesado, uma bolinha de plástico e um cilindro também muito
 482 pesadão. Todo mundo vai apostar que tão pesadão que vão chegar primeiro... **Alguma**
 483 **pergunta sobre isso aí, tá tranquilo? Sossegado, se cair esse na prova?**
 484 **Aluno A₂:** Eu conheço essa história, hein?
 485 **Aluno A₅:** Vou até marcar.
 486 **Aluno A₂:** Esse eu vou até estudar hoje.
 487 **Prof.:** Ninguém trouxe o ioiô hoje?
 488 **Aluno A₂:** Era hoje já?
 489 (Os alunos ficam comentando sobre as experiências que tiveram com o ioiô)
 490 **Prof.:** Pessoal, nós já estudamos um pouco como é o torque sobre um objeto rígido, tá?
 491 Vamos dar uma olhada com um pouquinho mais de detalhe como é o torque sobre uma
 492 partícula, tá?... Você pode definir, você pode definir o torque sobre essa partícula de uma
 493 força, veja bem que é uma força sobre uma partícula que em princípio sem dimensão, né?
 494 Mas você pode definir o torque ou momento dessa força em relação a um ponto, por exemplo,
 495 que é a origem do seu sistema de coordenadas. Se você enxergar um vetor que vai daquele

ponto que é a origem do seu sistema de coordenadas até a partícula, tá? Se você observar que o ângulo entre esse vetor posição da partícula e a força F , tá?, é aquele ângulo ϕ (fi), então o torque sobre essa partícula em relação à origem, tá?, é definido como o produto vetorial da posição R pela força F . Agora o que significa esse produto vetorial na verdade, tá? Qual é o módulo, qual é o módulo, direção e sentido desse produto vetorial aí? Sabe o produto vetorial, você calcula o módulo dele, é determinante, né.

Aluno A₁₄: A direção é perpendicular.

Prof.: Você pega o módulo do primeiro, multiplica pelo módulo do segundo... co-seno é o produto escalar, tá? Quando é produto escalar você representa por um pontinho, quando é produto vetorial, tá? Agora veja bem o que isso significa. O que esse módulo significa nesse desenho que tá aí. Se você imaginar uma linha perpendicular a esse raio R , tá?, a projeção dessa força em cima dessa linha aqui, essa projeção aqui a gente pode chamar, por exemplo, e F perpendicular, tá?, isso que a gente pode chamar de F perpendicular. Imagina, por exemplo, que a parte da força que taria tendendo a fazer com que a partícula realizasse um movimento circular, essa parte que eu chamo de F perpendicular é justamente o módulo de F vezes o seno de θ , tá? Então eu posso entender isso aqui como sendo isso que eu chamo de F perpendicular. Ou seja, é a força perpendicular, é a força perpendicular da posição que você tem, tá?

Aluno A₁₆: Professor, ela é perpendicular aos dois vetores?

Prof.: Não. Só o r .

Aluno A₁₆: Só o r ? Pelo mesmo plano então?

Prof.: Só o r . Esse F aqui você pode pensar que tá no mesmo plano de x , tá certo? Porque eu escolhi esse plano xy , justamente o plano que tá esse vetor r e esse vetor F , tá, pra simplificar o meu problema, tá?, eu escolhi um plano que passa pelos dois. Não perde generalidade, pois sempre dois vetores que você tem, você pode pensar um plano, né?, são duas linhas, na verdade, você pode pensar sempre um plano que passa por elas, então eu peguei esse plano xy que tá aí. O módulo do vetor é esse que tá aí, tá? e a direção e o sentido dele é dado pela regra da mão direita, não é?

Aluno A₅: Que tá na lousa?

Prof.: É na direção z , na verdade, né... z . Então esse tal (τ) zero aí... esse torque que representa o produto R vetorial F estão nessa direção e o módulo dele é justamente... esse módulo... tá? Outra maneira de você pensar, outra maneira de você pensar esse produto vetorial aí é imaginar o prolongamento, de maneira alternativa, ó, você pensa o prolongamento dessa força F , aí você pensa uma reta perpendicular a esse prolongamento da força que passa pela, pela origem tá certo? Tá? E você vai delimitar aqui um comprimento que eu posso chamar, na verdade, de R perpendicular, se você olhar bem como esse ângulo aqui era ϕ , esses dois ângulos aqui são opostos pelo vértice, de maneira que esse comprimento r perpendicular é o ângulo de r vezes quem? Seno de ϕ . Então se eu pensar o seno de ϕ multiplicando o módulo de F eu penso no R perpendicular. Se eu multiplico, se eu pensar o seno de ϕ multiplicando o módulo de F , eu penso na linha perpendicular..., tá? Quando eu multiplico a força perpendicular, quando eu multiplico a força perpendicular pelo r completo ou então eu multiplico a força completa pelo r perpendicular, que é chamado de braço da alavanca, tá certo? Isso aqui é o que eu chamo r -perpendicular. **Então tem duas maneiras de enxergar a mesma coisa. Agora o assunto mais quente na verdade... tá legal? Perguntas e comentários...** O assunto mais quente da aula mesmo que eu queria começar com vocês hoje e isso nós vamos terminar a semana que vem é definir uma grandeza interessante na física que é chamada de momento angular... ou a alternativa também você pode chamar de quantidade... a quantidade de... de movimento angular é uma grandeza que eu posso definir da seguinte maneira... se eu tenho um objeto, tem uma massa m , eu tenho essa massinha m que se encontra numa determinada posição em relação à origem.

546 **Aluno A₂:** Professor.

547 **Prof.:** Oi.

548 **Aluno A₂:** Mas ali é a força perpendicular?

549 **Prof.:** Ah, não. Essa aqui é a força total, essa daqui é r vezes a força perpendicular, com r -
550 perpendicular vezes a força. Essa massinha m ... tem um momento p nessa direção, se você
551 quiser você pode pensar como a partícula tem massa m , esse vetor p aqui na verdade é o
552 produto da massa m pela velocidade. Então a velocidade da partícula tá na direção de p , se
553 você quiser você pode desenhar o vetor... só que essa grandeza que eu chamo de momento
554 angular da partícula, ela é o produto de r vetorial p . Observa que a matemática dela é bem
555 parecida a decomposição, por exemplo, eu posso decompor, tá?, o módulo dela num r vezes o
556 momento perpendicular ou num r perpendicular vezes o momento, matematicamente é bem
557 similar àquilo que eu defino como torque. Só que o significado dela é bastante diferente, tá?
558 Então o módulo de L ele pode ser r perpendicular vezes o módulo de p ou ele pode ser
559 módulo de r vezes o peso perpendicular, tá? A direção do L também, se o r e o p tão inclusos
560 no plano xy , tá, se o r e o p tão no plano xy , o L é um vetor perpendicular ao plano xy . Da
561 mesma maneira que eu tenho um ângulo ϕ lá...

562 **Aluno A₅:** Professor...

563 **Prof.:** Massa vezes a velocidade linear.

564 **Aluno A₅:** Não angular.

565 **Prof.:** Não. Não é angular.

566 **Aluno A₅:**...a velocidade linear....

567 **Prof.:** Ah!

568 **Aluno A₅:** A velocidade linear... não é ao contrário?

569 **Prof.:** Não...; **Esse termo você pode destrinchar se você quiser...** tá? Então se você quiser, o
570 módulo de r é o módulo de... vezes r perpendicular tá?

571 **Aluno A₅:** Não, beleza, beleza.

572 **Prof.:** Essa é uma das formulinhas importantes.

573 **Aluno A₁₄:** Professor? Quem é o p mesmo?

574 **Prof.:** p é o momento linear.

575 **Aluno A₁₄:** Ah, tá. (o professor explica para esse aluno sua dúvida).

576 **Prof.:**... Alguém contou pra mim que alguns de vocês escrevem as formulinhas no teto do
577 quarto, né, quem é que escreve?

578 **Alunos:** O Aluno A₁.

579 **Prof.:** Essa daqui é uma pra guardar. Porque o torque que você, que você tem sobre uma
580 partícula... é a variação da quantidade de movimento angular... tá? Pra você guardar, na
581 aula que vem a gente volta.

1 **Prof.:** Aproveitar que hoje tem pouca gente (nove alunos) e aí vocês podem ter uma atenção
2 maior pelo menos por um tempo maior, a intensidade é a mesma, mas cada um de vocês
3 podem ter um maior tempo de contato pra gente trocar idéias.

4 **Aluno A₆:** Isso, beleza professor.

5 **Prof.:** Quem quiser, quem quiser o livro pra ir dando uma olhadinha, os exercícios foram
6 tirados... Eu lembro pra vocês também que esse é o último, o capítulo 12 é o último capítulo
7 desse volume um, logo, logo, nós vamos começar o volume dois.

8 **Aluno A₁₈:** O dois a gente vai ver só dois capítulos ou vamos ver mais?

9 **Prof.:** Na nossa disciplina, sim. O capítulo... na verdade, dois e meio tá, que o, o capítulo 13
10 nós vamos ver meio rapidamente, aí nós vamos ver o 14 com bastante intensidade e o 15 é, na
11 verdade, integrando tudo dá dois capítulos, dois capítulos e um pouquinho, tá?, você tem um
12 pedaço do 13, o 14... é importante também, e o capítulo 15 que é de gravitação. Nós vamos
13 ver uma boa parte também tá?...

14 (Os alunos se agrupam em dois grupos para resolver os exercícios)

15 **Prof.:** O Mauri (professor) conversou com vocês a respeito daquela troca da aula da sexta-
16 feira?

17 **Alunos:** Não.

18 **Prof.:** Não? Depois da aula de sexta na próxima semana não falou nada?

19 **Alunos:** Não.

20 (O professor passa calendário da próxima semana na lousa)

21 **Prof.:** Porque a Edméia tem um congresso nessa semana aí enquanto eu a semana que vem
22 vou tá fazendo umas medidas.

23 **Aluno A₁₅:** Vai ficar lá quantos dias professor?

24 **Prof.:** Uns dois dias, na quinta e na sexta.

25 **Aluno A₁₅:** O Tiago vai também?

26 **Prof.:** O Douglas, o Douglas vai.

27 **Aluno A₆:** Professor, empresta o Halliday?

28 **Prof.:** As meninas foram tirar xerox.

29 **Aluno A₆:** Ah, tá.

30 **Prof.:** Depois na volta... Então dúvidas, comentários, exercícios, eu tô disposto a ajudar
31 vocês. Alguma questão antiga, alguma questão antiga de algum outro capítulo, uma dúvida
32 sobre aquelas listas anteriores...

33 (A sala fica dividida em dois grupos, que interagem entre eles)

Prof.: O que vocês queriam mesmo saber sobre gravitação?

Aluno: Começando com o que é gravitação.

Prof.: Quando nós estamos fazendo a nossa viagem espacial... Plutão está fora do sistema solar... Por que os planetas estão quase todos no mesmo plano? Quando você fala em gravitação, você lembra muito do sistema solar. Durante a formação dos planetas, eles sempre tiveram essa configuração plana ou não?

Alunos: (Silêncio.)

Prof.: Existe algumas teorias, ninguém estava lá para ver o porque dessa formação... Uma coisa interessante é que o Sol tem 99,97% da massa do sistema solar. O que tem a ver isso com gravitação? O que mantém este sistema como ele é?

Aluno: A força gravitacional.

Prof.: Devido a seu amigo Isaac Newton... ($F_G = G \frac{M.m}{d^2}$) a força gravitacional, se comparada ao que conhecemos, é relativamente pequena, mas em relação ao Universo é o que mantém coeso... A força eletromagnética ou nuclear é relativamente maior... **A força gravitacional é uma força de longo alcance como a força elétrica... A força gravitacional é sempre atrativa, diferente da força elétrica que é repulsiva e atrativa...** Você conhece a história da maçã?... Quando você sai fora do sistema solar, a primeira estrela... Andrômeda está a quatro milhões de anos-luz... A força que a Terra tem sobre a Lua ou a Lua tem sobre a Terra?... Por que a Lua não cai?... O que aconteceu quando caiu uma maçã na cabeça de Newton?

Aluno: Que a força que puxava a Lua era a mesma que puxa a maçã para baixo.

Prof.: Isaac Newton ficava lá filosofando... O mesmo tipo de força que é a força gravitacional é a mesma pra explicar a força da Lua e da maçã...

Aluno: Se um objeto colide com a **Lua e freia ela?**

Aluno: Depende da massa.

Prof.: Vai fazer um efeito parecido se você perturbar a órbita da Lua. A maré é causada por um pequeno distúrbio. Da mesma forma que a Lua, a maçã está sendo atraída para o centro da Terra, e não o pé dele (Newton)... O que nós chamamos de órbita é o trajeto que o objeto faz no céu.

Aluno: **Todos os planetas estão caindo em relação ao Sol?**

Aluno: No caso dos foguetes, eles interferem bem nessa força para eles saírem fora de órbita?

Prof.:... Tanto faz você jogar o mesmo objeto de cima de um prédio ou do chão, o valor do g é o mesmo.

Aluno: **Se eu pegasse a gravidade quase no centro da Terra ela seria a mesma, 10?**

Prof.: Quanto vale g nesse ponto (no centro da Terra)? Você gostou da brincadeira, você tá pesadão lá e faz um buraco mais fundo. Faz sentido isso daqui, próximo ao centro a força vai ser infinita. Foi um dos motivos pelos quais o Newton desenvolveu o cálculo integral. Imagina para resolver este problema você divide a Terra em pequenas partes, a força resultante é o resultado de pequenas massas.

(Os alunos ficam muito interessados no assunto e fazem várias perguntas)

Prof.: **Toda aquela casca que está por fora...** Se tivesse uma outra Terra em cima de nossas cabeças, a gente ficaria com uma força gravitacional resultante zero e ficaríamos flutuando. Se você tiver um planeta oco, tirando toda essa parte central, um carinha ficaria flutuando... Se você pegar um ímã e colocar outro ímã...

Aluno: Fumo de cachimbo... ele flutuou.

Aluno: **Essa força gravitacional pode ser comparada com a força que segura o elétron em torno do átomo?**

49 **Prof.:** Faz a conta... a gravidade na superfície da Lua é 1,6 da gravidade na superfície da
50 Terra... **A Terra é um pouquinho mais gorda** na região do Equador... Precisa que a Terra
51 possa ser, imagina que ela seja uma gelatina, uma borracha... Como que o sujeito faz para
52 abrir uma massa de pizza?

53 (Os alunos fazem gestos do movimento)

54 **Prof.:** Já viu aquele negócio de fazer vaso... Outra coisa, também, é a Lua... o efeito das
55 marés é provocado pela rotação da Lua... Se ela fosse mais moldável, mais mole (a Terra)
56 teria achatado mais. A grande maioria dos planetas têm esse achatamento.

57 **Aluno:** O movimento do brinquedo do parque de diversão, o do chapéu mexicano, mesmo que
58 você deseja sair...

59 **Prof.:** O sujeito tá lá no ônibus sem se segurar em nada, de repente o sujeito breca, de
60 repente o sujeito foi puxado para fora, você vê a força, mas existe... Força de Coriolis...
61 força fictícia... (o professor explica essa força através de um desenho esquemático na lousa)
62 O que mais vocês querem saber sobre isso?

63 **Aluno:** E as leis de Kepler?

64 (O professor conta um pouco da história de Kepler e fala sobre as leis)

65 **Prof.:**... Um desenho vale mais do que mil palavras (refere-se aos esquemas que fez na lousa
66 para explicar as leis)... Uma coisa interessante das leis de Kepler é que elas foram
67 conhecidas antes da lei da gravitação... A equação da gravitação é questionada hoje...

1° Episódio do dia 03/10/2003

Prof.: Se você tem um objeto como esse... Esse famoso batatóide aí de revolução aí, nossa dos físicos, né?, um objeto qualquer. Se você faz um furinho nesse objeto e passa uma haste metálica aí atravessando esse objeto... Eu tenho a capacidade de aplicar uma força nesse objeto, tá? queria que você pensasse que tipo de força vai produzir uma rotação mais efetiva nesse objeto, ou seja, uma velocidade angular maior, tá?, se seria uma força F_1 , por exemplo, nessa direção, tá?, se seria uma força F_2 , se seria uma força F_2 nessa direção aí, todas elas o mesmo módulo tá? Eu tô tentando desenhar olhando de cima...

Aluno A₁: Vai girar de assim, professor.

Alunos: De assim, de assim...

(Risos)

Aluno A₁: Não... assim...

Prof.: Olhando de cima, essa força aí seria o seguinte... o eixo da força F_2 ... o eixo tá, a F_2 tá assim, a F_1 assim, a ... a F_3 ... a F_3 tá pra cima tá, ou seja, nesse desenho aqui, **a F_3 seria saindo pra fora do quadro, tá?** A F_4 se eu deixar essas forças aí, uma dessas forças por vez atuarem, digamos por 10 segundos no objeto, qual delas você acha que produziria maior velocidade angular no objeto?

Aluno A₁: A força F_4 .

Alunos: F_2 ... F_4 ...

Prof.: E a F_1 ?

Aluno A₁₄: A F_1 não roda.

Prof.: Por que a F_1 não roda?

Aluno A₁: Porque ela tá no eixo x... Ela é nula.

Aluno A₁₄: Porque ela é perpendicular ao eixo.

Prof.: Se você enxergar, um dos grupos aí, **se você enxergar que esse eixo dependendo do jeito de como a força é aplicada, aquele eixo segura uma parte da ação da força, tá?** Se essa força F_1 puxa pra lá, o eixo da maneira como ele tá colocado puxa com uma F_1 **também pra cá, ela tenta esticar...**

Aluno A₅: Professor, isso aí é a mesma coisa da porta, né? Essa é a mesma força aqui na porta, né? Se eu fizer uma força aqui na porta (faz o gesto) e puxasse ela.

32 **Prof.:** A força F_3 é uma força assim, tá?, em relação à porta.

33 (Vai até a porta e demonstra)

34 **Prof.:** A força F_3 é uma força assim ó.

35 **Alunos:** (Risos) ... pra cima.

36 **Prof.:** A F_3 , tá. O eixo de rotação tá aqui, ó, a F_3 tá no mesmo sentido do eixo de rotação.

37 Ah... **Vamos supor que ela tá presa aqui, né?**

38 **Aluno A₃:**... a translação da batata, né?

39 **Prof.:** **Vamos supor que ela (batata) tá presa.** Tá certo? Tá certo? Se não a... o sujeito ia
40 subir, né. Mas ela não gira, tá?, se a porta tivesse solta lá, também, sem os pinos lá atrás,
41 ela... (faz o gesto de subir). Então a F_3 é assim. A F_1 , a F_1 é assim, né, (faz o movimento na
42 porta). Assim, ó, tá, não produz, não produz uma tração, tá?, puxando aqui, ó, (faz o
43 gesto). Essa é a F_1 , não mexe angularmente. Agora a que produz rotação mais fácil...

44 **Aluno A₃:** A F_2 .

45 **Prof.:** Isso... Aquela força que tá assim, ó, que alguns acharam que era a F_4 , tá, **a F_4 tá**
46 **empurrando uma parte, tá empurrando uma componente da F_4 é como se tivesse**
47 **empurrando aqui e outra parte da F_4 é como se tivesse empurrando aqui. Então, ela gasta**
48 **uma parte dela nessa componente que empurra pra lá, tá legal?** Então realmente, aquela
49 que vai produzir, aquela que vai produzir o movimento circular mais efetivo, vai produzir
50 uma maior velocidade angular depois e um tempo que ela atua no objeto, tá?, é justamente
51 a F_2 ...

52 **Aluno A₁₄:** Tem que tá no mesmo sentido da... velocidade linear.

53 **Prof.:** A velocidade angular no começo é zero, quer dizer, não tem direção nem sentido,
54 tá?. Uma coisa importante, uma coisa importante é que ela seja feita justamente
55 perpendicular ao eixo de rotação... Mais importante do que estar perpendicular à
56 velocidade, tá?...

57 **Aluno A₅:** Professor.

58 **Prof.:** Oi.

59 **Aluno A₅:** Por que quanto mais perto a força tiver do eixo, mais difícil é a... fazer ela
60 rotacionar?

61 **Prof.:** Você já tentou, se já tentou balançar uma criança numa gangorra sem você tá
62 sentado nela? Só com a força do seu braço. Já levou um sobrinho seu, seu irmão... mais ou

63 *menos a mesma coisa, tá? Se você tá, aplica uma força que o ponto é distante e você tem*
64 *um braço grande da alavanca, aquele peso pequenininho que tá lá na frente da criança*
65 *que tá lá no braço grande da alavanca pode contrabalançar seu peso que tá num ponto*
66 *mais próximo. Isso significa que quando você vai provocar a mesma coisa num ponto que*
67 *tá mais próximo, tá?, você tem que aplicar mais força que quando você tá? num ponto*
68 *distante.*

69 **Aluno A₅:** *No caso da porta, se eu tentar aplicar uma força bem na... tentar fechar ela*
70 *estando bem próximo do eixo...*

71 **Prof.:** *É difícil... é difícil. Se você chegar... vamos experimentar (faz o gesto de empurrar a*
72 *porta, perto e longe do eixo)... Aqui parece bem mais leve, tá? Vou provocar a mesma*
73 *coisa que aqui, eu só encosto um pouquinho, lá, eu preciso fazer uma força, só você*
74 *tentando mesmo pra ver, tá? Se você chegar bem aqui pertinho ou aqui, ó, se você chegar*
75 *bem aqui pertinho pra empurrar, ó, tem que fazer uma força grande pra ela se mexer. Se*
76 *eu tiver aqui, ó, eu sinto que a força é muito menor. A hora que terminar a aula você vem e*
77 *experimenta, tá? Então pro mesmo movimento tem que fazer uma força menor quando tá*
78 *próximo... ou seja, se eu aplicar a mesma força F_2 , se eu aplicar a mesma força F_2 num*
79 *ponto como esse, tá eu vou ter um efeito muito menor do que eu aplicar a mesma força num*
80 *ponto distante.*

81 **Aluno A₃:** *Por que isso?*

82 **Prof.:** *Nós vamos chegar lá matematicamente... Não sei se vocês já perceberam que nessa*
83 *altura aí do primeiro ano, tá, mas a física explica muito os como, ela não explica muito os*
84 *porquê... tá? A natureza é da maneira como ela é, a gente acaba se acostumando com ela...*
85 *A física explica os mecanismos, a física explica os mecanismos de como as coisas*
86 *acontecem...*

87 **Aluno A₃:** *Tem que ter religião.*

88 **Prof.:** *... mecanismos como as coisas acontecem, tá? Certo? Você pode até querer entender*
89 *como as coisas acontecem, agora a hora que você perguntar os porquê...*

90 **Alunos:** *(Risos.)*

91 **Prof.:** *A grandeza física, a grandeza física que a gente usa pra medir a efetividade com que*
92 *uma força produz esse movimento de rotação, essa grandeza chamada torque...*
93 *Basicamente em termos simples, em termos simples, tá?, ela é o produto da força vezes*

uma distância perpendicular ao eixo de rotação... Quando essa força, ela própria é perpendicular a esse eixo que tá aí, o torque é direto esse produto. Quando a força, tá, no estilo dessa força F_4 , eliminada com relação ao eixo, com um ângulo, uma média de 90° com relação a esse eixo que é perpendicular ao eixo de giro, só vai interessar essa componente da força que é perpendicular a essa linha que tá aqui, porque outra componente da F_4 que tá nessa direção, se você pensa que a F_4 pode ser dividida em duas forças, então ela vai ter uma, ela vai ter uma força, tá?, tá?, que é justamente que colabora com o giro que é aquela perpendicular ao eixo que une, ao eixo de giro até o ponto onde você tá aplicando a força, tá?, mais vai ter outra que é justamente na direção da F_1 , que essa direção é inócua, né?, em relação ao movimento circular, tá?

Aluno A₁₄: Pode ser que...

Prof.: Oi.

Aluno A₁₄: Pode ser a soma de F_1 e F_2 ...

Prof.: Não... Não é... A F_4 é do tamanho da F_2 , tá?, a projeção da F_4 na direção de F_2 , tá?, vamos supor que você chama esse eixo de x, esse eixo aqui de x e esse eixo de y. O eixo onde tá F_1 é o eixo x que é nessa direção. A F_2 tá no eixo y. E o... esse, esse eixo de rotação aqui, tá?, pra direção do eixo z, tá?, então essa direção é z, essa aqui é x e essa aqui é y. Então esse pedacinho aqui da F_4 que contribui com o giro, tá?, que é uma das coisas que entram, ele zera a componente da força que entra, o torque, tá?, essa componentezinha aqui é a F_1 ... Essa que importa pro movimento de rotação, porque a componente da F_4 na direção x ela é inócua tanto quanto a F_1 , tá? Ela tende a puxar o objeto pra longe do eixo, mas como o objeto, o objeto nós estamos considerando como um objeto rígido, tá?, o eixo tá fixo aí, você arrumou **uma maneira de fixar aquele eixo no espaço**, então se você aplicar uma força na direção x não acontece nada. Então essa componente da F_4 que tá na direção y é a componente importante e a componente que tá na direção x ela é desperdiçada com relação a colocar o objeto em rotação, tá?, **você joga fora essa parte**. Então quanto mais a F_4 for na direção de F_2 , tá?, mais essa força vai conseguir produzir aceleração angular no objeto, tá?, quanto mais apontando na direção do eixo ela for, menos ela vai conseguir colocar o objeto em giro, tá?

Aluno A₁: Mais ela vai tocar no objeto a F_1 .

124 **Prof.:** Não, não, não confunde. A gente aplica uma dessas forças de cada vez, nós estamos
125 aplicando, nós não estamos aplicando todas as forças juntas. Nós estamos aplicando uma
126 de cada vez. Uma hora eu aplico a F_1 , uma hora eu aplico a F_2 , F_3 , F_4 , tá? Se no caso
127 tivesse a F_1 aplicada, seria o que você tá falando, tá?, quanto mais eu for jogando, quanto
128 mais eu for jogando F_4 na direção x , tá?, mais aquele ponto vai ter... seria F_1 pra um lado,
129 F_4 pro outro aí não teria força atuando, se fosse esse caso aqui, nem no eixo não
130 precisaria aplicar essa F_1 , entendeu? A F_4 vai fazendo isso na direção que você falou, no
131 sentido que você falou, tá?, essa força que o eixo tá apontando aqui, nem precisa mais ser
132 aplicada, o objeto tá lá parado. O objeto tá parado. Tá bom?... Essa grandeza, então,
133 chamada torque... a grandeza chamada torque..., pois não...

134 **Aluno A₄:** Essa força que faz com que tem que ser perpendicular ao eixo de rotação e tem
135 que ser perpendicular ao eixo do raio que liga...

136 **Prof.:** Isso! Isso! Isso! Justamente pra ela... Não é que ela tem que ser, se ela for é que é o
137 jeito que ela melhor aproveitava pra produzir a rotação. É o jeito que ela causa o maior
138 torque no sistema, tá? Ela pode ser aplicada em princípio em qualquer direção, só que ela
139 é mais efetiva quando ela tá, primeiro esse eixo tá perpendicular a esse e segundo esse
140 cara aqui, tá perpendicular a esse... O torque desempenha pro movimento de rotação, tá?,
141 um papel parecido que a força representa, uma força representa num movimento de... num
142 movimento linear. Então você tem um paralelo, também, você vai ver que no seu livro aí
143 tem um subcapítulo que chama, tem um subcapítulo que chama Segunda Lei de Newton
144 num movimento angular, tá? Segunda Lei de Newton é o item 11.9... Segunda Lei de
145 Newton que você conhece, quando você vai... pra movimento circular, tá?, movimento de
146 rotação, você tem que o torque é o produto do momento de inércia pela aceleração
147 angular... Então o torque, o torque faz o papel muito parecido com a força...

2º Episódio do dia 17/10/2003

Aluno A₁: Professor.

Prof.: Oi.

Aluno A₁: Então essa da frente tá puxando o eixo e...

*Prof.: Isso. O que tá acontecendo na verdade pro carro andar? O motor tá transmitindo o torque pra roda traseira certo? Tá tentando fazer a roda traseira girar em torno do eixo. O que acontece? **O chão encostou na roda traseira**, ela não vai girar com a velocidade que ela gostaria porque o motor tá dando torque pra ela, o que vai acontecer? Como ela tá em contato com o solo **ela vai sofrer uma força do solo...** tá certo, que vai fazer essa força que ela sofre do solo, tá, vai fazer que combinado com o torque que você tem **aqui, o solo empurre todo esse sistema pra frente, tá? Na verdade, essa força que tá aparecendo aqui vai ser uma força que depois vai acabar aparecendo empurrando o eixo**, o centro de massa do sistema vai aparecer sendo empurrado pra frente, mas isso veio porque então? Veio do torque que o eixo transmitiu pra roda.*

Aluno A₁: Que é da primeira.

Prof.: Oi?

Aluno A₁: Que é da primeira.

*Prof.: Dessa aqui (aponta para o desenho do carro de fórmula 1). O motor transmitiu o movimento de giro pra roda, tá?, só que esse movimento de giro pra roda foi convertido então em deslocamento linear. Agora, essa roda que tá aqui, a dinâmica dela é diferente da outra, por quê? Porque essa roda que tá aqui, o eixo dela tá em vez da roda tá tracionada o eixo dela tá sendo empurrado pra frente, tá... como se tivesse, **antigamente eles faziam brinquedo, pegavam uma latinha..., mas antigamente tinha uma latinha que você fazia um furo numa latinha dessas de leite, e tal, passava um araminho na latinha e saía puxando**. Vocês já viram isso daí?*

Aluno A₂: Com certeza.

Prof.: E esse tipo de coisa é parecido com o que acontece nessa roda que tá aqui, tá, você tá puxando o eixo da... tá puxando o eixo da roda... tá, sem na verdade tá fazendo aquela tração no pneu. O pneu tá rolando livre no sistema você tá puxando o sistema pelo eixo, na hora que você tá fazendo isso de puxar o sistema pelo eixo, se você tivesse uma superfície

lisa, por exemplo, ela ia arrastar pra frente, tá?, a força de atrito que vai fazer, na verdade, vai segurar essa roda pelo arraste.

Aluno A₃: Professor, essa parte das forças de atrito são iguais ou diferentes?

Prof.: Elas, elas podem ser bastante parecidas, tá? De maneira que muitas vezes você vai calcular o que acontece **num carro, por exemplo, que tá andando sem desprezar**, tá... por conta do próprio movimento da roda, se a roda tá engraxada é um a boa roda você praticamente você tem que desprezar as diferentes forças, tá?

Aluno A₃: Considera iguais?

Prof.: Você pode considerar a soma dessas iguais, eliminando praticamente o atrito com o solo numa superfície horizontal. O atrito principal que você vai ter é da resistência do ar. Muitas vezes quando você faz a conta você pode desprezar essa parcela com relação ao arraste que você precisa ter no ar... Trabalhando isso aqui, **agora o entendimento desse problema aqui fica mais ou menos sossegado?** Agora se não vai reclamar se eu apagar essa aqui e deixar só aquela (desenho da roda)? Agora isso, agora é uma coisa que parece que tá puxando pelo eixo como se fosse uma dessa (desenho do carro de fórmula 1)... tá?

Aluno A₁₄: Agora ficou claro pra mim.

Prof.: Melhorou agora? Então agora você tem uma força resultante pra cá, mais é a combinação do peso com a normal de uma coisa que parece que puxa o objeto pra cá, mas puxa pelo eixo não tracionando. E não tem nenhum motorzinho lá tentando fazer o cara girar mais rápido do que o limite... tá? Ele gira, digamos, na velocidade dele, dinâmica dele. Então o que acontece com essa força de atrito?

Aluno A₈: Professor, quando anda também vai pra frente?

Prof.: Quando a gente anda?

Aluno A₈: É.

Prof.: O movimento dessa perna se não há um escorregamento. Se tivesse uma força, se tivesse uma força nessa perna aqui, jogando ela pra trás ela iria mais pra trás do que eu tô jogando. Quando eu tô tentando andar pra frente eu tô tentando jogar essa perna pra trás. Tá. Então ela tem que tá me segurando aí... fazendo uma força pra empurrar pra frente.

Aluno A₈: Eu aplico uma força pra trás, ela aplica uma força pra trás e eu aplico pra frente.

- 63 **Prof.:** *É, eu aplico uma força pra trás e o chão aplica uma pra frente.*
- 64 **Aluno A₆:** *Professor, aí inverte se eu começar a frear o carro? Inverte os dois...*
- 65 *(O professor acena várias vezes que “sim” com a cabeça)*

3º Episódio do dia 17/10/2003

Prof.: Deixa ver se eu consigo... (fica parado por um tempo pensando) Deixa ver se eu consigo arrumar um exemplo... **Vamos supor, sabe aquele brinquedo de criança, sabe aquele brinquedo de criança que você tem? Aquele gira-gira que você tem?**

Aluno A₁₄: No parquinho.

Prof.: Você tem no parquinho de criança? Vamos supor... vamos supor, o que a gente poderia pensar pra fazer uma **analogia** com aquele sistema ali, tá?... Vamos supor que você tá tentando empurrar aquele gira-gira tá você tem um grupo de crianças lá você tem o seu sobrinho lá no gira-gira, você tá tentando empurrar aquilo, pra fazer com que ele gire com uma velocidade maior, tá, você tá tentando fazer com que o... o gira-gira aumente, olhando de cima tá você tá aqui empurrando o sujeito, ele tem uma velocidade... Na verdade, vamos supor que você... o gira-gira fosse... a pessoa que tá no gira-gira, você ficaria parado no lugar, tá e uma das pessoas que tá no gira-gira, tentasse fazer, uma das pessoas que tá no gira-gira tentasse fazer esse aumento da velocidade pra cá, esse aumento da velocidade pra cá dá uma aceleração angular alfa **saindo do quadro**, tá? Quando você tava fazendo, você tava tentando fazer o sistema empurrar, você tava aplicando um impulso, a força que você tava aplicando no sistema era pra lá, tá?... Se você tiver parado na verdade, vamos supor que você fica parado agora e a pessoa que tá no gira-gira vai tentar fazer a mesma coisa, ela vai tentar, ela, a pessoa que tá aqui no gira-gira, vai tentar empurrar você pra cá... tá? A pessoa que tá no gira-gira vai tentar empurrar você.

Aluno A₃: Pra trás, pra trás.

Prof.: Então se você tá parado e você, por exemplo, como o chão, tá pra nós um sistema desse tá tracionando e a pessoa que tá parada lá perto do gira-gira tá fazendo o papel do chão, tá? Então o que vai acontecer? A pessoa que tá parada fazendo o papel do chão e a outra que tá no gira-gira, a que tá no gira-gira vai tentar fazer uma força na pessoa que tá parada pra cá, e a pessoa que tá parada vai tentar fazer uma força no gira-gira pra lá.

Aluno A₁: Que é do chão, no caso, professor.

Prof.: Que é a força do chão em cima da roda, que é a força de atrito.

Aluno A₅: A pessoa que tá parada tá empurrando o gira-gira?

32 **Prof.:** Não. A pessoa que tá parada tá quietona lá e a pessoa que tá no gira-gira usa ela
33 pra dar o impulso.

34 **Aluno A₅:** Ah, entendi, professor.

35 **Prof.:** Tá, é isso que faz uma roda aí tá tracionando, tá? Então... a hora que ela faz isso
36 daí, a força que ela exerce na, a força que a roda ou a pessoa do gira-gira exerce na
37 pessoa que tá parada é pra cá, mas a força que a pessoa que tá parada exerce no gira-gira
38 é pra lá. Então a hora que a roda tá tracionando, **a força de atrito faz um papel parecido**
39 **com o da pessoa que tá parada no gira-gira que tá rodando.** Melhorou? Então a roda que
40 tá tracionando faz uma coisa como essa... a roda que tá tracionando faz uma coisa como
41 essa, tá?, e a força de atrito na roda aí que tá tracionando, por **analogia** com o nosso
42 negócio do gira-gira, então, eu sou uma pessoa que tá parada, eu mesmo tando parado
43 aqui pelo fato do gira-gira tá querendo aumentar a velocidade dele, tá tracionando, tá
44 certo? Eu acabo fazendo uma força, eu acabo fazendo uma força pra lá no gira-gira pra
45 aumentar tanto essa como essa, tá legal?... Tá. Então essa é a força da pessoa no gira-gira
46 que tá querendo aumentar a velocidade com energia própria, o sujeito que tá lá dentro no
47 gira-gira tá empurrando pra fora, tá te empurrando pra fora. Então essa aqui desempenha
48 o mesmo papel análogo, papel análogo que é aquela que tá lá.

49 **Aluno A₆:** O sentido do gira-gira tá, na verdade, contrário.

50 **Prof.:** O gira-gira tá girando pra lá, tá aumentando a velocidade dele pra lá, tá, cara? Pra
51 trás, o momento circular aí no caso, ele é anti-horário, olhando de cima tá no anti-horário.

52 **Aluno A₁:** Ele aplica com uma força pra frente, pra trás, né?, a pessoa pra ganhar o
53 impulso faz uma força de atrito pra frente.

54 **Prof.:** A pessoa que tá parada, a pessoa que tá parada vai acabar exercendo uma força
55 pra lá.

56 **Aluno A₁₈:** Professor, mas é o mesmo caso daquela roda, porque na roda o sentido tá
57 diferente não tá?

58 **Prof.:** Essa... essa roda que tá aqui tá fazendo isso.

59 **Aluno A₁₈:** Mas a força de atrito é a mesma?

60 **Prof.:** Essa roda tá fazendo isso... só que ela tá querendo aumentar...

61 **Aluno A₃:** Tá certo professor? A roda tá fazendo uma força pra trás... e pra frente?

62 **Aluno A₁:** Mais ela tá com velocidade constante.

Prof.: Tô querendo aumentar a velocidade nesse sentido, eu tô aplicando uma força num determinado sentido, aqui a única coisa que tá mudando é qual é o sentido que eu tô querendo aumentar a velocidade. Imagina se eu tivesse na outra sala lá olhando essa roda aqui, não é uma coisa parecida com essa? Imagina se eu fosse um aluno lá da outra sala olhando essa roda aqui, que eu desenhei aqui com a mesma força de atrito, com a mesma coisa. Essa daqui apareceria ao contrário pra ele, e essa daqui, e essa aqui...

(Alunos falando todos ao mesmo tempo tentando entender a explicação)

Prof.: Quando ela tá passando pra cá, a força tá pra cá nesse caso...

(Alunos falando todos ao mesmo tempo.)

Aluno A₇: Tá rodando assim.

Prof.: Eu tô considerando como se fosse a força de atrito que tá rodando assim, mas ele tá acelerando pra cá. Tá aumentando a velocidade dele pra cá, então pra aumentar a velocidade dele pra cá, e ele, e ele roda, precisa empurrar o sujeito pra lá... Então o sujeito que tá parado vai empurrar a roda pra cá... tá? Então quando você tá tracionando, tá?, se eu olho o sistema assim... É você tá vendo que aqui, na verdade, eu tô aumentando a velocidade angular, e aqui a roda tá girando nesse sentido né?

Aluno A₇: É o mesmo caso, né?...

Prof.: É, eu não sei se com esse negócio do sujeito empurrando eu consegui simular, fazer a **analogia** perfeita com a roda tracionando... Você tem razão, talvez seja, talvez seja que uma coisa é diferente da outra. Agora com certeza... com certeza é essa que vale na primeira, tá?... não sei quão boa foi minha **analogia**, depois eu vou dar uma pensada que foi meio na...

Aluno A₁: Na hora.

Prof.: Na hora. Eu vou ver se tem algum furo lá na **analogia** que eu fiz. Mas com certeza isso aqui é válido, se você tá tentando aumentar a velocidade do esforço da roda, é diferente de você tá tentando por esforço do eixo. Se você tem uma coisa como essa aqui tá na roda que tá sendo empurrada pelo eixo sem tracionar, ela vai ter uma coisa como essa. Então quem respondeu que é pra lá e não pra cá acertou, tá? E o básico disso aí é isso tá? Se você tá, aquela **analogia** que eu fiz aqui inicial... um objeto sendo puxado pelo eixo ou um objeto tentando aumentar a velocidade de giro tá... Porque olha a diferença, olha só... se você tiver uma roda como essa sendo tracionada, se você colocar um pouquinho de óleo

94 *aí, vai aumentar bastante a velocidade dela, vai aumentar bastante a velocidade dela de*
95 *giro, a hora que você baixa o coeficiente de atrito aqui, tá? A outra que tá andando, a*
96 *outra que tá andando como sendo puxada pelo eixo, tá?, a hora que você coloca, você*
97 *diminui o atrito dessa superfície ela vai ter tendência, ao invés dela fazer isso ela vai ter*
98 *tendência de se arrastar. Então **uma tem a tendência de girar em falso** e a outra tem a*
99 *tendência de quando você utiliza o óleo de se arrastar tá? Pessoal pensem um pouquinho*
100 *nisso, tá, dá uma olhada com detalhe com carinho nesse, nesse tipo de coisa. Vê se você*
101 *tenta entender o que tá acontecendo aí. Sei que tem seus detalhes precisa pensar direitinho*
102 *no que tá acontecendo, mais é bom de vez em quando você aí parar e pensar com calma*
103 *nesse tipo de detalhe.*

1 **Entrevistadora:** Professor, obrigado pelo senhor poder participar aqui da entrevista.
2 Agradeço a disponibilidade.

3 **Prof.:** Também fico contente em poder vir.

4 **Entrevistadora:** Obrigado... Bom professor eu fiz uma entrevista bem simples de acordo com
5 o que foi filmado e observado na aula do senhor, no segundo semestre do ano passado (ano
6 de 2003) com a turma do primeiro ano do curso de Física.

7 **Prof.:** Isso mesmo.

8 **Entrevistadora:** A primeira pergunta é a seguinte: Geralmente é comum os alunos
9 comentarem que física é difícil, que os conceitos são complicados de entender etc. Qual a sua
10 opinião sobre isso? Por que o senhor acha que acontece isso?

11 **Prof.:** Você diz esses comentários entre os alunos, os próprios alunos da física ou os alunos
12 de outros níveis ou pessoas?

13 **Entrevistadora:** É, que tem contato com o ensino de física né.

14 **Prof.:** Olha, eu assim, eu selecionaria isso; eu responderia por categorias tá. Eu acho que é...
15 falando primeiro dos estudantes de física, eu acho que, uma das dificuldades que eu acho que
16 tem da questão da física e tal, não é da questão da física em si, mais eu acho que é do, do
17 próprio tipo de trabalho intelectual em si né, que digamos envolve a física, por exemplo.
18 Talvez o pessoal é... não tá acostumado a ter o tempo suficiente pra fazer reflexão tá.
19 Realmente para um pouco e pensar sobre os fenômenos da física, por exemplo. E eu acho
20 isso, talvez é uma coisa que vem das... do ensino anterior né, da maneira como a física é vista
21 nas escolas e... e eu acho que é isso né, quer dizer, é... é aquele momento que eu acho que a
22 dificuldade que nós temos é a seguinte, de cada vez nós temos menos tempo pra aquele
23 momento que o sujeito pára e começa a refletir sobre os fenômenos da natureza, porque a
24 física basicamente é uma, digamos, é uma descrição né mais detalhada e tal dos fenômenos
25 da natureza. Então, eu acho, assim, que a principal coisa é a pessoa... perceber que ela
26 precisa parar um pouco pra fazer uma análise mais profunda dos fenômenos da natureza.
27 Então, eu acho que a falta dessa idéia, eu acho que acaba entrando em choque com as coisas
28 que acabam sendo dadas na física e, também, pelo fato de no nosso currículo, por exemplo,
29 nós temos muitos pontos pra trabalhar uma quantidade grande de pontos a serem
30 trabalhados, né, e que exigiria talvez um tempo muito grande se a gente realmente for passar
31 por todos os fenômenos que a gente tem que abordar aí e tal e como o currículo é bastante
32 apertado, então, ele próprio faz com que haja essa tendência, assim, de você correr um pouco
33 né... e conseqüentemente o que que acontece? Ou seja, num determinado curso vamos supor
34 a disciplina de Física II, Física Geral II pros alunos da física. Nós temos que passar por uma

35 série de temas, uma série extensa de temas e que talvez não dá o tempo suficiente pra uma
36 pessoa ter essa reflexão. Então, eu acho que isso causa um certo conflito entre a matéria,
37 entre a questão do que a gente pode achar que é o aprendizado e depois eles podem ficar com
38 essa sensação de que é uma coisa difícil. Mas é... em princípio eu não concordo com a
39 questão do difícil, eu acho só a questão de dedicar um tempo adequado pra estudar o
40 fenômeno.

41 **Entrevistadora:** O que o senhor acha que poderia contribuir para facilitar (ou reduzir as
42 dificuldades) a aprendizagem dos conteúdos de física?

43 **Prof.:** É como a física é uma ciência natural, eu acho que uma coisa importante pra se ter
44 realmente o aprendizado, é você fazer o teste na natureza de como aquelas coisas acontecem
45 tá, ter uma interação entre essa parte teórica, digamos que a gente pode aprender essa parte
46 conceitual que a gente aprende e a observação, eu acho que uma interação entre essas coisas
47 é... pode ajudar, mais dentro de tudo isso precisa ter aquela motivação do estudante nosso,
48 entendendo que aquilo tudo é uma coisa que exige uma reflexão, talvez mais calma, mais
49 tranqüila, mais detalhada dos fenômenos que estão sendo estudados tá. Eu acho que isso
50 poderia ajudar bastante, quer dizer a interação entre a prática e a, e a teoria né, talvez uma
51 prática num sentido diferente dos nossos laboratórios didáticos, talvez uma prática mais
52 abrangente, reconhecimento das situações do dia-a-dia daquela, daquele conceito físico que
53 tá sendo envolvido na hora da aula.

54 **Entrevistadora:** O senhor utiliza algum recurso (estratégia) em sua aula, no sentido de
55 facilitar a compreensão dos conceitos que estão sendo estudados?

56 **Prof.:** Olha, eu faço um tentativa né de... é... colocar pra eles sempre que possível algumas
57 situações práticas. Então eu acho que isso pode ajudar no, nesse, no desenvolvimento é...
58 desse aprendizado dos conceitos né, desse... meio que o entendimento dos conceitos, dos
59 mecanismos envolvidos na física. Eu tento ilustrar com situações aí, algumas vezes na sala eu
60 tento, eu tento colocar pra eles pra observarem as coisas numa situação do dia-a-dia tá,
61 agora eu não sei até que ponto isso vai, quer dizer, é uma mensagem que a gente tenta
62 passar, mas que é, uma coisa meio intuitiva assim eu não sei dizer se é, não é muito
63 programado isso tá, você a hora que você tá preparando uma aula você lembra de alguma
64 situação que você poderia exemplificar pra eles ou então, as vezes, na mesma hora da aula a
65 partir de uma pergunta você pode lembrar de uma situação prática que possa trazer. Então,
66 eu acho bastante importante essa ponte entre a prática e os conceitos que eles estão
67 aprendendo.

Entrevistadora: Professor, eu vou mostrar algumas cenas que foram filmadas na sua aula com os alunos do 1º ano no segundo semestre de 2003 e eu gostaria que o senhor comentasse sobre as cenas contidas nesses episódios de ensino. Fica a critério do senhor, se o senhor quiser párar durante a exibição do episódio.

Prof.: Tipo de comentário mais ligado com essas perguntas que você fez?

Entrevistadora: É, se o senhor em algum momento percebeu que houve uma situação de dificuldade e gostaria de comentar. Que o senhor interpretasse mesmo a aula.

(Exibição do primeiro episódio – 03.10.2003)

Prof.: É talvez eu tenho uma crítica já pra, pra fazer. Aquele objeto (“batatóide”) não parece nada com um objeto, aquele objeto não parece nada com um objeto real né... mas aparece muito nos livros didáticos de física... É quando tem alguma coisa concreta assim explicando pelo menos dá a sensação de que fico mais claro, eu não sei... (uso da porta na explicação) O que eu noto é isso daí, quer dizer, coerente com aquelas coisas que a gente tinha conversado no início né. Olhando só pro desenho, por exemplo, se o livro didático, por exemplo, tem só o desenho, as vezes é difícil pro aluno, fica difícil pro estudante perceber exatamente o desenho tridimensional... Você faz aplicado a um ponto e tal, então usando uma exemplificação assim mais direta é mais difícil de pegar... Eu sou um pouco suspeito pra falar porque eu sou um físico experimental também, né, eu acho que, não sei se... É um pouco de filosofia né (Risos)... É eu tentei aí deixar... eu não sei se isso é muito consciente só, mais eu tentei evitar esse negócio de colocar junto aí a expressão do produto vetorial, por exemplo, daquele vetor e, explicar o significado físico pra depois chegar ali na expressão vetorial completa é meio que fazendo a explicação da, da física primeiro e depois da matemática. Eu acho que isso é uma coisa importante porque se a gente faz o inverso muitas vezes eu acho que perde o... A gente perde o contato com, com os estudantes... Tem aquela história, o aluno, as vezes, passa a pensar que o torque é aquilo, aquela expressão matemática né, então, eu acho que primeiro... eu acho que nesse aspecto aí se eu fosse repetir a aula, eu começaria fazendo mais ou menos nessa seqüência mesmo. Primeiro enfatizar bem o conceito físico pra depois... Ah! Voltando, voltando até um pouco naquela, naquela pergunta que você tinha feito, a questão da dificuldade dos conceitos. Quer parar um pouquinho? (Pausa na exibição da fita) Depois de ver essa questão sobre torque me veio a mente naquela pergunta que você fez sobre a questão da dificuldade conceitual que existe na física, eu acho que na verdade, não é questão muito da dificuldade conceitual, eu acho que talvez é uma dificuldade no fato de que o estudante aprende um conjunto de fórmulas né no fim do... o que acaba ficando pra ele do... do ensino nos vários níveis aí é um conjunto de fórmulas né e depois tentar ficar resolvendo um

102 *problema de livro, por exemplo, utilizando aquelas fórmulas. Então, eu acho que isso aí é um*
103 *problema que gera muita confusão dessa, que se diz aí conceitual, mas não é muito*
104 *conceitual, meio metodológica né, tinha que estar um pouco embutido na maneira como a*
105 *gente ensina, uma maneira um pouco como a gente aprendeu física, tá? Então, só pra voltar*
106 *um pouquinho aí. (Continuação da exibição da fita)*

107 **Entrevistadora:** *Não sei se o senhor gostaria de fazer mais algum comentário sobre esse*
108 *episódio, as cenas exibidas.*

109 **Prof.:** *É talvez essa última fase aí. A coisa que pode me trazer a mente é que sempre, também,*
110 *sempre tento é vincular uma coisa nova que eles estão aprendendo com as coisas que eles já*
111 *sabem mais, quer dizer, talvez esse pedaço aí (última fala do professor) fazendo uma*
112 *analogia da segunda lei de Newton com, aplicada ao movimento circular e inclusive é um*
113 *capítulo que eu achei bem feliz, que tem um subcapítulo que tem no Halliday, que eu achei*
114 *muito bacana, inclusive, justamente, faz esse paralelo entre as coisas já aprendidas com as*
115 *coisas que estão sendo aprendidas, das coisas novas que eles vão aprender. Infelizmente,*
116 *muitas vezes é em cima das equações, também, tá. Então, dentro do possível tentar ressaltar*
117 *também a parte conceitual, que é paralela entre uma coisa e outra.*

118 **Entrevistadora:** *Aí nesse caso, então da fórmula, o senhor falou que fez uma analogia com a*
119 *fórmula que eles já conheciam né?*

120 **Prof.:** *Isso!*

121 **Entrevistadora:** *O que é uma analogia para o senhor? Com que função o senhor as utiliza*
122 *nas suas aulas?*

123 **Prof.:** *(Pausa) Olha eu acho que a, eu acho que a questão, a analogia é assim, é... você tem*
124 *um paralelo, você tem um paralelo conceitual e você tem um paralelo também formal da*
125 *expressão que aparece. Então, tentar relacionar essas duas coisas, quer dizer, na hora que eu*
126 *to no final aí, que eu falo que o papel que a força faz na segunda lei de Newton é o mesmo*
127 *papel que o torque faz no, no movimento circular digamos. E a hora que eu faço isso também*
128 *talvez na sequência eu vou falar que na, um outro conceito que eles (alunos) vão aprender na*
129 *sequência que é momento de inércia, por exemplo, que ele tem um paralelo com a massa.*
130 *Então, pra mim sem entrar muito assim a fundo, o que é (risos) essa analogia e tal, ela é uma*
131 *espécie de similaridade entre as coisas né, quer dizer, quando você tem um mecanismo na*
132 *natureza que ele pode é... resultar um movimento que seja, ou que tenha um mecanismo*
133 *similar de uma coisa com a outra, e tentar ressaltar essa similaridade pra dar aquela idéia*
134 *de você ir abrangendo né, a partir de determinadas coisas que você já refletiu a respeito*

delas e tal, e dando uma pista de como que você pode refletir, como que você pode pensar as relações de outras coisas que você aprende na sequência.

Entrevistadora: Então agora professor eu vou passar o segundo episódio aí se o senhor quiser seguir a mesma metodologia de estar parando, comentando...

Prof.: Tá legal.

(Exibição do segundo episódio – 17.10.2004. O docente assiste até o fim e só depois fala)

Prof.: É as perguntas do pessoal também ajudam né, quer dizer, a turma tava bem atenta e tal, eles estavam fazendo as perguntas bem dentro do tema, eu acho que isso daí também ajuda na hora...

Entrevistadora: A explicação do senhor é bem referente às dificuldades que os alunos estavam tendo né. Como o senhor mesmo falou no episódio anterior, o senhor tenta relacionar com aquilo que eles já sabem. O que o senhor percebeu que houve quando o senhor voltou a explicação para este...

Prof.: É a gente fica né, a gente fica muitas vezes sem saber o retorno, até que ponto que aquilo foi, sabe? É... existe uma tentativa de, existe uma tentativa de usar, digamos, usar um outro, uma outra situação pra tentar explicar um, um ponto que a gente tá trabalhando né. Agora, eu acho que algumas vezes isso pode ajudar e algumas vezes nem tanto. É, eu acho que uma coisa importante talvez é a gente fica, depois que a gente faz uma explicação que o aluno pára de na sequência da pergunta e tal é fica sempre a pergunta na cabeça da gente se ele realmente pegou aquilo no sentido correto ou que ajudou aquilo com a explicação ou não, porque às vezes ele encara também porque ele não entendeu né? Então... E sempre fica talvez à vontade de ir além né, mas é... também fica aquela, aquele compromisso entre se você desviar do assunto que você tá trabalhando, você pode gerar outras situações que também têm as suas dificuldades, que pode gerar outras, outras perguntas, então, por isso que eu acho que a gente vai até um determinado ponto e volta, agora, especificamente em cima das perguntas que eles fizeram é... das perguntas que eles fizeram nesse trecho assim... não me lembro de nada muito especial só, talvez penso nesse aspecto aí, quer dizer, existe uma tentativa de, de colocar uma outra situação, mas que a gente não sabe exatamente se pegou bem aquela explicação ou não porque muitas vezes é uma coisa assim, quando não é baseado nas perguntas, as vezes, é uma coisa meio de improviso né. A gente tem que pensar meio rápido e tal e algumas vezes vem a situação boa pra explicar, outras vezes a gente pensa numa situação que a gente mesmo depois pensa, você vai refletir sobre o assunto e não era bem aquilo. Então tem todo esse... né tem toda essa, essa questão desse jogo que na hora das, das perguntas pode surgir idéias bastante variadas e tal e que é difícil prever, quer dizer

169 a, muito provavelmente as aulas não são nada parecidas uma com a outra porque o tipo de
170 pergunta que vem é bastante diferente. Então, é isso que eu posso comentar nesse... nesse
171 trecho.

172 **Entrevistadora:** Eu vou passar o último episódio, então professor.

173 (Exibição do episódio do dia 17.10.2003)

174 **Prof.:** (No início do episódio) É isso reflete bem aquilo que a gente tava conversando.
175 Provavelmente eles fizeram uma pergunta que... (risos)... Eu não consegui na hora... Eu não
176 entendi o que eles perguntaram...

177 **Entrevistadora:** Sobre a questão da força de atrito. O senhor estava explicando o carro de
178 fórmula um, a direção da força de atrito.

179 **Prof.:** Hum!... Ah! É aquele problema, eles não entenderam, eles não entenderam como
180 descia aquela roda girando né. É eu recorri aquele negócio do carro e depois ainda eles
181 ficaram ainda com dúvidas. Eles não entenderam quando tinha a roda girando num plano
182 inclinado... Eles não entenderam o rolamento sem atrito, quer dizer, a função da roda
183 mesmo... a idéia básica da roda num eixo né... Essa foi a minha sorte (referência ao trecho
184 "... Então a hora que a roda tá tracionando, a força de atrito faz um papel parecido com o da
185 pessoa que tá parada no gira-gira que tá rodando. Melhorou?...") Essa dificuldade de
186 entender né porque num diagrama de forças, a força de atrito em vez de tá puxando o cara
187 pra trás é como se ela tivesse empurrando (risos)... é eu acho que eu... (Final do episódio) É
188 talvez como um comentário desse ponto aí o que eu tenho a dizer é o seguinte, muitas vezes o
189 assunto não fica fechado, mas o simples fato dele ter causado a discussão e o pessoal
190 começar a pensar sobre ele, eu acho que tem o seu valor tá. Então, algumas vezes, mesmo
191 que um exemplo de uma determinada situação possa não ser exatamente aquele ponto que
192 serviria pra encaixar a, talvez se a peça do quebra-cabeça que tava faltando pro estudante
193 pra ele entender exatamente aquela, aquele fenômeno que tá ali né, às vezes, um exemplo, ou
194 alguma coisa de situação prática que você tem, ele começa a suscitar outras perguntas e que
195 permite uma reflexão a respeito daquele tema tá, que eu acho que depois no final das contas
196 vai ajudar no aprendizado do, do conceito.

197 **Entrevistadora:** Nesse episódio aí o senhor deixou bem explícito o uso da analogia né, como
198 em uma das cenas do primeiro episódio, e o que...

199 **Prof.:** Bem explícito?

200 **Entrevistadora:** É bem explícito.

201 **Prof.:** Explícito?

202 **Entrevistadora:** Isso. O que o senhor acha do uso da analogia?

203 **Prof.:** É eu acho isso. Tem um valor, é... ela tem seu valor pra você poder induzir o pessoal a
204 começar a pensar em situações práticas que possam envolver o fenômeno tá. Talvez nem
205 sempre uma analogia criada na sala de aula, assim, meio de improvisado como acontece e tal,
206 ela talvez não pode, é como a gente já comentou né, talvez possa não ser exatamente o ponto,
207 ou possa até ter alguma coisa de incorreto na hora de colocar aquele tipo de coisa, não se
208 encaixa bem exatamente no, no problema que você tava querendo demonstrar e tal, mas eu
209 acho que apesar disso ela tem o seu valor por conta de suscitar a discussão né, porque aí
210 você descarta que, começa a pensar num determinado assunto, você pode até descartar
211 aquele ponto, os estudantes podem pensar outra, outra possível explicação e pode, então,
212 nessa troca de idéia eu acho que ela é bastante benéfica.

213 **Entrevistadora:** O senhor percebeu que houve algum efeito nos alunos quando usou as
214 analogias e/ou as metáforas nas suas explicações?

215 **Prof.:** É eu acho que, eu acho que há, eu acho que desperta quando você fala numa situação
216 prática é, conseqüentemente é, eles tentam imaginar aquela situação ou já tiveram alguma
217 experiência relacionada com aquele tema tá. Isso pode servir pra resolver aquela pergunta
218 que foi levantada na primeira vez, pode servir pra levantar outras perguntas, as vezes pode
219 deixar até o assunto mais aberto tá. Eu acho que a coisa que favorece nisso é esse ambiente
220 de discussão e de é... de busca dos próprios alunos de encontrar uma explicação pro
221 fenômeno e a idéia é assim que eles talvez encontrem depois a explicação formal num estudo
222 mais detalhado que eles vão fazer e na reflexão mais detalhada que eles podem fazer a
223 respeito do assunto.

224 **Entrevistadora:** Nos casos que o senhor usou a analogia né, no primeiro caso que foi a
225 relação das fórmulas, o senhor falou “procurei deixar paralelo né com o que eles já
226 conheciam” e agora. Então, o senhor acha que ela facilita ou não a aprendizagem. Por quê?

227 **Prof.:** Fazendo a analogia de uma situação prática, eu... eu acho que facilita, quer dizer, é,
228 eu acho que isso aí propicia um clima na aula de troca de idéias tá, eu acho que isso talvez é
229 a coisa principal né, na hora de puxar e sabe envolve, eu acho que envolve um pouco de
230 estudante a hora que você começa colocar situações práticas e tal, eu acho que você envolve
231 mais o estudante em pensar sobre o assunto sabe, refletir, trazer idéia na classe pra
232 discussão e tal. Eu acho que nesse ponto é uma coisa que facilita bastante. É se bem que eu
233 volto a frisar aquele ponto né, quer dizer, eu não sei depois né de... se você me perguntar
234 assim oh concretamente aquele serviu pra ele ter, pra ele realmente adquirir o aprendizado
235 formal daquele ponto que você tava querendo explicar? Tá. Eu, eu não sei fazer uma
236 avaliação assim quantitativa, realmente pra falar “olha ele foi no sentido que a gente

237 *esperaria, quer dizer, ele adquiriu uma melhor compreensão do fenômeno ou não?” Tá. Isso*
238 *é... Eu não tenho como avaliar, assim, direto tá, mas a... a impressão que fica é isso, que ele*
239 *facilita na hora de, da gente trocar idéia, porque se não se você colocar todas as idéias*
240 *prontas e fechadas num quadro tá, se você não recorrer, eu acho que a coisa fica muito*
241 *formal tá e acaba é perdendo aquele link que a gente gostaria, que é fazer o estudante*
242 *relacionar as idéias da física com as idéias do mundo real, fazer o... o paralelo entre uma*
243 *situação prática e uma situação, digamos, formal que a gente tem da, da teoria. Eu acho que*
244 *nesse ponto ajuda bastante.*

245 **Entrevistadora:** *Mais uma vez obrigado professor pela disponibilidade.*

1 **Entrevistadora:** Geralmente é comum alguns alunos comentarem que física é difícil, que os
2 conceitos são complicados de entender etc. Qual a sua opinião sobre isso? Por que você
3 acha que acontece isso?

4 **Aluno A₁:** Os alunos do ensino médio?

5 **Entrevistadora:** Pode ser da sua turma, do ensino superior; os alunos que tem contato com o
6 ensino de física. Eu gostaria de saber qual é sua opinião sobre essa afirmação. Por que os
7 alunos acham que física é difícil, que os conceitos são complicados de entender; por que você
8 acha que acontece isso?

9 **Aluno A₁:** Certo. Porque o professor ele já passa de maneira difícil. Primeiro a formação do
10 professor, geralmente, eles são professores formados em física, né? Eentão, eles são
11 professores de matemática, professores de química, de outras áreas né? Então, ele não... ele
12 acaba passando... é dando uma visão, assim, que física é só fórmula, né?, e ele passa dessa
13 maneira pros alunos né? porque ele vai no livro lá né, ele só vê isso, as fórmulas tal e passa
14 né. Acredito que o maior culpado é o professor tá?, e... daí começa aquele desinteresse do
15 aluno né? O professor passa de uma maneira é... complicada, ele passa só a fórmula e...
16 vamos aplicar a fórmula e... Então, fica uma coisa chata, uma coisa desgastante sabe, daí cria
17 aquele embate né?, que física é chata, física é ruim, tal é... e aí fica nessa coisa assim... Por
18 isso que eu acho que o aluno sente esse desinteresse pela física.

19 **Entrevistadora:** O que você acha que poderia contribuir para facilitar (ou reduzir as
20 dificuldades) a aprendizagem dos conteúdos de física?

21 **Aluno A₁:** Eu acho que deveria tá melhorando a formação do professor né? O curso por ser
22 um curso de licenciatura... mais com bastante matéria de educação, deveria ter bastante
23 matérias de educação é... porque mesmo você fazendo um curso de licenciatura, as vezes,
24 esse curso não te dá essa base sabe, na educação, te dá física, física, física, mais não te dá
25 maneiras de você ensinar essa física né? Ele espera que você crie uma maneira sua sabe, mas,
26 as vezes, você não tem capacidade pra isso né? Então, você precisa ter uma base, tá tendo é...
27 uma leitura, tendo disciplinas que mostrem várias formas de você tá dando aula, pra você ver
28 uma que você vai se adequar a esse sistema, e você praticar aquilo, aí você vai melhorando
29 com o tempo né? Você vai melhorando depois.

30 **Entrevistadora:** O professor em suas explicações na sala de aula utiliza algum recurso
31 (estratégia), no sentido de facilitar a compreensão dos conceitos que estão sendo estudados?

32 **Aluno A₁:** Utilizou. Ele perguntava de início na aula, ele já fazia uma pergunta pra ta sendo
33 desenvolvida na aula, tudo. Só que faltava a resposta no final da aula, e eu acho que ele
34 queria que você mesmo criasse a resposta, sabe? Então, a gente... eu não sei se a intenção

35 *dele era que você tivesse a resposta no final da aula, que você mesmo... ou ele deveria ter*
36 *dado a resposta no final da aula, e ele por algum motivo não dava... Não sei. Então, eu acho*
37 *que ele esperava da gente mesmo, e... Quer que eu comente sobre as aulas também?*

38 **Entrevistadora:** *Bom, eu vou estar passando alguns episódios de aula. Então, o que você*
39 *acha que ele utilizou foi a questão da discussão?*

40 **Aluno A₁:** *Da discussão. Ele discutia bastante. Não ficava muito em fórmula, ele gostava*
41 *mais de falar, de discutir, e isso é interessante.*

42 **Entrevistadora:** *Eu vou mostrar alguns episódios que foram filmados no segundo semestre de*
43 *2003, quando eu assisti às aulas da disciplina de Física Geral com vocês, e eu gostaria que*
44 *você comentasse sobre as cenas contidas nesses episódios.*

45 *(Exibição do 1º Episódio)*

46 **Aluno A₁:** *Você percebe... Pode parar um pouquinho. (Trecho da exibição: Aluno A₅:*
47 *Professor, isso aí é a mesma coisa da porta, né? Essa é a mesma força aqui na porta, né? Se*
48 *eu fizer uma força aqui na porta (faz o gesto) e puxasse ela.) Você percebe ali que o*
49 *professor, ele pergunta né ele faz a discussão. É legal essa discussão né, todo mundo fala e*
50 *tal, só que daí vai da maneira de cada um de aprender porque eu consigo aprender, mas*
51 *tando escrevendo, pra mim eu aprendo bem quando eu escrevo, e a discussão é interessante*
52 *pra aquele momento, você discute legal, só que depois você vai ver, será que sobrou bastante,*
53 *sobrou alguma coisa da discussão? Sabe? Será que... eu aprendi bastante naquela aula, mas*
54 *será que depois eu vou lembrar aquelas... tudo aquela discussão que teve? Então, daí vai da*
55 *maneira de cada um aprender né? e eu acho que a maioria é... bom eu não posso falar pela*
56 *maioria, mas acredito que as pessoas aprendem mais é quando elas, além de discutir, elas*
57 *põem no papel aquilo que tá discutindo, e aí é uma discussão, você aprende bem naquele*
58 *momento, tudo sabe, e depois né?*

59 *(Continuação da exibição do 1º Episódio)*

60 **Aluno A₁:** *Você percebe ali... (refere-se ao trecho: Aluno A₃: Por que isso? Prof.: Nós*
61 *vamos chegar lá matematicamente...) que ele (professor) valoriza suas opiniões né? Então o*
62 *peçoal... ele, ele cria aquelas perguntas, ele cria situações... ali o A₃ não tinha entendido o*
63 *que ele (professor) tinha perguntado, o professor deu um monte de exemplos, e ele (A₃) não*
64 *entendeu pelo jeito que ele (professor) foi falar da porta novamente. Então, é... aí acontece de*
65 *o professor dá um monte de exemplos ao invés de continuar no exemplo da porta né... você*
66 *viu que ele foi pra porta, todo mundo entendeu né? Então, o interessante do professor né, é*
67 *que ele valoriza suas opiniões né, mesmo ali que ele tá fugindo daquele exemplo inicial que*
68 *ele tinha dado e tal, e acho que o A₃ não entendeu. Eu não sei e ele foi pra... voltou pra*

69 casa... agora... mais... então, não sei na porta lá professor, tal, achei que ele não tinha
70 entendido, então daí ele entendeu. Então é interessante essas situações, esses exemplos bem
71 próximos que... que você, que você consegue ter uma abstração e imaginar aquilo né? porque
72 fala uma coisa, né, que o aluno não consegue imaginar aquilo né e tal, não tem próximo dele.
73 Foi bem interessante esse curso.

74 (Continuação da Exibição)

75 **Aluno A₁:** Você vê que ele se preocupa com cada pergunta né (referência ao trecho: **Prof.:**
76 Nós vamos chegar lá matematicamente... Não sei se vocês já perceberam que nessa altura aí
77 do primeiro ano, tá, mas a física explica muito os como, ela não explica muito os porquê...
78 tá? A natureza é da maneira como ela é, a gente acaba se acostumando com ela... A física
79 explica os mecanismos, a física explica os mecanismos de como as coisas acontecem...). Ele
80 responde... Então você não tem vergonha de perguntar né, porque o clima no ambiente, todo
81 mundo tem dúvida, pergunta, não tem vergonha, sabe?

82 (Continuação da Exibição até o final do Episódio)

83 **Entrevistadora:** Você gostaria de comentar mais alguma coisa?

84 **Aluno A₁:** Ele (professor) mostra a relação entre o torque e a força né, sem demonstrar a
85 fórmula né. Só que ele deixa né, ele mostra bem que existe uma relação ali, sabe? Então... e,
86 as vezes... o professor, eles não mostram e, eles pegam e só jogam aquilo e nem fala que tem
87 uma relação, e ele até dá uma referência pra você procurar isso, entendeu? Então, por
88 questões de tempo, as vezes, ele pode até demonstrar, mas ele dá uma referência pra esse
89 fato, ele fala que existe uma relação e tal né, dá mais ou menos pra você vê essa relação
90 mesmo que... mesmo ele não tendo demonstrado a fórmula... É interessante.

91 **Entrevistadora:** Então agora nós vamos passar para o segundo episódio e você fique a
92 vontade se quiser estar parando durante a exibição.

93 (Exibição do 2º Episódio)

94 **Aluno A₁:** Começa a surgir outras dúvidas com relação à matéria. Então, é interessante
95 porque sinal que a discussão tava boa e todo mundo tava entendendo o que tava sendo
96 discutido. Pode surgir outras dúvidas, outras situações.

97 (Exibição do 3º Episódio)

98 **Aluno A₁:** Você vê que ele se preocupou né, em buscar um outro exemplo... Essa aula foi
99 complicada. É muito estranho, porque a roda tinha que aumentar a velocidade angular pra
100 cá (faz o gesto), mais ele... o professor falava que a força tinha que ser pra cá (faz o gesto).
101 Mais e... mais daí ele falava que tinha que aumentar a velocidade da roda, só que a gente
102 entendia que a velocidade da roda tava nesse movimento, mais daí ele pôs a velocidade

103 angular no sentido contrário ao sentido do movimento e... daí ele falava “não mais o gira-
104 gira tá nesse sentido”, e a velocidade angular dele tava no outro sentido. Então...

105 **Entrevistadora:** Você acha que complicou a partir do momento que ele introduziu o gira-
106 gira, a situação do gira-gira, ou você acha que já estava complicado antes?

107 **Aluno A₁:** Já tava complicado no carro, e ele foi procurar um exemplo e...

108 **Entrevistadora:** Que ele chamou de analogia.

109 **Aluno A₁:**[...] É. Só que daí ele usou um... é... um gira-gira né?, eu não conheço um gira-
110 gira, nem sei o que que é, imaginei o que seria mais ou menos né. Imaginei que fosse um...
111 aquele no parque de diversões, que tem o carrinho que vai assim... esqueci o nome agora.

112 **Entrevistadora:** Montanha-russa.

113 **Aluno A₁:** Isso. Montanha-russa. Imaginei aquela montanha russa... aí eu imaginei isso, que
114 ela pegasse... que nem o globo da morte, sabe? Eu imaginei assim... Não sei tá?... Até hoje eu
115 tenho dúvidas.

116 (Continuação da exibição)

117 **Aluno A₁:** Na roda ele fez a velocidade angular, assim, né (faz o gesto) e no outro, assim, né
118 (faz o gesto). Só que se você olhar da outra sala, a velocidade angular vai do jeito da
119 analogia, só que a força, eu continuo vendo do outro lado, entendeu? Então... Nossa pra mim
120 é uma situação impossível isso.

121 (Quando chega no seguinte trecho do episódio: **Prof.:** É, eu não sei se com esse negócio do
122 sujeito empurrando eu consegui simular, fazer a analogia perfeita com a roda tracionando...
123 Você tem razão, talvez seja, talvez seja, que uma coisa é diferente da outra. Agora com
124 certeza... com certeza é essa que vale na primeira, tá?... Não sei quão boa foi minha
125 analogia, depois eu vou dar uma pensada que foi meio na....)

126 **Aluno A₁:** Eu acho que não... (Risos)... Você vê que ele fugiu do assunto lá do gira-gira, mas
127 ele não assumiu que tava errado, né?... “eu vou ver depois, tal”. Não deve ter visto depois,
128 né?... Fugiu bem do assunto...

129 (Fim do 1º Episódio)

130 **Entrevistadora:** Quer comentar mais alguma coisa?

131 **Aluno A₁:** Não... não... foi, foi boa né essa saída do professor assim né? “Eu tenho que
132 pensar e tal”, ele mostrou que ele podia tá errando também né? Em vez de continuar naquilo
133 e... surgiu várias dúvidas, todo mundo com dúvida, mas como que pode e tal, daí ele parou,
134 pensou e falou, olha eu não sei mesmo se isso daqui tá certo né? Foi boa a colocação do
135 professor né?

136 **Entrevistadora:** É você viu que nesse episódio ficou explícita a questão dele utilizar a
137 analogia. O que seria, então, uma analogia para você?

138 **Aluno A₁:** Analogia pra mim é você tá... É... usando uma explicação, usando uma
139 determinada explicação, um determinado material, ou uma determinada situação, e aquela
140 situação, e aquela situação não cabe ao aluno, ele não consegue imaginar aquela situação
141 sabe? Ele... é a mesma coisa, você vai explicar uma coisa que é o forno de microondas e o
142 aluno não tem um forno de microondas, ele nem consegue imaginar o forno microondas.
143 Então, você usa uma analogia com uma coisa mais próxima da sua realidade.

144 **Entrevistadora:** Qual é a função das analogias nas aulas?

145 **Aluno A₁:** É... você tá é... pegando aquela situação e... e... deixando o mais real possível pra
146 você do que é, que você possa abstrair naquilo, e imaginar aquilo, e tá entendendo melhor.

147 **Entrevistadora:** O que você acha do uso das analogias?

148 **Aluno A₁:** Eu acho bom... Muito bom.

149 **Entrevistadora:** Você acha que o uso de analogias facilita sua aprendizagem?

150 **Aluno A₁:** Com certeza.

151 **Entrevistadora:** No que você se baseia para supor que houve um efeito positivo?

152 **Aluno A₁:** Eu me baseio pelo..., pelos outros cursos de física, física I, II, III e IV, né? É... o IV
153 que eu to fazendo agora. Quando você tem uma determinada situação, que você consegue
154 imaginar é... fica muito mais fácil de você aprender de quando você... de fica só na teoria,
155 teoria, teoria. É muito mais fácil. A teoria explica mais com uma certa decoreba, quer dizer...

156 **Entrevistadora:** A₁, obrigado por você participar da entrevista, e pela sua disponibilidade.

Entrevistadora: Obrigado A₂ por estar podendo participar da entrevista. Como eu te disse anteriormente, o que será relatado aqui será somente para fins de pesquisa, sua identidade será totalmente preservada. A₂, geralmente é comum alguns alunos comentarem que física é difícil, que os conceitos são complicados de entender etc. Qual a sua opinião sobre isso? Por que você acha que acontece isso?

Aluno A₂: Olha, eu concordo em partes com essa afirmação, eu concordo sim. Eu acho que a física ela é, ela é... duas partes né, o conceito, a parte conceitual e a matematização. Então, muitas vezes a matematização de um conceito ele é complicado né, essa passagem né do, da parte teórica pra parte matemática. Então, isso acaba, as vezes, sendo um pouco pesado, transformando a física em algo um pouco mais complicado, um pouco mais difícil. Eu sinto essa dificuldade de passar da teoria pra matematização em algumas vezes fica pesado, ainda mais complicado de entender e de conseguir fazer as coisas.

Entrevistadora: O que você acha que poderia contribuir para facilitar (ou reduzir as dificuldades) a aprendizagem dos conteúdos de física?

Aluno A₂: Olha eu acho que tanto na, na física geral, tanto na física que é ensinado no ensino médio quanto no ensino superior, agora que eu to no segundo ano, talvez, eu não sei se já tenho andado um caminho suficiente pra tá afirmando isso, mais eu acho que falta um enfoque teórico na física, tanto no ensino médio quanto no superior, qualquer parte de ensino da física eu acho que falta um pouco de, de, de ensino teórico. Eu acho que preza-se muito a matematização, muito fazer conta, ao passo que muitas vezes os conceitos eles são esquecidos né. Eu particularmente acredito que a física, ela deveria ser mais enfocada a parte de teoria, a parte de conceito. O aluno tem que saber realmente o conceito, o que que é, e a matematização, não ser uma matematização pesada e tão profunda, a onde que se tome muito tempo com ela, ela é necessária mais eu acho que tem que haver uma certa separação entre áreas que necessitam de uma matematização mais pesada, uma parte de cálculo mais intensiva e a outra não, ou se for ficar unificada, então que aumente um pouco mais a parte conceitual e diminua a parte de matematização ou mantenha a parte de matematização e aumente a parte conceitual, que faça realmente entender o conceito. Porque muitas vezes a gente aprende a fazer a conta, a resolver um exercício, mais as questões básicas da teoria muitas vezes eles passam é batido. E isso aí eu to... eu tive um problema agora no, no, faz uns 15 dias com a parte de laboratório e com relação a iniciação científica onde isso ficou claro, que a parte de conceito, ela é esquecida e eu não tomo isso por base falando de mim, porque eu fui procurar professores que a onde eu questionava o professor falava que pra ele também não ficava claro, se entendeu? Então, se pra um professor não fica claro, como que pra mim

35 vai ficar? Então, eu acho que deveria se, é ensinando mais a parte conceitual da física, o
36 aluno realmente saber o conceito.

37 **Entrevistadora:** O professor em suas explicações na sala de aula utiliza algum recurso
38 (estratégia), no sentido de facilitar a compreensão dos conceitos que estão sendo estudados?

39 **Aluno A₂:** Olha, o professor de, de física II nosso, eu acho que ele teve um pouco de
40 diferencial em relação aos outros professores que eu tive até agora. No caso, a buscar
41 realmente é... tentar fazer o aluno entender um pouco mais o conceito né. Eu acho que o
42 professor, o professor, ele ficou um pouco mais preocupado com isso. Não sei falar quanto
43 mais, se muito mais, mais eu acho que a forma dele dá aula, de exemplificação, de buscar os
44 exemplos, de tá fazendo aquelas aulas com exercícios variados, não só exercícios onde que
45 exigia dos alunos conta. Então, eu acho que isso faz com que o aluno seja estimulado a
46 buscar um pouco mais a parte conceitual. Então, eu acho que essa busca dele é, de, de
47 exemplos, e de exemplos de forma variada abrindo um pouco mais o leque de exemplificação
48 é quando havia dificuldades ele tentava trazer alguns é... exemplos que... por exemplo, eu me
49 recordo uma aula onde era de movimento de um oscilador, então, uma das explicações ele
50 falava não, então, agora o pessoal não tava entendendo, então, coloca num pote de mel
51 agora, imagina que ele tá oscilando num pote de mel a dificuldade é maior. Então, né, você,
52 essa maior exemplificação, essa busca de maiores exemplos eu acho que facilita um pouco.

53 **Entrevistadora:** Então, você acha que essa exemplificação que ele deu do pote de mel ajudou,
54 facilitou a aprendizagem do conceito ali no caso que ele tava querendo explicar? No caso,
55 ele usou uma situação que você conhecia.

56 **Aluno A₂:** Sim. Eu acho que fica fácil, porque você vai falar... é... todo mundo sabe que o mel
57 se você colocar a mão dentro da água é diferente de você colocar dentro do mel. Isso aí já é
58 conhecido de todos os alunos. Então, você falar que uma coisa está oscilando no ar e uma
59 coisa está oscilando dentro de um pote de mel, o aluno já de imediato ele sabe a..., ele tem a
60 noção da diferença de, da oscilação né. Então, eu acho que isso facilita, o aluno ter um
61 pouco, a maior noção do, do que está se passando no enunciado do problema.

62 **Entrevistadora:** Eu vou mostrar alguns episódios que foram filmados no segundo semestre de
63 2003, quando eu assisti às aulas da disciplina de Física Geral com vocês, e eu gostaria que
64 você comentasse sobre as cenas contidas nesses episódios.

65 **Aluno A₂:** Tá OK.

66 (Exibição do 1º Episódio)

67 (Durante a exibição)

68 **Aluno A₂:** *Aí eu acho importante Fernanda né, que nem o professor ele tá chamando a sala*
69 *pra aula né, essa aula interativa, essa, essa coisa da discussão em sala. Isso aí eu acho muito*
70 *legal e interessante... Isso também de sair do quadro e mostrar, exemplificar o que tá no*
71 *quadro também é interessante, porque muitas vezes o aluno não enxerga o que tá no quadro,*
72 *aquele monte de setinhas lá e, aí a hora que você coloca a situação, aí fica bem mais fácil de*
73 *visualizar o, o, o que o professor tá falando, aí eu acho bastante interessante... Essa*
74 *passagem aqui é muito interessante...*

75 **(Prof.:** *Nós vamos chegar lá matematicamente... Não sei se vocês já perceberam que nessa*
76 *altura aí do primeiro ano, tá, mas a física explica muito os como, ela não explica muito os*
77 *porquê... tá? A natureza é da maneira como ela é, a gente acaba se acostumando com ela... A*
78 *física explica os mecanismos, a física explica os mecanismos de como as coisas acontecem...)*

79 **Aluno A₂:** *... porque, as vezes, se pergunta pro professor o por quê? Ele coloca a fórmula na*
80 *lousa e fala “pra satisfazer a fórmula” e eu acho que isso é um absurdo uma resposta dessa.*
81 *Então, eu acho que o professor foi bastante sincero aí, “a natureza é assim a gente explica*
82 *como, o por que”, né. Então, eu acho que é uma resposta, no meu ponto de vista muito mais*
83 *coerente do que você colocar uma fórmula na lousa e falar porque a fórmula, porque,*
84 *porquês que não condizem com essa...*

85 *(No final do Episódio)*

86 **Entrevistadora:** *Você gostaria de comentar mais alguma coisa sobre este episódio?*

87 **Aluno A₂:** *Não, eu acho que eu fiz os comentários conforme foi passando a fita. Só esse*
88 *conceito de torque foi muito bem escolhido, porque é um... essa, essa parte da aula do*
89 *conceito de torque eu acho que é um negócio que é complicado de...*

90 **Entrevistadora:** *Você acha o conceito complicado?*

91 **Aluno A₂:** *O conceito é complicado porque fica só na fórmula né, você entender o conceito*
92 *sem falar que torque é o... a força vezes o braço é complicado. Eu acho que é uma aula bem*
93 *exemplificada, bem... uma aula que pra esse tipo de conceito, eu acho que a exemplificação*
94 *muito em sala, mostrar exemplos e situações é, eu acho que pode fazer com que a gente*
95 *consiga aprender melhor.*

96 **Entrevistadora:** *O que seria os exemplos para você?*

97 **Aluno A₂:** *Por exemplo, a hora que ele falou da gangorra é um exemplo, mostrar lá na porta*
98 *é um exemplo né, que a hora que ele (professor) aplicou a força perto do eixo da porta ele*
99 *teve que aplicar uma força maior do que aplica na ponta da porta pra deslocar a mesma*
100 *distância né. Então, isso são, são exemplos, que você pode não na hora conseguir construir*
101 *um conceito, que isso é complicado, mas você dá subsídios pra que o aluno tenha material né,*

102 *pra uma, um estudo mais detalhado e tal ele consiga relacionar aquilo que ele está estudando*
103 *com os exemplos dados e aí sim começar a construir o conceito. Então, eu acho que isso são*
104 *os exemplos.*

105 **Entrevistadora:** *Vamos, então, para a exibição do segundo episódio.*

106 *(Exibição do 2º Episódio)*

107 **Entrevistadora:** *Nesse segundo episódio você tem algum comentário a fazer?*

108 **Aluno A₂:** *Eu vi a pergunta, não sei se foi do “Iashel” pela voz, que fez a pergunta sobre o*
109 *atrito né. Quando, como pra que lado que a força de atrito quando você tá caminhando. Isso*
110 *é uma questão bastante..., que parece simples, mais eu me lembro que quando nós estudamos*
111 *isso daí, a gente tava sentado numa mesa na biblioteca estudando, tinha bastante gente, e*
112 *ficou difícil ali pra, pra mostrar né, pra algumas pessoas conseguirem entender que o atrito*
113 *quando você anda, a força de atrito fica pra frente. Então, eu acho que o... que além da... que*
114 *isso, na verdade, era o que tava, o professor tava tentando falar na lousa, explicar pra onde*
115 *tava apontando a força de atrito ali e aí nisso ficou bem claro né, no ponto em que a força tá*
116 *agindo né, tá colocando a força pra trás, então o atrito vai no sentido contrário, porque se*
117 *tivesse no mesmo sentido aí iria pra trás... Então, eu achei legal, pelo que eu me lembro*
118 *desse episódio lá. Foi um debate bem caloroso numa questão que parece ser simples.*

119 **Entrevistadora:** *Você achou que foi interessante a colocação que o seu colega fez no caso de*
120 *tá recordando de como seria esse processo no caminhar?*

121 **Aluno A₂:** *Isso.*

122 **Entrevistadora:** *Ele estava relacionando a explicação que o professor havia dado com o*
123 *caminhar.*

124 **Aluno A₂:** *Isso. Porque daí passava o que tava no quadro né, da hora que a força é aplicada*
125 *no... pelo que eu me lembro dessa aula aí, um pedaço da aula, uma hora a força era*
126 *aplicada no eixo de, de rotação né, e aí pra, pra onde que tava o atrito né, o porque que a*
127 *roda num plano inclinado ela tava, começava a rodar, ele tava parada, ela começava,*
128 *entrava em movimento né, então a grande questão ali era o atrito que ia segurar e a roda,*
129 *então, a força, o atrito travava e a roda entrava em movimento e aí nessa questão do pé*
130 *ficou... deu pra clarear um pouco isso daí, além de, de exemplificar uma pergunta que é*
131 *comum a todo mundo né, por que você a toda hora tá andando. Então, eu achei interessante.*

132 **Entrevistadora:** *Vamos para o terceiro episódio, que é praticamente uma continuação do*
133 *segundo.*

134 *(Exibição do 3º Episódio)*

135 *(Logo no início...)*

Aluno A₂: A preocupação do professor em buscar um exemplo né sempre, isso eu acho muito interessante, o professor sempre tá buscando um exemplo, sempre tentar trazer aquela teoria ali e colocar em alguma prática que facilite a observação, o entendimento.

(No final do episódio)

Aluno A₂: Nessa aula aqui, eu acho que... é o que o professor falou né, o exemplo foi feito na hora ali, é um risco que todo professor corre né de, você ter que chamar um exemplo, o professor que, que, que decide por esse tipo de aula né pra tentar mostrar pro aluno que não é toda a hora que você vai conseguir acertar o exemplo que o aluno entenda né, uma grande, eu acredito que na maior parte das vezes, por exemplo, não é uma, algo que facilita tanto né. E o professor também reconheceu isso que talvez ali no momento. Então, eu achei muito interessante isso daí, mostrou bem o que eu tinha falado da aula do “professor”, que ele busca o exemplo, então, ficou bem claro nesses três vídeos aí, e eu particularmente acho que isso é bastante interessante. To falando isso baseado na minha pessoa, que particularmente eu entendo mais, consigo visualizar mais assim. Então, esse é um diferencial na aula do “professor” que eu achei, e eu gostei. Eu faço licenciatura, então eu pretendo utilizar esse tipo de... talvez eu tenha falado um monte de bobagem aqui, talvez não sei se amanhã ou depois eu vou aprender algo que... mais eu até o prezado momento acho que essa parte de exemplificar... e é uma maneira de trazer a física indiretamente pro cotidiano, coisa que não é feita.

Entrevistadora: Neste último episódio, o que ele chamou de analogia você chamou de exemplo, pra você quer dizer a mesma coisa?

Aluno A₂: Olha, nessa situação sim, nessa situação sim é a mesma coisa, porque analogia dele, ele vai tentar comparar alguma coisa né e o que eu chamei de exemplo é exatamente isso, ele tenta comparar a teoria com alguma situação que ele consiga mostrar, então exemplo é isso, é pegar a teoria e pegar alguma situação que exemplifique a teoria, pra mim é a mesma coisa.

Entrevistadora: O que você acha do uso das analogias?

Aluno A₂: Neste caso em particular (3º episódio) ou no geral?

Entrevistadora: No geral.

Aluno A₂: Eu acho que é bastante válido e interessante. No meu caso facilita a aprendizagem, o... é... facilita o aluno buscar né, como eu disse, as vezes, ele pega um exemplo, construir um conceito ali na hora é difícil, as vezes, o aluno vêm pra aula sem nunca ter tido um... é... nada sobre aquela matéria que tá sendo dada ali, numa leitura prévia sem nada, então, você construir o conceito é difícil, mais você pode mostrar caminhos né e dá

material pro aluno, pra que na hora que ele sentar pra estudar é... ele poder falar “Olha isso aqui né foi aquele exemplo”, então eu posso aplicar ali ou até mesmo o exemplo que ele colocou do carrinho ali das rodas, da roda que traciona e da roda que é empurrada, então o aluno depois pode sentar e estudar com mais calma isso daí. Então, eu acho que facilita e facilita bastante a analogia ou como eu disse a exemplificação, colocar exemplos em sala de aula, e um negócio que eu defendo muito é tentar trazer a física pro cotidiano, porque eu acho que a física, ela é muito afastada do cotidiano e isso, eu talvez esteja falando bobagem, mas isso é uma das coisas da física, ser meio que repudiada, porque fica só... não tem aquele, “oh isso aqui é aquele negócio que você aprendeu em física, isso aqui aplica aquele negócio que você aprendeu em física”. Então, a exemplificação e a analogia indiretamente você está fazendo isso.

Entrevistadora: Você acha que o uso de analogias facilita sua aprendizagem?

Aluno A₂: Eu acredito que sim. Eu tenho, eu to convicto que facilita.

Entrevistadora: No que você se baseia para supor que houve um efeito positivo?

Aluno A₂: Esse efeito positivo eu tomo por base o meu aprendizado. Porque muitas vezes você pega o conceito e você não consegue achar alguma coisa pra... um ponto firme pra você se apoiar e conseguir tentar criar alguma coisa em cima daquele conceito. Eu acho que a partir do momento que você tem um exemplo, algo que acontece com você , então você fala “oh nisso aqui que acontece com você aplica esse conceito aqui”. Então, você tem um ponto pra se apoiar. Bom, aí você pode começar a fazer analogias em cima disso, bom se isso se aplica aqui como que acontece né? O que que aconteceu ali pra... pra ta relacionando isso daqui. Então, eu acho que geram porquês que então você tenta responder e estudando isso daí é onde facilita o aprendizado, porque se fica sem... eu particularmente sem ter onde me apoiar, algo que eu possa fazer uma comparação e tece modelos pra mim conseguir criar o conceito. Eu fico maio que perdido porque só o conceito colocado lá se não tiver um contato prévio eu não consigo muitas vezes criar ali na hora e fazer essa, essa análise e na hora que você senta pra, pra estudar gera uma certa dificuldade né, porque daí você não tem onde se apoiar né, então aí você demora um pouco mais. Então, eu acho que isso é um ponto de apoio que facilita o, o meu aprendizado, eu falo o meu aprendizado, o meu aprendizado é facilitado por isso né de eu ter onde comparar, onde me apoiar, então eu acho que os exemplos... E você dando um exemplo, muitas vezes se você não acha nenhum, você citando um exemplo, fazendo uma analogia, ou uma comparação, algo que uma situação que é usado aquele conceito você abre um pouco o campo pro aluno buscar outros né, relacionar com outras coisas que acontece, então, também facilita o meu aprendizado nisso daí, que é o que sai um

204 *pouco da matematização né, que sai um pouco do conceito teórico, esse vídeo do professor*
205 *aqui veio bem de encontro com o que eu tinha falado no começo.*

1 **Entrevistadora:** Obrigado A₃ pela disponibilidade em estar participando da entrevista. Vou
2 iniciar querendo saber a sua opinião sobre os comentários dos alunos de que física é difícil,
3 que os conceitos são complicados de entender etc. Qual a sua opinião sobre isso? Por que
4 você acha que acontece isso?

5 **Aluno A₃:** Olha, eu sempre senti essa dificuldade mais no ensino, no ensino médio né, mais
6 eu acho que tudo é complicado quando a gente se aprofunda. Nada, nada é simples, assim, de
7 uma forma que você leia e entenda perfeitamente, então, é cada vez que a gente se aprofunda
8 mais no conceito vão surgindo dúvidas, que eu acho que são naturais mesmo. Eu não acho
9 que seja difícil, eu acho que é, é quando a gente encontra essas, esses, essas barreiras que a
10 gente aprende, na verdade, porque não tem como a gente estudar, ler um livro, um texto, e
11 falar “bom, domino essa matéria”. É com essas barreiras, assim, não barreiras, é com essas,
12 esses empecilhos, assim, que a gente cresce na verdade. Eu acho que a dificuldade mostra o
13 nosso grau de desenvolvimento, vamos dizer assim, mais experiente você fica e não que você
14 fica mais sábio, mais experiente você fica pra lidar com o problema.

15 **Entrevistadora:** O que você acha que poderia contribuir para facilitar (ou reduzir as
16 dificuldades) a aprendizagem dos conteúdos de física?

17 **Aluno A₃:** Olha, sinceridade, eu acho que um pouco mais de horas no laboratório, um pouco
18 mais de experimentos também né, mais fora isso tem a questão do individual de cada um, por
19 exemplo, tem o pessoal que trabalha e tal né. É, eu acho que precisa mais de tempo pra ser
20 bem sincero pra... independente de ter mais horas de laboratório ou não, mas uma coisa que
21 eu acho que fixa melhor os conceitos são mais experimentos e mais horas de laboratório.

22 **Entrevistadora:** O professor em suas explicações na sala de aula utiliza algum recurso
23 (estratégia), no sentido de facilitar a compreensão dos conceitos que estão sendo estudados?

24 **Aluno A₃:** Ah... com o professor de física II eu achei novidade no método dele, porque ele,
25 ele, vamos dizer, assim, eu pelo menos, foi o que eu percebi, ele usava uma tática de, a gente
26 perguntava uma coisa, ele não dava a resposta, ele fazia a gente pensar. Aliás, muitas vezes,
27 também, aconteceu isso uma vez, ele lançava uma outra pergunta também. Então, tipo, a
28 gente dava uma pergunta, fazia uma pergunta pra ele, ele rebatia com uma outra pergunta.
29 É, isso por um lado, digamos, assim, é estimula a gente o... o... a ir atrás das respostas, a não
30 ficar só preso no que a gente imagina, mas tem um pessoal, que se decepcionou, porque acha
31 que o professor fica enrolando, enchendo lingüiça, mas eu não, pra mim isso não influenciou
32 muita coisa não. Mais eu vejo mais por esse lado, de que ele, ele não fazia a gente só fica
33 preso a aula, ele ensinava outras coisas mesmo que o tempo não dava, entendeu?

34 **Entrevistadora:** Eu vou mostrar alguns episódios que foram filmados no segundo semestre de
35 2003, quando eu assisti às aulas da disciplina de Física Geral com vocês, e eu gostaria que
36 você comentasse sobre as cenas contidas nesses episódios.

37 **Aluno A₃:** Mais é... essa, que jeito interpretar, relação ao professor, a aula ou o que?

38 **Entrevistadora:** Em relação ao todo na aula, uma cena que você gostaria de estar
39 comentando. Quero que você fique a vontade para estar falando o que você quiser.

40 (Exibição do 1º Episódio)

41 (Durante a exibição)

42 **Aluno A₃:** Esse tipo de interação... pode (pediu para parar a exibição). Esse tipo de
43 interação na sala é legal, assim pouquinho, mais eu percebi que na nossa classe, na minha
44 turma, tava acontecendo muito o ano passado isso daí, de eu atrapalhar um pouco o ritmo da
45 aula, eu era mesmo muito zueira... risos..., o ano passado eu atrapalhava um pouco o
46 andamento sim, brincadeirinha assim...

47 (Continuação da exibição)

48 (Pausa na exibição)

49 **Aluno A₃:** Muito mais do que só passar na lousa também só, os conceitos e pedir pro pessoal
50 pesquisar em livros, eu acho que o legal dessa matéria (Física II) pelo que eu percebo nos
51 cursos em geral da faculdade é... essa discussão qualitativa do que a gente tá analisando e
52 não só quantitativa, como a gente vê nos livros também, isso eu acho legal nas aulas que eu
53 vi de física II e... dos outros cursos também.

54 (Continuação da exibição)

55 (Pausa na exibição)

56 (O aluno faz referência ao seguinte trecho: **Prof.:** Nós vamos chegar lá matematicamente...
57 Não sei se vocês já perceberam que nessa altura aí do primeiro ano, tá, mas a física explica
58 muito os como, ela não explica muito os porquê... tá? A natureza é da maneira como ela é, a
59 gente acaba se acostumando com ela... A física explica os mecanismos, a física explica os
60 mecanismos de como as coisas acontecem...)

61 **Aluno A₃:** Esse tipo de percepção que o professor passa pra gente. Quando a gente tá no
62 ensino médio, primeiro contato com a física a gente imagina que tudo tem resposta né, aí
63 conforme a gente vai amadurecendo e conversando com os professores, eles vão passando
64 essas coisas. Essas informações são valiosas também, que não é pra gente ficar preso a um
65 parâmetro, assim de conseguir resposta pra tudo né, mais pra gente se acostumar. Nessa que
66 ele citou né, explica como não tanto o porque né.

67 (Continuação da exibição até o final)

68 **Entrevistadora:** *Você gostaria de comentar mais alguma coisa desse episódio?*

69 **Aluno A₃:** *Não. Acho que são aqueles comentários mesmo.*

70 **Entrevistadora:** *Então, vamos para o segundo episódio.*

71 *(Exibição do 2º Episódio até o final)*

72 **Aluno A₃:** *Nesse (episódio) eu comecei a perceber, também, que todas as aulas de, de física*
73 *II, eu achava bem legal... que eu não gosto de escrever, particularmente, eu não gosto de*
74 *ficar escrevendo, se for pra ficar escrevendo eu leio o livro. E o professor sempre dinamizava*
75 *a aula com esses desenhos em lousa e essas discussões aí pra não ficar tão maçante*
76 *especificamente por ser as duas últimas aulas o pessoal já tava tudo querendo ir embora já*
77 *né. Eu achava legal isso aí também, essa questão de não ficar passando o conceito no...*
78 *principalmente frase mesmo, escrito né, eu achei legal isso aí também.*

79 **Entrevistadora:** *Vamos, então, para o próximo, que é praticamente uma continuação desse*
80 *segundo.*

81 *(Exibição do 3º Episódio até o final)*

82 **Entrevistadora:** *Qual é a sua interpretação desse episódio?*

83 **Aluno A₃:** *Você fala em relação ao todo.*

84 **Entrevistadora:** *Você viu que é uma situação que o professor estava explicando e aí surgiu*
85 *uma dúvida e você viu que ele fez...*

86 **Aluno A₃:** *Tentou fazer uma analogia, mas não foi muito adequada como se viu ali né. Ah...*
87 *é... aquele negócio né tipo na hora ali, a gente tem que analisar que o professor se... ali, a*
88 *gente tem que analisar que o professor não foi muito feliz na escolha ali da analogia. É o*
89 *mais, o mais interessante é isso ele fala assim olha “dá uma olhada com carinho”, que é a*
90 *questão da gente analisar em casa, por isso que eu falei no começo que a gente tem que ter*
91 *um pouco de tempo pra estudar e, um pouco mais de hora no laboratório também né, por*
92 *exemplo, essas situações ao invés de ser em sala de aula poderiam ter sido visto antes num*
93 *laboratório também né, mesmo que as discussões fossem em sala de aula, poderiam ser vistas*
94 *no laboratório também. Outro detalhe que eu percebi que eu não vi antes, eu não me atentava*
95 *é que a lousa do professor era sempre organizado, vamos dizer assim, não era como alguns*
96 *professores que começava aqui e termina ali, isso atrapalha muito pra quem chega atrasado*
97 *um pouco, não dá pra compreender.*

98 **Entrevistadora:** *Você viu que nesse episódio ficou explícito a questão do professor utilizar*
99 *analogia.*

100 **Aluno A₃:** *Isso.*

101 **Entrevistadora:** *O que é uma analogia para você?*

Aluno A₃: Na faculdade eu so meio contra esse uso de analogia, porque eu acho que a analogia ela tem o papel, eu não sei se seria o caso de muitos temas, mas, por exemplo, quando, quando a gente tem o primeiro contato com alguma coisa né, com algum conhecimento, só que quando a gente ia com... pressupõe-se que quem tá fazendo o curso de física já teve um contato anterior, eu acho que devia ser seguido uma coisa mais, mais concreta, sem muita analogia pra não criar muita, muitas idéias. Agora, pra um ensino secundário eu já acho que é legal, porque é o primeiro contato que eles estão tendo, fica mais fácil de visualizar, mais é como aqui na faculdade é... o conhecimento acho que tem que ser um pouco mais aprofundado, acho que a gente teria que fazer um esforço pra entender sem essa questão de analogia, pra ver como é que funciona mesmo.

Entrevistadora: Qual é a função das analogias nas aulas?

Aluno A₃: É facilitar o aprendizado né. Só que nem... que nem... porque... como no caso aí a analogia não foi muito adequada, então ela tem gerado mais dúvida do que tinha facilitado o aprendizado né. Por isso, é que tem que tomar cuidado né, e eu sou a favor de que na faculdade não se use tanto.

Entrevistadora: Então é isso que você acha do uso da analogia?

Aluno A₃: Na faculdade sim, agora pra ensino, ensino fundamental e médio eu sou totalmente a favor.

Entrevistadora: Você acha que o uso de analogias facilita sua aprendizagem?

Aluno A₃: A minha... alguns casos né, mas eu sempre, eu sempre procuro analisar as coisas sem fazer uma analogia, tentar entender mesmo como o mecanismo que eu to estudando, sem , sem fazer uma analogia. Como é um caso muito extremo aí é até um recurso adequado.

Entrevistadora: Obrigado mais uma vez pela disponibilidade em estar participando da entrevista.

1 **Entrevistadora:** Obrigado A₅ pela disponibilidade em estar participando da entrevista. Pra
2 estar começando eu gostaria de saber a sua opinião sobre os comentários dos alunos de que
3 física é difícil, que os conceitos são complicados de entender etc. Qual a sua opinião sobre
4 isso? Por que você acha que acontece isso?

5 **Aluno A₅:** Eu acho que é na parte histórica, assim, que o pessoal já vem botando esse medo
6 na física, assim, antes do, dos alunos entrarem no ensino médio né. Eu achei até interessante
7 na semana da física, a professora Ignez havia comentado que se você der um exercício pra
8 um aluno ver, que tá saindo do ensino fundamental, um exercício básico de movimento
9 retilíneo, e pedir pra ele resolver é possível né que, ele vai parar um pouco mais pela lógica
10 ele deve, ele vai, ele deve responder o exercício lá né, mais deve pelo menos ter uma idéia né,
11 d e como que vai, como que se monta o exercício que é o princípio básico da física. Ele já
12 desiste no mesmo instante e fala não isso daqui eu não sei fazer, que é muito que acontece no
13 ensino, no ensino médio, assim, que os alunos já desistem, fala “ah isso aqui é um exercício
14 de física, a não muito fácil”, nem perde tempo em ler. Eu falo porque eu era assim também
15 né... risos... era assim também. Mas na, na faculdade assim que eu achei, mais a parte que
16 mais puxou pra mim foi na parte de cálculo assim né, porque na física eu levei tranqüilo
17 assim. O complicado do nosso curso eu acho que é o... ele ser um curso noturno e... vamo
18 colocar que uns 60, 70% dos alunos trabalhem né, e... é complicado você conciliar um curso
19 de exatas com o serviço que você... você tem que ter uma dedicação né, e não são poucas as
20 pessoas que vão, que trabalham, eles trabalham de segunda a sexta né, alguns, vão ser
21 poucos que vão destinar os sábado e domingo somente pra estudar né. O pessoal tá cansado
22 trabalhei a semana inteira, agora eu preciso de descanso, já tive que ir na faculdade a noite,
23 agora eu preciso descansar. O curso de física sempre exige mais um pouquinho e eu acho que
24 é difícil conciliar. Não acho que os professores deveriam fazer um curso mais sossegado, não
25 fazer um curso mais leve, isso eu sou contra, não é porque é um curso de licenciatura que a
26 gente tem, que a gente tem que rebaixar ele. Eu acho que o curso de licenciatura, ele deveria
27 ser ainda mais forte que o curso de bacharelado, porque você vai sair daqui pra ensinar
28 outras pessoas e... é a qualidade d ensino, você vai ensinar um aluno, se ele faz uma pergunta
29 pra você, você responde alguma coisa errada, não é que você vai sair daqui (faculdade)
30 sabendo tudo né, mas é você saber a hora de você falar “olha isso daqui eu não sei, eu posso,
31 eu vou consultar, eu vou pesquisar e na outra aula eu te trago a resposta”. Mais o duro é
32 você tá ensinando alguma coisa, o aluno pergunta se fala “é tal coisa”, mas aquilo tá errado
33 né. Acho que isso é... Não sei se ficou muito claro.

34 **Entrevistadora:** Não tá certo. O que você acha que poderia contribuir para facilitar (ou
35 reduzir as dificuldades) a aprendizagem dos conteúdos de física?

36 **Aluno A₅:** Eu acho que o curso de física em si ele é... muita dedicação né, eu acho que... 90%
37 é de suor, você sentar lá e resolver exercício, estudar a matéria, porque o pessoal, ele vem
38 muito com a mentalidade que a faculdade, a hora que ele entra que, que é um cursinho né, ou
39 seja, eu tenho que ir lá vai ter aquele professor com musiquinha, vai vir com frase, que vai
40 ser fácil decorar. Não é assim a faculdade, eu acho que é 20, 30% em sala e 70% em casa,
41 você pesquisar né. Isso que eu acho o necessário, assim, agora, claro que uma aula bem dada
42 né é uma grande ajuda né, mas eu acho que a dedicação, o problema do curso você querer
43 facilitar, eu acho que depende mais do aluno do que da, da, do docente. Eu acho que pode
44 colocar que é 70% discente e uns 30% docente.

45 **Entrevistadora:** O professor em suas explicações na sala de aula utiliza algum recurso
46 (estratégia), no sentido de facilitar a compreensão dos conceitos que estão sendo estudados?

47 **Aluno A₅:** Então, ele... é que no dia ele deu alguns experimentos né, na, na... alguns
48 experimentos de física pra ver a parte de torque, momento angular só que eu não tava
49 presente, mas o interessante é que, assim, o problema, a falha da aula, não era a falha da
50 aula do professor, a falha era nossa, porque o professor ele vem com indagações, com
51 perguntas que, que você faria, o que que você acha né, tentando tirar o conhecimento que a
52 pessoa tem, que o aluno tem pra trabalhar em cima daquilo né, vamos ver como eles estão, só
53 que dificilmente o aluno estuda a matéria antes do professor dá. Pelo menos eu dificilmente
54 eu estudo a matéria. Então, esse jeito que ele abordava, assim, “ah o que que você acha que
55 vai acontecer”, é... “como que você acha que deve fazer isso”, eu acho que ficava um pouco
56 cansativo assim, mas não por culpa dele, mas por culpa mesmo dos alunos, assim, de, de, não
57 estudar antes. Essa abordagem, assim, que eu acho que é meio que obrigação do aluno.

58 **Entrevistadora:** Eu vou mostrar alguns episódios que foram filmados no segundo semestre de
59 2003, quando eu assisti às aulas da disciplina de Física Geral com vocês, e eu gostaria que
60 você comentasse sobre as cenas contidas nesses episódios.

61 **Aluno A₅:** Na hora que terminar eu...

62 **Entrevistadora:** Se você preferir comentar durante a exibição ou no final não tem problema.

63 **Aluno A₅:** Pode ser.

64 (Exibição do 1º Episódio até o final)

65 **Entrevistadora:** Nesse primeiro episódio você gostaria de estar fazendo algum comentário?

66 **Aluno A₅:** É, eu acho que o problema maior né é na parte da visualização né, acho que um
67 dos problemas maiores das aulas aí que não tem um equipamento computacional, aí um

computador né, que é pra você tá mostrando como funciona. Você vê a dificuldade do professor pra mostrar as forças atuando ali no, na peça pra gerar o torque né. Aí ele tem que ficar demonstrando, fala “oh essa força aqui é perpendicular, essa aqui não é”, que no quadro negro fica difícil. Na lousa fica difícil visualizar isso daí, então, já é complicado já devido já a não ter esse computador, assim, ou datashow né, alguma coisa pra ficar mais claro, assim, uma coisa em três dimensões né pra você vê o objeto. Também isso daí não é só problema só dessa aula, a maioria das aulas, de cálculo pra você vê, a hora que você sai de duas dimensões vai pra três dimensões. E temos a sorte nessa aula, porque é... assim... é... tinha a porta pra dar um exemplo né do torque e tal, que na parte de física geral abordando a mecânica é mais fácil de você ter... você pode pegar um lápis, rodar, falar oh tá numa velocidade né, é mais fácil, mais aí agora a gente já sente porque a gente tá vendo a parte de Eletricidade né, você... como você vai visualizar essas coisas né, já é complicado nesse, nesse momento. Então, a aula nesse caso foi mais fácil de abordar, o pessoal, assim, indagou bastante, teve bastante pergunta, por causa disso é mais fácil você visualizar né. No caso, o exemplo que ele deu da porta né, porque que perto da porta né é mais difícil. Agora, num, numa outra aula, assim, que não fosse na parte de mecânica né ou que a visualização fosse mais difícil eu acho que seria complicado assim, essa, esse entendimento por parte dos alunos. Outra coisa, eu acho, assim, como eu te disse, como os alunos não são acostumados a estudar antes, as dúvidas são, são, são menores né, as perguntas no meio (da aula) são menores, assim, esse é que é o problema.

Entrevistadora: Para o segundo episódio se você quiser estar utilizando o mesmo critério de estar comentando no final.

Aluno A₅: Pode ser.

(Exibição do 2º Episódio até o final)

Aluno A₅: É, na outra também o problema foi de não ter esse acessório ali a mais, mas também eu acho que foi meio que, que infeliz ali aquele exemplo que usou do carro lá, pelo menos até agora eu não entendi... risos... eu não entendi esse exemplo. Aí eu acho que falta um pouco de abordagem, alguns professores fazem isso e no final do curso passa um papel, assim, o que você achou de bom e tal pra tá tentando melhorar a aula né e se vê que até o pessoal, assim, quando você tá sabendo de alguma coisa, você entendeu, você acaba indagando mais o professor, começa a criar mais. Se fizesse, se fizesse aquilo e tal mais eu acho que, você reparar que a hora que ele termina de explicar o pessoal já se cala, tal. Pra mim pelo menos até agora eu não consegui entender... risos...

101 **Entrevistadora:** Você acha que a situação que ele colocou do carro não foi muito eficaz na
102 aula?

103 **Aluno A₅:** Eu acho que não foi eficaz. Eu falo por mim né, eu não sei por... tem gente, tem
104 suas exceções né, tem gente que tem uma facilidade maior de entender né, pelo menos pra
105 mim eu não consegui entender.

106 **Entrevistadora:** Vamos, então, para o terceiro episódio.

107 (Exibição do 3º Episódio)

108 **Aluno A₅:** Nessa (aula) o professor, ele demorou um pouco né pra escolher, ficou pensando
109 num exemplo né, eu não sei, deu pra... condições... ficou melhor que a do carro, mais eu acho
110 ainda que ficou meio dúvidas na cabeça do pessoal, mas ele mesmo, assim, ele viu, ele sentiu.
111 Isso foi interessante. Ele sentiu que o pessoal teve dificuldades de entender, pediu pro pessoal
112 dá uma olhada melhor, vê com maior paciência lá como que tava ocorrendo e tal. Mais eu
113 acho que o... é complicado, mais eu acho que o professor, se não... também o professor, mais
114 os professores em si eles acabam preparando, assim, eles vão dá um exemplo de determinada
115 coisa, eles acabam no máximo pegando um exemplo só, e... ele não... ele acaba pensando “a
116 eu não entendi e tal e o pessoal...”, mais eu acho que o professor ele tinha que pegar no
117 mínimo uns dois exemplos né, obviamente que não análogos né, se no caso ele (aluno) não
118 entendeu aquele tampouco ele vai entender o outro que é semelhante né, mas, assim,
119 exemplos assim um pouco diferente, assim, pra ele entender. Se o aluno não entendeu, porque
120 as vezes de uma sala de 20, cinco, 10 alunos entendam, que sejam 15, mais cinco não
121 entender né, é complicado. Você tem que passar a matéria pra todos né, então, usa aquele
122 exemplo e depois “oh também tem esse exemplo aqui”, porque além dos outros poderem tá
123 entendendo, os que entenderam o exemplo anterior vão entender ainda mais o exemplo, vai
124 ficar ainda, ficar mais claro pra eles o ocorrido ali. Mais o interessante, que nem ele
125 demorou um certo tempo né, “deixa eu pensar qual é o exemplo”, ficou sem tempo, passou, o
126 pessoal meio que sentiu dificuldade, mais ele meio que sentiu que o pessoal tava... não tinha
127 entendido muito bem a idéia central né, mais ele falou “leia um pouco com carinho isso daí,
128 vê como é que funciona, estuda um pouco pra...”.

129 **Entrevistadora:** Nesse caso o que você falou que era exemplo o professor usou como sendo
130 analogia né.

131 **Aluno A₅:** É ele pegou uma... acho que ele usou um... ele falou “tem aquele brinquedo
132 quando criança”, um carrossel e tal.

133 **Entrevistadora:** O que é uma analogia para você?

Aluno A₅: (Pausa) É o semelhante né. Um exemplo semelhante né. Ali o que eu falo no caso, assim, é que ele tava, ele já tava entrando na parte que eu acredito de velocidade angular né, não tava... nesse exemplo do carrossel, ele não tava querendo fazer um, um análogo com o carro né. Assim ele (professor) pensou, ele demorou um pouco, eu acho que ele tinha, acho, não tenho certeza, somente ele tinha esse exemplo... passou pra classe e tal, o que eu falei assim, que a classe sentiu dificuldade entender, que faltou um outro exemplo, assim, se ele imaginasse uma roda de bicicleta, to dando um exemplo, assim, não to falando que seria uma roda de bicicleta. Um outro exemplo pro pessoal entender o que tava ocorrendo né, é isso que eu quero dizer, um exemplo um pouco diferente, não que ele fale assim “agora imagina uma roda gigante”, então um pouco diferente pro pessoal, pra ver se eles conseguiam compreender, no caso quem não entendeu, entender, começar a clarear um pouquinho e quem já entendeu fica ainda mais claro ainda pra...

Entrevistadora: A função que você acha que a analogia teria seria de facilitar a aprendizagem?

Aluno A₅: É, também né. Claro que eu, pelo menos pra mim, o professor, eu sinto mais isso na parte de cálculo, assim, do que na de física. Porque o professor “a vamos elaborar um teorema” ou até mesmo de física, alguma lei né, que descreve e tal, mais aquilo fica mais claro após um exemplo, um exercício que ele resolve né, já é um exemplo ou mesmo assim no cotidiano né, imagina e tal um carro né.

Entrevistadora: Então é isso que você acha do uso da analogia?

Aluno A₅: É, ficaria mais claro ali na, na aula esses exemplos, pra mim pelo menos tendo esses exemplos fica bem, bem mais fácil d entender do que...

Entrevistadora: Você acha que o uso de analogias facilita sua aprendizagem?

Aluno A₅: Ah, claro.

Entrevistadora: No que você se baseia para supor que houve um efeito positivo?

Aluno A₅: Então, como eu te disse, assim, eu sinto mais isso nas aulas de cálculo, mais claro que nas demais, porque depois de você fazer um exercício você vê como funciona e tal né, que, as vezes, tem uma... vamo... tem esse certo detalhe aqui que você tem que levar em conta, acho que vai começando a ficar mais claro, e vai entendendo o porque né, dá um exemplo assim vai, o cara fala “a terceira lei de Newton, ação e reação” né, porque o cara, aí o professor vai lá dá um exemplo, “se eu empurro essa, essa madeirinha que ela tá ali, ação que eu to dando, dá uma reação, tá fazendo...” eu acho que fica mais simples, fica mais claro pra mim a matéria que o professor passar, mais é claro que nem todos os professores, assim se... né, tem essa consciência se vão facilitar. Acho que poucos assim pelo menos que eu vejo

168 *que tem, tem essa preocupação em ficar mais clara a matéria pro aluno. A maioria, assim,*
169 *“eu vou passar a matéria, depois se alguém tiver alguma dúvida me procura”, mais não*
170 *prepara aquela aula, assim, pra todos, tá, pelo menos tá absorvendo 60, 70% dela.*

171 **Entrevistadora:** *Obrigado mais uma vez pela disponibilidade em estar participando da*
172 *entrevista.*

173 **Aluno A₅:** *Se precisar de mais alguma coisa a gente tá aí.*

1 **Entrevistadora:** A₈ eu agradeço a sua participação na entrevista, a sua disponibilidade.

2 **Aluno A₈:** Ah que é isso.

3 **Entrevistadora:** Pra começar eu gostaria de saber a sua opinião sobre os comentários dos
4 alunos de que física é difícil, que os conceitos são complicados de entender etc. Qual a sua
5 opinião sobre isso? Por que você acha que acontece isso?

6 **Aluno A₈:** Porque de física assim... o ensino de física?

7 **Entrevistadora:** É. Eu gostaria que você falasse sobre essa questão da física ser
8 considerada difícil pelos alunos e tal.

9 **Aluno A₈:** (Pausa) Bom, eu não sei, porque pra mim eu tenho facilidade né, mais... é...
10 geralmente todo mundo tem mais facilidade em outras matérias e em física, física e
11 matemática, assim puxa mais. Não sei, acho que, talvez porque física é... aí... os conceitos
12 são difíceis, assim, pra maioria né e depois tem muita matemática, então, tem aquele
13 conceito que é... requer, assim, tempo de estudo né, que não é, que não é fácil. Talvez,
14 como que nem as outras matérias, não sei, e mais a parte matemática que também não é
15 fácil, mais...

16 **Entrevistadora:** O que você acha que poderia contribuir para facilitar (ou reduzir as
17 dificuldades) a aprendizagem dos conteúdos de física?

18 **Aluno A₈:** Bom, eu acho uma coisa assim, que poderia ajudar né, que os conceitos também
19 não são difíceis pra memorizar ou pra... pra... sabe, pra aprender. Era bom, assim, ter o
20 conceito, o bom da física é que você pode, você tem uma prática junto né, porque a
21 matemática é só teoria mesmo, então é difícil e muito abstrato né, mas a física eu acho que
22 se a gente conseguir, então a parte prática, mostrar aquela teoria na prática pro aluno, eu
23 acho que fica mais fácil de fixar, eu acho que é uma vantagem.

24 **Entrevistadora:** O professor em suas explicações na sala de aula utiliza algum recurso
25 (estratégia), no sentido de facilitar a compreensão dos conceitos que estão sendo
26 estudados?

27 **Aluno A₈:** (Pausa) Um recurso, assim, na prática, não lembro, mas se usou foi muito
28 pouco... assim, foi mais na teoria mesmo, que ele utilizou. Mais vale contar a aula de
29 laboratório junto? Ou não, só as aulas dele?

30 **Entrevistadora:** É, as aulas como um todo, incluindo o laboratório.

31 **Aluno A₈:** Então, eu achei um bom professor, explicava bem. Mais eu acho que só, só a
32 teoria né, eu não lembro, assim, de ter muita prática em sala, assim, de exemplos
33 práticos... acho que não, mais a teoria mesmo que foi.

34 **Entrevistadora:** Eu vou mostrar alguns episódios que foram filmados no segundo semestre
35 de 2003, quando eu assisti às aulas da disciplina de Física Geral com vocês, e eu gostaria
36 que você comentasse sobre as cenas contidas nesses episódios.

37 **Aluno A₈:** Interpretar você fala a explicação do professor?

38 **Entrevistadora:** O que você achar que deve ser ressaltado, a aula como um todo, o que
39 você achar que seja interessante estar comentando.

40 **Aluno A₈:** Tá, eu vou tentar.

41 (Exibição do 1º Episódio)

42 (Pausa da exibição)

43 **Aluno A₈:** Ah, isso eu acho legal. Que ele começou a falar de movimento de inércia né, e
44 ele já não deu o conceito assim, ele colocou o desenho e começou a fazer perguntas pra
45 gente. Então, eu acho que isso é bom, é a gente... antes de falar o como é, o que acontece
46 ele perguntava: “O que que você achas e fizer tal coisa, tal coisa”, a gente começar a se
47 perguntar. Eu acho isso legal. E depois né dessas perguntas, assim, daí responder e passar
48 tipo um resuminho. Eu acho, eu também acho que a lousa é importante, ter a lousa
49 organizada, quando fica restos de outras matérias assim, eu acho, eu não sei se funciona,
50 mais eu acho mais legal, assim sabe dá a matéria assim, se for começar outra matéria,
51 apagar e deixar só aquilo eu acho que é importante também...

52 (Continuação da exibição)

53 **Aluno A₈:** A lousa dele é meio bagunçada, assim, mas eu acho que é muito importante
54 essa, esse começo de perguntar pro aluno, o aluno começar a pensar e tentar tirar
55 conclusões antes dele falar o que que acontece... Eu acho isso, isso é dar um pouco de
56 crédito pro aluno também, porque eu acho que a gente conversando entre a gente, assim,
57 cada um tem um pouquinho de conhecimento, acho que dá pra chegar em algum lugar
58 antes do, do professor falar o que acontece...

59 (Volta a assistir o episódio até o final)

60 **Aluno A₈:** Bom, é... eu achei, quando eu falei, eu achei legal aquela parte antes dele
61 começar a passar a matéria fica perguntando pros alunos. Eu acho que essa matéria é uma

62 *parte difícil da física, eu acho difícil de ser aprendida, deve ser difícil de passar também.*
63 *Os exemplos que ele deu na porta, assim, acho que ajuda muito, porque é difícil explicar*
64 *na lousa, assim, duas dimensões, torque né, é talvez é, sei lá, alguns, algum tipo de*
65 *equipamento em três dimensões, assim pra levar, pra não precisar usar a porta, talvez*
66 *ajudaria mais pra entender, mais daí teria que construir, eu não sei se tem esse tipo de*
67 *coisa... e... é... eu acho que seria importante, assim, fazer ir pra aula, o professor ir pra*
68 *aula com um resuminho, acho que seria bom também pra anotar tudo de importante,*
69 *porque talvez se o aluno tá tentando prestar atenção perde alguma coisa de copiar, acho*
70 *que fica difícil depois de lembrar na aula, eu acho bom tudo isso que foi explicado sabe, se*
71 *passado pra gente copiar também, porque num parece que eu vi, ele não passou muita*
72 *coisa na lousa pra gente copiar, mais exemplo, e... daí você tem que procurar no livro né,*
73 *mais... eu achei legal a aula.*

74 **Entrevistadora:** *Vamos para o segundo episódio se você quiser estar utilizando o mesmo*
75 *critério de estar comentando no final.*

76 *(Exibição do 2º Episódio)*

77 *(O aluno faz um comentário logo no início)*

78 **Aluno A₈:** *Eu tava lembrando disso esses dias. Desse problema circular, que o atrito é a*
79 *favor do movimento.*

80 *(Fim da exibição do 2º Episódio)*

81 **Entrevistadora:** *Aí nesse caso...*

82 **Aluno A₈:** *Eu não achei muito diferente da aula anterior. Eu achei que nessa aula, acho*
83 *que a parte que eu vi, assim, tava mais fácil de você localizar as coisas na lousa dele né,*
84 *e... eu achei que... não sei... eu achei que é o melhor jeito de passar isso pra gente, que é*
85 *meio, não é tão fácil, mas eu achei que, que ficou parecido com a aula anterior.*

86 **Entrevistadora:** *Vamos, então, para o terceiro episódio.*

87 *(Exibição do 3º Episódio)*

88 **Aluno A₈:** *(Momento em que o professor fica pensando no começo do episódio) Deve ser*
89 *chato quando acontece isso né... Nossa se eu for dar aula, acho que vai acontecer direto*
90 *isso comigo, eu sempre esqueço de que eu to... parece que ele tá querendo arrumar um*
91 *exemplo né, alguém perguntou alguma coisa, ele quer arrumar um exemplo...*

92 *(durante o episódio...)*

93 **Aluno A₈:** *É... seria bom a aula um pouquinho melhor preparada sabe, chega na hora já*
94 *saber alguns exemplos assim. Porque dá um exemplo, sei lá, deixar, tentar deixar outro,*
95 *assim, pra se alguém perguntar “a eu não entendi”, aí você vai e faz pra não ter problema*
96 *d de tentar achar na hora um exemplo, assim.*

97 *(no fim do episódio)*

98 **Aluno A₈:** *Bom, o que deu pra perceber nesse, mais do que nos outros né, é uma vantagem,*
99 *assim, da física com relação a matemática, que é muito abstrata é isso né, esses exemplos*
100 *você dá a teoria sim e eu acho que quanto mais, mais exemplos você achar, assim, práticos*
101 *que a gente tá vivendo, assim, e fazer uma analogia fica mais fácil a gente aprender né, é...*
102 *e... ah, importante também que eu achei é esse tempo, assim que ele deixa pra gente*
103 *pensar, joga a questão, eu acho que ele fez nas três aulas isso. Você pensa, alguém lá do*
104 *fundo fala alguma coisa aí você raciocina... eu acho isso importante.*

105 **Entrevistadora:** *Nesse episódio você viu que ficou explícito o uso da analogia pelo*
106 *professor.*

107 **Aluno A₈:** *É.*

108 **Entrevistadora:** *O que é uma analogia para você?*

109 **Aluno A₈:** *Bom, assim, eu não sei exatamente a palavra, mais nesse caso, assim, você quer*
110 *exemplificar uma teoria, assim, na prática. Então, você tem a teoria lá que tem que ser*
111 *passada, força de atrito e a velocidade angular tudo e aí você tem que fazer uma analogia*
112 *com uma coisa mais prática, assim, mostrar pro aluno “a aconteceu isso na roda do*
113 *carro”, a roda do carro todo mundo vai conhecer né. Então, eu acho que é fácil você fazer*
114 *essa ligação, que tá sendo passado na lousa, assim, com uma situação prática que você*
115 *conhece desde pequeno. Então, eu acho que a analogia seria... é bom pra, pra ser usado*
116 *né, e isso você tentar dá um exemplo prático, assim, que todo mundo conhece e aí você*
117 *pode tirar até suas conclusões com isso.*

118 **Entrevistadora:** *Qual é a função das analogias nas aulas?*

119 **Aluno A₈:** *Bom, nesse caso, assim, eu não acho fácil essa parte da matéria, assim, de*
120 *torque, tudo. Eu acho que é fundamental pra você entender, eu acho que é muito*
121 *importante, porque em vez de você chegar com a matéria pronta e dar tudo certinho,*
122 *assim, só pra copiar, você tentar jogar lá as questões, dizer, assim, “olha esse torque você*
123 *pode usar a porta”, daí ele sabe... eu acho muito importante pra aprender, eu acho que é*

124 *mais fácil de você ensinar, mas fácil do aluno aprender também, porque se consegue, sei*
125 *lá, você tá estudando torque, você lembra da aula, “ah o professor pegou a porta fez*
126 *movimentos assim, falou da roda do carro” né, então, eu acho quando você está estudando*
127 *você já lembra disso, você faz analogia com esse exemplo prático que todo mundo conhece*
128 *e fica mais fácil de você guardar*

129 **Entrevistadora:** *Você acha que o uso de analogias facilita sua aprendizagem?*

130 **Aluno A₈:** *Eu acho que sim, fica mais fácil você aprender, lembrar fazendo essa ponte*
131 *assim.*

132 **Entrevistadora:** *No que você se baseia para supor que houve um efeito positivo?*

133 **Aluno A₈:** *Critério que eu tenho assim, não é um critério, mas quando eu tava na aula e*
134 *tava tentando aprender eu acho que fica mais fácil, fácil sim, eu achei mais fácil, porque*
135 *esse do torque assim a gente sempre acaba lembrando do torque agora sabe, porque*
136 *empurrar a porta de um lado é mais difícil do que o do outro, eu acho que fica mais fácil*
137 *você aprender, memorizar sim.*

138 **Entrevistadora:** *Obrigado mais uma vez pela disponibilidade em estar participando da*
139 *entrevista.*