

# AVALIAÇÃO AMPLA DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA INOVADORA PARA INTRODUÇÃO À MECÂNICA NO ENSINO SUPERIOR

---

**João Batista Siqueira Harres<sup>1</sup>**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul –  
PUCRS – Brasil  
joao.harres@pucrs.br

**Marcela Vieira Kessler Guedes<sup>2</sup>**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul –  
PUCRS – Brasil  
marcela.guedes@acad.pucrs.br

---

<sup>1</sup> Licenciado em Física, Doutor em Educação. Professor de física e pesquisador do PPG em Educação em Ciências e Matemática da Escola de Ciências da PUCRS.

<sup>2</sup> Estudante de Física, com linha de formação em Física Médica na PUCRS.

**RESUMO:** O presente artigo apresenta e discute a proposta de uma disciplina de introdução à mecânica oferecida no primeiro semestre para estudantes dos cursos de bacharelado e licenciatura em física. As atividades, abertas e de caráter investigativo, estão orientadas para promover a evolução das ideias dos estudantes segundo uma perspectiva histórico-filosófica. Em termos metodológicos, há um uso intenso de atividades experimentais. Aulas transmissivas são raras e sempre ao final do estudo de um tema. Antes das atividades sempre há a explicitação das ideias dos estudantes e, na continuação do processo, ocorre o contraste dessas ideias com as leituras, experimentos e discussões. Em termos de avaliação, é adotada uma visão da aprendizagem como um processo ativo de evolução das próprias ideias. Há uma desvinculação entre a qualidade do pensamento final e a nota, a qual é atribuída segundo a qualidade da autoavaliação e pela participação nas atividades. A análise da evolução ampla dos sujeitos, em curto e longo prazo, a partir de dados obtidos em testes, questionários e entrevistas, aponta a evolução das ideias dos sujeitos e boa aceitação da proposta. Discutem-se também as implicações deste estudo para disciplinas introdutórias deste tipo no ensino superior.

**Palavras-chave:** Ensino de mecânica. Ideias dos alunos. Avaliação ampla.

**ABSTRACT:** This paper presents and discusses the proposal of an discipline to the introductory mechanics offered in the first semester for undergraduate physics students and future physics teacher. The activities open and with an investigative view, are oriented to promote the evolution of students' ideas in relation to a historical-philosophical perspective. In methodological terms, there is intensive use of experimental activities. Transmissive classes are rare and always at the end of the study of a subject. Before activities there is always an explanation of the students' ideas and, in the continuation of the process, the contrast of these ideas with the readings, experiments and discussions occurs. The evaluation adopts a learning view as an active process of evolving one's own ideas. There is a disconnection between the quality of the final thought and the grade, which is attributed according to the quality of the self-assessment and participation in the activities. The wide evolution data analysis in short and long term, obtained from tests, questionnaires and interviews, points out that there has been evolution of students' ideas and good acceptance of the proposal. It is discussed implications from such introductory signatures in science higher education.

**Keywords:** Mechanics teaching. Student's ideas. Wide evaluation.

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que, em geral, nos primeiros semestres de cursos de física os estudantes apresentam um baixo aproveitamento nas disciplinas de física básica. Esta situação vem sendo registrada por várias pesquisas como, por exemplo, Neves (1999), Moraes e Moraes (2000), Samudio Pérez, Rosa, Darroz (2012). Esse fraco desempenho provavelmente está relacionado a vários fatores predominantes no ensino, tais como (a) pequena maturidade dos alunos; (b) domínio básico de matemática insuficiente; (c) visão da física fragmentada, desconexa, descontextualizada, matematizada e sem caráter experimental; (d) nível muito alto de formalização do conhecimento físico envolvido; (e) uso de metodologias de ensino centradas na transmissão do conhecimento.

Pensando nisso, em um processo de mudança mais ampla de renovação curricular dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Física da PUCRS, a disciplina de Tópicos de Física Clássica (TFC) foi introduzida no primeiro semestre do currículo para colaborar na superação ou minimização de alguns destes problemas, diminuindo a evasão e promovendo um estágio de transição entre a física estudada na escola e na universidade.

Reuniões prévias de professores para estudo da reformulação curricular apontaram que esta disciplina deveria ter, portanto, caráter introdutório; conteúdo programático contextualizado e amplo; ênfase preferencial na dimensão conceitual do conhecimento, em detrimento da dimensão formal (matematizada); metodologias ativas (experimentos, leituras interessantes, pesquisas de questões-problema, debates, etc.); ênfase no desenvolvimento de habilidades típicas do ensino superior.

Com isso, foi planejada uma intervenção que proporcionasse aos alunos ingressantes do curso de física um ambiente de aprendizagem no qual, a partir de uma abordagem teórico-histórico-experimental de situações-problema da física clássica (mecânica) implementada segundo alguns princípios didáticos advindos de pressupostos educacionais contemporâneos e de resultados de pesquisa na área, se desenvolvesse uma compreensão mais ampla da física e da própria aprendizagem.

Este texto apresenta uma avaliação do alcance desses objetivos a curto e longo prazo. Na avaliação de curto alcance são descritas e analisadas as atividades desenvolvidas durante uma edição recente da disciplina (de ocorrência anual) composta por um grupo de 24 estudantes<sup>1</sup>. No longo alcance, são analisadas entrevistas com sete estudantes que haviam concluído a disciplina, em média, a quatro anos atrás. A autoria do trabalho é compartilhada entre o professor da disciplina, mais diretamente envolvido com o estudo em curto prazo e a pesquisadora de iniciação científica, mais envolvida com o estudo em longo prazo.

---

<sup>1</sup>Parte dos dados e análises dessa parte já foram apresentadas em Harres (2017).

## 2 FUNDAMENTOS SOBRE APRENDIZAGEM

A disciplina adota três princípios didáticos. O primeiro princípio trata da natureza **das ideias dos estudantes**. Sabe-se que, frente a uma situação a explicada, os estudantes recorrem a ideias e representações que, em geral, não correspondem aos modelos científicos (HARRES, 2003). Essa recorrência permitiu que Driver et al (1994) fizessem até um catálogo dessas ideias em diferentes campos da área de ciências e em diferentes faixas etárias.

Na área de mecânica, muitas pesquisas sobre a aprendizagem evidenciaram a forte influência das ideias dos alunos nesse processo. Kim e Sung-Jae (2002), por exemplo, encontraram que os sujeitos investigados, estudantes coreanos que se preparavam para ingressar no ensino superior, não teriam superado suas dificuldades conceituais básicas de mecânica mesmo depois de resolver, em média, mil problemas tradicionais (exercícios de resolução pela aplicação de fórmulas matemáticas).

O segundo princípio se refere à adoção de uma **visão da aprendizagem como um processo ativo de evolução das ideias dos estudantes**. Segundo Porlán (1993) a aprendizagem é um processo complexo no qual quem aprende deve estar “ativado” e implicado. Para isso e para que ele compreenda o que vem de fora deve fazer sentido. Como qualquer pessoa vê o exterior a partir de seus esquemas prévios, o que vem de fora deve conectar com seus esquemas prévios e estar dentro do seu nível de desenvolvimento. A mudança das ideias, se necessária, pode ser favorecida se o sujeito sentir-se insatisfeito, em conflito com a nova informação em relação seus esquemas prévios. A estabilidade dessa mudança depende de que os novos esquemas sejam funcionais, úteis em diversos contextos e melhores para explicar e resolver problemas. Por fim, fazer sempre uma reflexão sobre esse processo, elaborando um esquema de como se pode “aprender a aprender”, favorece que aprenda melhor e mais autonomamente no futuro.

Para favorecer a evolução discutida acima, as atividades na disciplina estão centradas na explicitação, consideração e autoavaliação do aluno sobre em que medida suas ideias estão evoluindo. Porém, atendendo ao que propõe Marín (2003) referente à frequente carência de propostas de um fundamento epistemológico que relaciona o conhecimento científico, de natureza acadêmica (logicamente estruturado, aplicação ampla e mais complexo), com o conhecimento dos estudantes, de natureza cotidiana (simplista, pouco coerente e mais prático) a evolução das ideias dos estudantes, como terceiro princípio didático, é feito a partir de uma **perspectiva histórico-filosófica da mecânica**.

Dessa forma, parte-se da hipótese didática de que a evolução conceitual é favorecida quando a interpretação e a avaliação das ideias dos alunos estão baseadas em uma perspectiva epistemológica evolutiva (PORLÁN; HARRES, 1999). Em termos práticos, esta perspectiva está apoiada principalmente em Piaget e García (2011), para os quais o desenvolvimento do pensamento dos sujeitos apresenta correlação com o desenvolvimento histórico da Ciência. Na área de mecânica Zylberstajn (2000) e Peduzzi, Moreira e Zylberstajn (1992) mostraram o potencial desta perspectiva. Assim, a estrutura evolutiva para o acompanhamento das ideias dos alunos, mostrada no Quadro 1, a seguir, está baseada em uma hipótese de transição do conhecimento sobre os conceitos de força movimento, tal como proposto em Harres (2002) e, mais recentemente e em outro âmbito conceitual, também em Rodrigues et al (2014).

**Quadro 1 – Níveis de evolução das concepções sobre força e movimento**

Nível	Característica	Concepção
1	O repouso é o estado natural dos corpos. A força do ar (“antiperistasis”) mantém os movimentos por mais algum tempo após o lançamento. Depois, a gravidade e o atrito fazem os corpos pararem	Aristotélica
2	A força impressa, que mantém os movimentos, perde intensidade gradualmente, fazendo com que os corpos acabem parando	Medieval Inicial
3	A força impressa atua, mas o atrito faz o corpo perder velocidade e parar	Medieval Pré-inercial
4	Os corpos não necessitam de força para manterem-se em movimento. Eles param porque alguma força contrária atua. Na falta delas, não parariam nunca	Inercial

Fonte: Harres, 2002. Quadro adaptado pelo autor.

Nesse contexto, se considera que a experimentação exerce, do ponto de vista procedimental da aprendizagem, um importante papel no ensino. Apesar de que o ensino experimental tem sido apontado como um recurso muito útil para promover a aprendizagem em ciências, pesquisas revelam que muitas vezes estas atividades estão permeadas por uma visão simplista da experimentação nas quais se busca comprovar a teoria no laboratório ou partir do laboratório para chegar à teoria (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002).

Além disso, muitas vezes, as atividades experimentais, quando realizadas, têm como objetivo apenas verificar conceitos e princípios já estudados, se tornando meramente uma coleta de dados e, portanto, não considerando a interpretação dos resultados e não envolvendo características de um processo investigativo (LIMA; RIBEIRO MARCONDES, 2005). Estes autores apontam ainda que as aulas experimentais devem promover a formação de conceitos e com desenvolvimento de habilidades e competências, superando uma visão

simplista da experimentação, na qual o principal objetivo é o de motivar os alunos, melhorando assim as aulas e adquirir conhecimentos e técnicas científicas (ZEMBAL-SAUL et al, 2002).

Nessa perspectiva, as atividades experimentais, como sugerem Borragini et al (2004), servem para fomentar dúvidas e discussões, trabalhando com as ideias dos alunos e comparando-as aos modelos estudados, levando em conta o caráter altamente procedimental do conhecimento cotidiano (MARÍN, 2003).

Assim, as atividades experimentais na disciplina de TFC buscam evidenciar as ideias dos alunos sobre tema, preparando-o e capacitando-os para discutir e negociar suas concepções com o grupo e com o professor. Com o objetivo de construção de uma visão mais ampla da física, a experimentação é usada também como um processo de investigação orientada, promovendo a formação e o desenvolvimento do pensamento crítico e autônomo, tal como propõem Gil-Pérez e Valdés (1996). Ilustrando a forma como a experimentação é usada na disciplina, o Quadro 2, a seguir, mostra o roteiro de instruções de uma das atividades.

#### **Quadro 2 – Exemplos de atividade experimental**

##### **1ª Aula experimental: Você já viu um MRU?**

Nesta experiência você vai trabalhar com um volante que rola sobre um trilho de alumínio tendo já adquirido uma velocidade inicial a partir de uma pequena rampa inclinada. Você e seu grupo deverão inclinar o trilho de tal forma que o volante siga andando com a mesma velocidade ao longo de todo o trilho. O grupo deve coletar e registrar dados que atestem esta condição. Os procedimentos adotados e os passos seguidos ao longo do desenvolvimento trabalho também devem ser registrados. Para isso apresente estas informações nas seguintes seções: procedimentos, dados coletados, análises e conclusões.

Fonte: Quadros elaborado pelos autores, 2018.

### **3 PROPOSTA DIDÁTICA**

A disciplina TFC, estruturada em 60 horas-aula, envolve o estudo das relações entre os conceitos de força e movimento, da mecânica dos fluidos e da discussão de alguns tópicos de óptica geométrica. Este trabalho analisa as atividades desenvolvidas na primeira metade do semestre, centrados nos conceitos de força e movimento e listados no Quadro 3.

#### **3.1 PRINCÍPIOS AVALIATIVOS**

O primeiro princípio avaliativo é de natureza atitudinal. Ele refere-se a que, embora se busque a aceitação das leis de Newton como a concepção mais

avançada para interpretação das situações estudadas, ninguém é reprovado se, ao final da disciplina apresentar, por exemplo, a concepção aristotélica a respeito. Todos são informados de que a aprovação na disciplina está relacionada somente ao cumprimento das tarefas de autoavaliação, pois o objetivo é ajudá-los a perceber a amplitude e coerência de suas ideias. O professor avalia os alunos com o objetivo principal de ajudá-los a perceber a amplitude e coerências das suas ideias. Assim, a avaliação é concebida como um processo de (auto) acompanhamento da evolução das próprias ideias.

A explicitação desse princípio desde o início das aulas cria o clima desejável para a implementação do segundo princípio, de natureza procedimental. Durante as aulas, espera-se que os alunos exponham, analisem e façam um acompanhamento das suas próprias ideias sem sentirem-se pressionados a dar “a” resposta esperada pelo professor. Ou seja, cada aluno é incentivado a desenvolver a capacidade de ser responsável pela sua própria aprendizagem.

**Quadro 3 - Atividades Inovadoras e o seu contraponto “tradicional”**

<b>Atividade</b>	<b>Abordagem Inovadora</b>	<b>Abordagem Tradicional</b>
<b>1. Ideias iniciais sobre força e movimento</b>	Questionário inicial para explicitação das concepções individuais, de grupo e de toda a turma sobre força e movimento	Apresentação separada dos movimentos (Cinemática) e das suas causas (Dinâmica)
<b>2. A Física Aristotélica</b>	Leitura sobre a visão de mundo de Aristóteles como fundamentação das suas concepções sobre força e movimento, seguida discussão da sua validade histórica e da proposição de fatos que possam refutá-la (PEDUZZI, 1996)	Apresentação (quando feita) das ideias “erradas” Aristóteles sobre força e movimento, seguida da apresentação das Leis de Newton
<b>3a. A Física Medieval</b>	Leitura sobre a Física da Força Impressa como alternativa da época medieval às limitações da física aristotélica (NEVES, 1999)	Raramente mencionada
<b>3b. Primeira Auto avaliação</b>	<b>(Q1)</b> Questionário intermediário para comparação entre as ideias de Aristóteles e da Física da Força Impressa e as próprias ideias até aquele momento	Raramente realizada
<b>4. Velocidade constante</b>	Investigação das condições que permitem um corpo deslocarem-se com velocidade constante e análise do processo de medida da velocidade <sup>2</sup>	Estudo do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) com seus gráficos e equações

<sup>2</sup> Como recurso específico para as atividades de análise de movimentos são utilizados os volantes e trilhos desenvolvidos por Axt (1990).

Quadro 3 - Atividades Inovadoras e o seu contraponto “tradicional”

Atividade	Abordagem Inovadora	Abordagem Tradicional
<b>5. Movimento e sistemas de referência</b>	Apresentação e discussão de situações-problemas sobre sistemas de referência e tentativa de superação da ideia de movimento absoluto e velocidade como propriedade de um corpo	Apresentação do conceito de referencial e da velocidade com dependente do ponto de vista.
<b>6. Velocidade Instantânea</b>	Investigação da medida da velocidade instantânea de um corpo e discussão da noção de limite de uma taxa de variação	Apresentação separada dos movimentos (Cinemática) e das suas causas (Dinâmica)
<b>7. Força e variação de velocidade I</b>	Identificação de movimentos sem atrito (construção de um disco flutuador e experimento força sobre um corpo apoiado em uma superfície quase sem atrito).	Apresentação (quando feita) das ideias “erradas” Aristóteles sobre força e movimento, seguida da apresentação das Leis de Newton
<b>8. Força e variação de velocidade II</b>	Análise de fotografias estroboscópicas de movimentos variados medindo distância, velocidade e aceleração e relacionando estes conceitos <sup>3</sup>	Raramente mencionada
<b>9. A Mecânica de Newton e Galileu</b>	Leitura sobre a visão ampla da Mecânica de Galileu e Newton e explicitação das três Leis de Newton (HECHT, 1998)	Apresentação do conceito de referencial e da velocidade com dependente do ponto de vista.
<b>10. Avaliação da unidade sobre Força e movimento</b>	<b>(P 1)</b> Auto avaliação da evolução conceitual, procedimental e atitudinal, avaliação da disciplina e resposta a um teste	Aplicação de provas, geralmente com problemas numéricos e gráficos, para atribuição de nota
<b>11. Avaliação ao final da disciplina</b>	<b>(P 2)</b> Auto avaliação da evolução conceitual e atitudinal, avaliação da disciplina e resposta a um teste	Aplicação de provas gerais, exames, provas de substituição com caráter de substituição compulsória e/ou para novo cálculo da média final da nota.

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

## 4 ANÁLISE DO ALCANCE EM CURTO PRAZO

Para o estudo do alcance dos objetivos da disciplina os dados provêm de quatro instrumentos aplicados no início, durante, no final da unidade sobre força e movimento (metade do semestre) e no final do semestre. Os instrumentos contêm questões conceituais e questões de autoavaliação.

<sup>3</sup> Para a discussão de situações experimentais simuladas, um recurso importante tem sido as fotografias estroboscópicas presentes no Projeto de Ensino de Física – PEF (HAMBURGER e MOSCATI, 1971) e no PSSC (PHYSICAL SCIENCE STUDIE COMMITTEE, 1963) e no livro de Caniato (2003).



Na medida em que não há vinculação entre a nota atribuída na disciplina e a correção das respostas conceituais ou com qualquer outra afirmação pretensamente para agradar (ou desagradar) o professor, considera-se que estes instrumentos são fidedignos para uma análise crítica do alcance dos objetivos. O Quadro 4, a seguir, mostra a discriminação do tipo de avaliação em função do instrumento utilizado e do momento da aplicação. As respostas foram analisadas, integrando perspectivas qualitativas e quantitativas.

**Quadro 4 – Relação entre instrumentos e o tipo de avaliação**

<b>Instrumento</b>	<b>Questionário Inicial – Q1 (Ativ. 1)</b>	<b>Questionário Intermediário – Q2 (Ativ. 3b)</b>	<b>1º Trabalho Escrito - P1 (Ativ. 10)</b>	<b>2º Trabalho Escrito – P2 (Ativ. 11)</b>
Avaliação conceitual pelo professor	X		X	X
Autoavaliação conceitual dos alunos		X	X	X
Autoavaliação procedimental e atitudinal dos alunos			X	
Avaliação da disciplina pelos alunos			X	X

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

O perfil dos sujeitos desta parte da pesquisa, totalizando 24 estudantes, é mostrado no Quadro 5, o qual é composto por aqueles que realizaram todas as atividades consideradas para a análise na edição anual selecionada da disciplina (representados na sequência por códigos A1 a A24).

**Quadro 5 - Perfil dos participantes do estudo em curto prazo**

<b>Idade (anos)</b>		<b>Sexo (n)</b>		<b>Tipo de escola de origem (n)</b>		<b>Curso</b>	
Média	19	Feminino	9	Pública	10	Bacharelado	18
Desvio Padrão	3	Masculino	15	Privada	14	Licenciatura	6

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

#### **4.1 APRENDIZAGEM CONCEITUAL**

Nesta seção, são discutidos os resultados encontrados exclusivamente quanto à aprendizagem conceitual dos alunos, explicitados pelos estudantes no Q1 e em partes de P1 e P2. Paralelamente, também são acrescentadas informações sobre o desenvolvimento das atividades de forma a propiciar uma visão mais ampla do processo.

### 4.1.1 QUESTIONÁRIO INICIAL - Q1 (ATIVIDADE 1)

O Quadro 6 mostra o questionário da Atividade 1, realizada logo no início do semestre. Este quadro mostra também, após cada pergunta, uma categorização das ideias gerais apresentadas nesta atividade.

**Quadro 6 – Categorização e frequência das respostas das perguntas da Atividade 1**

<b>1) O que significa dizer para ti que um corpo está em movimento?</b>	<b>Frequência</b>
Tem velocidade, muda de posição (constante), $v \neq 0$ , não está parado	8
Uma força atuou tirando-o do repouso	5
Mudando de posição em relação a um referencial	4
Está livre da Inércia	3
É relativo. Depende do ponto de vista	2
<b>2) O que você pensa que é necessário fazer para colocar um corpo em movimento?</b>	
Aplicar força (“constante”, “de aceleração”, “manter movimento”)	14
Não haver força contrária, eliminar o atrito	3
Força > resistência, atrito; Força resultante > 0; Aplicar aceleração	2 de cada
Mantém movimento por inércia velocidade; Recebeu impulso; Aplicar força pois atrito retira velocidade	1 de cada
<b>3) O que é preciso fazer, na sua opinião, para manter um corpo em movimento?</b>	
Atuar força (contínua, constante, propulsora que alimenta o movimento maior que a força contrária, para evitar perder velocidade por atrito, aplicada sem variar a aceleração)	19
Não haver força contrária	4
Aceleração	3
Forças não se anulam	2
Impulso contínuo; Fica em movimento por inércia se a força resultante for nula; Nada, basta não haver atrito ou forças dissipadoras ou não atuar força nenhuma; Retirar forças dissipativas	1 de cada
<b>4) Um jogador chuta uma bola. Como tu explicas que, mesmo depois que o pé do jogador não toca mais a bola, ela ainda continue em movimento?</b>	
Força foi transferida à bola, continua atuando	6
Energia foi transferida à bola ou gerada pelo impacto	5
Força > Resistência ou peso => tende a manter movimento	5
Força foi aplicada (grande o suficiente)	3
Fica em movimento enquanto força inicial não se gastar; Tende a continuar em movimento	2 de cada
Inércia; Força suficiente para manter movimento; Aceleração aplicada maior que resistência do ar; Força gerou impulso	1 de cada

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Fazendo-se uma análise das respostas dos vinte e quatro sujeitos da pesquisa, encontrou-se que apenas três (13%) defenderam que os corpos, uma vez em movimento, tendem a ficar em movimento, apontando para a perspectiva newtoniana das relações entre força e movimento, como mostra o exemplo a seguir.

O impulso dado previamente pelo pé do jogador faz com que a bola se desloque inicialmente com uma força, conseqüentemente uma aceleração que durante o movimento faz com que a velocidade seja variável até a bola chegar ao seu destino final (A9).

Pouco mais da metade do grupo (13 sujeitos) apresentou visões mistas ou parciais entre a visão medieval avançada, “*a força continua atuando na bola, se dissipa pelo ar até a bola acertar o chão e perder a força*” (A6) e a visão medieval inicial, “*o jogador produz uma força que é exercida na bola, mas a bola não tem o peso suficiente pra parar o movimento do jogador*” (A11). Um terço, oito estudantes, apresentaram visões próximas à de Aristóteles.

Este primeiro resultado já indica que, no caso das concepções sobre força e movimento, coerente com a evolução histórica, o “salto” da física aristotélica (mais relacionada ao conhecimento cotidiano) para a física newtoniana (conhecimento científico) não é “quântico” (ZYLBERSTAJN; PEDUZZI, 1997). Conforme estes autores, entre estas visões podem ser encontradas “concepções intermediárias” as quais, em geral, estariam, como neste caso, associadas a ou mescladas com a visão física medieval, denominada de “física da força impressa”.

Na Atividade 2 foi realizada a leitura do artigo de Peduzzi (1996), o qual defende a consideração da física aristotélica no ensino. Depois da leitura, os alunos responderam, em grupo, um questionário visando enfatizar determinados pontos do texto, especialmente para a questão polêmica da *antiperistasis* proposta por Aristóteles. As ideias dos alunos foram analisadas e uma síntese delas foi apresentada à turma para contraste e debate das respostas.

Na discussão em grande grupo posterior a esta apresentação, apesar de haver alguma adesão individual, há um rechaço geral (pelo menos no discurso em público) à ideia aristotélica da *antiperistasis*. Isto é, de que o ar sai da frente de um objeto lançado e se desloca para trás dele e aí empurra o objeto, como explicação para a sustentação do movimento de um objeto lançado (uma flecha, por exemplo).

Para favorecer o debate, o professor defende esta posição, solicitando que os alunos apresentem “evidências” que refutem esta teoria, já que a consideram absurda. A dificuldade desta refutação e a posição do professor de contrapor

objeções (ainda que logicamente falsas) acarreta uma grande insegurança pelo fato dos alunos, de alguma forma, “saberem” que as ideias de Aristóteles sobre força e movimento já não são aceitas cientificamente não sendo, em geral, mencionadas em aula.

Após a leitura das implicações no ensino das ideias de Aristóteles, são analisadas, na Atividade 3, no texto de Neves (1999) as propostas elaboradas durante a Idade Média, ideias com as quais a maior parte dos alunos se identificou anteriormente. A partir daí, seguiram-se as demais atividades previstas no cronograma, as quais, por razões de espaço não são aqui discutidas, mas que influem nas avaliações seguintes.

#### **4.1.2 1º TRABALHO ESCRITO - P1 (ATIVIDADE 10)**

Após aproximadamente dois meses de aula, foi realizado o primeiro trabalho escrito individual (P1) associado à atribuição de nota na disciplina. Este trabalho tem a aparência de uma “prova” e é composto de três partes. Na primeira parte os alunos fazem um autoavaliação sobre como mudou, no caso de ter havido mudança, as suas concepções sobre força e movimento em relação aos níveis de desenvolvimento histórico tomados como referência. No início dessa parte do trabalho é informado que essa é a única parte cujas respostas serão consideradas para atribuição de nota na disciplina. Na segunda parte, os estudantes fazem uma avaliação da disciplina expressando as suas percepções sobre o grau de alcance dos objetivos.

Por último, na terceira parte e centro de análise desta seção, eles responderam a um teste conceitual que investigava as concepções implícitas sobre força e movimento a partir das suas respostas a situações concretas. Este teste se compõe de 15 questões e 23 itens a responder, já que algumas continham subitens. As questões foram extraídas e/ou adaptadas de Silveira, Moreira e Axt (1992) e Moraes e Moraes (2000), além duas criadas com bases em uma das fotografias estroboscópicas do texto de Caniato (2003). O Quadro 7 apresenta um exemplo dessas questões.

Entre os 23 itens, a média de respostas coerentes com a visão newtoniana foi de 7,1 (31%), com desvio padrão de 4,1 (18%), revelando um o baixo grau de compreensão geral dessa visão. A caracterização das respostas em relação aos níveis de evolução conceitual é apresentada adiante, com a evolução geral.

**Quadro 7 – Exemplo de questão da 3ª parte da avaliação: teste diagnóstico conceitual**

Uma moeda é arremessada para cima, no ar. Após ter sido lançada, ela atinge o ponto mais alto e desce. Use uma das opções entre as letras A e G para indicar a força que atua na moeda em cada um dos casos descritos abaixo. Se você tiver uma opinião diferente das apresentadas descreva-a na opção H.	
13) A moeda está subindo após ter sido lançada R: _____	A - A força é para baixo e constante B - A força é para baixo e está aumentando
14) A moeda está em seu ponto mais alto R: _____	C - A força é para baixo e está diminuindo D - Força pé nula E - A força é para cima e constante
15) A moeda está caindo. R: _____	F - A força é para cima e está aumentando G - A força é para cima e está diminuindo H - (outra):

Fonte: Moraes e Moraes, 2000. Quadro elaborado pelo autor.

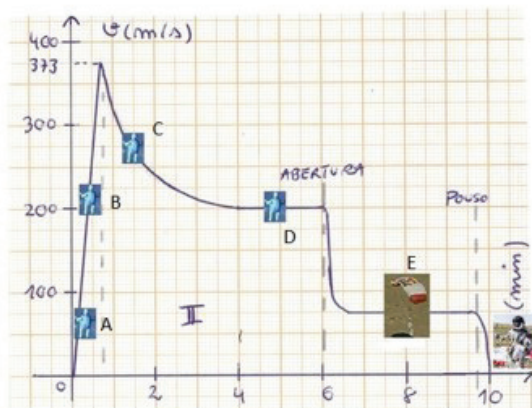
**4.1.3 2º TRABALHO ESCRITO – P2 (ATIVIDADE 11)**

No final do semestre foi aplicado o segundo trabalho escrito individual (P2) associado à atribuição de nota na disciplina. Com um formato semelhante ao primeiro trabalho escrito, mas, para variar a forma de perguntar, este trabalho é composto pela análise de uma única situação problema sobre as relações entre o movimento e as forças atuantes no caso do salto recorde do paraquedista Felix Baumgartner, em 2012, descrito em Silveira (2015).

A primeira questão pedia, a partir das informações e do gráfico da Figura 1 que fossem descritas as forças que atuaram no paraquedista durante a queda em cada uma das posições A, B, C, D e E assinaladas no gráfico. Depois, deveria ser indicado, para cada um desses trechos, se a força resultante que atuou no paraquedista foi nula, positiva (apontando para baixo) ou negativa (apontando para cima). E, ainda, nos trechos em que o estudante acreditasse que a força resultante não tenha sido nula, ele deveria informar se o seu valor estaria crescendo, diminuindo ou se mantendo constante.

Figura 1 – Questão conceitual única da P2 construída

As fotografias abaixo mostra o instante em que o pára-quedista Felix Baumgartner, salta de uma altura record de quase 40km. O gráfico abaixo mostra a variação da velocidade durante o salto do. Pelo gráfico pode-se observar que, aproximadamente 50 s depois, ele atinge a velocidade máxima da queda 380 m/s ou 1342 km/h (mais que a velocidade do som naquela altitude). Depois disso, a velocidade foi diminuindo até ficar constante (60 m/s) entre os instantes 200s e 250s (ou entre 3 e 4-min). Logo em seguida ele abriu o seu pára-quedas, e a velocidade caiu abruptamente para, a partir do instante t=270s, novamente ficar constante (5 m/s) até pousar.



Fonte: Silveira, 2015.

Analisando todas as respostas envolvidas na questão, a porcentagem média de respostas coerentes com a visão newtoniana foi, aproximadamente, de 30% e com grandes desvios médios em torno dessa porcentagem<sup>4</sup>. A análise das respostas individuais e sua categorização de acordo com os níveis de evolução conceitual dessa avaliação é apresentada a seguir.

#### 4.1.4 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO CONCEITUAL GERAL

A porcentagem de respostas newtonianas nos dois testes descritos acima, isoladamente, não ajuda a caracterizar a evolução do nível de pensamento dos sujeitos em relação à hipótese de transição desejada e explicitada no Quadro 1. O Quadro 8, mostrado a seguir, apresenta a distribuição das respostas em função dos níveis estruturados de evolução conceitual nas três avaliações realizadas.

Quadro 8 – Evolução das concepções sobre força e movimento

Nível	Concepção	Q1	P1	P2
4	Newtoniano	3	6	3
3	Medieval Pré-inercial	8	8	14
2	Medieval Inicial	5	9	7
1	Aristotélico	8	1	0

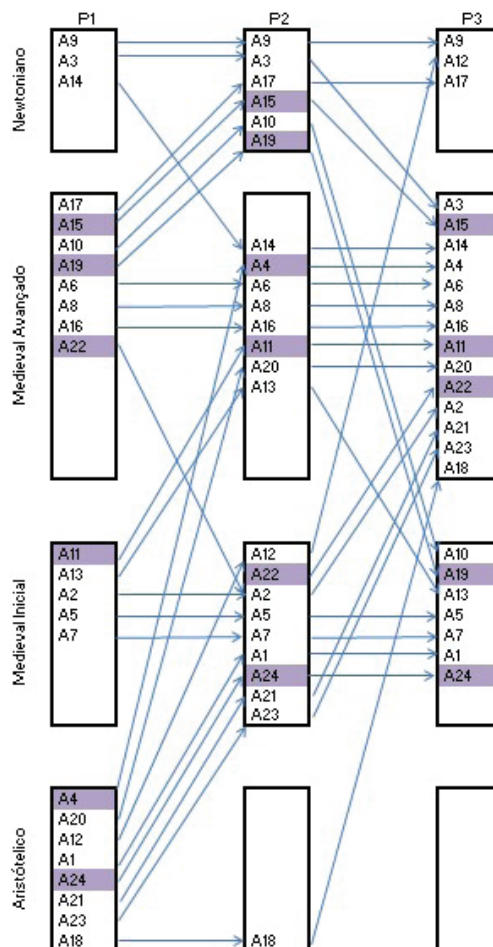
Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

<sup>4</sup>Não foi possível calcular a média absoluta e o desvio padrão da média porque o número de respostas na terceira pergunta variava em função das respostas à primeira e à segunda questão.

Por esse quadro, se verifica que apenas as respostas de três alunos (13%) puderam ser caracterizadas, ao final, como essencialmente newtonianas. Porém, coerente com uma perspectiva de avaliação processual verifica-se que, ao longo da disciplina, ocorre um incremento no número de alunos identificados com níveis mais avançados.

Para mostrar a trajetória evolutiva de cada aluno foi construída a Figura 2. Por ela, percebe-se que esta evolução é bem mais complexa. Por exemplo, o número de alunos que avançam desde os níveis iniciais para níveis mais altos é significativo já que o número de transições “negativas” (7), isto é, de um nível evolutivo mais alto para um mais baixo, é bem inferior ao número de transições “positivas” (17). Também ocorrem situações em que os alunos não mudam de nível durante toda a disciplina. Esse é o caso dos estudantes A6, A8 e A16 (sempre no nível mais alto) e dos estudantes A5 e A7 (sempre no medieval inicial). Há ainda casos de evolução sempre progressiva e completa, como o estudante A12 que iniciou no nível aristotélico e, ao final, estava no nível newtoniano. Também há casos de regressões significativas, como são os casos dos estudantes A10 e A19 que alcançaram o nível newtoniano no meio da disciplina, mas que, ao final, regrediram para um nível mais baixo que o inicial, isto é, o nível medieval inicial (HARRES, 2017).

Figura 2 Trajetória evolutiva conceitual de cada sujeito



Fonte: Harres, 2017

Na Figura 2 os estudantes do curso de licenciatura estão com o seu código pintado em cinza. A menos de que nenhum deles foi categorizado com pensamento newtoniano no início e no fim das atividades, não se percebe diferenças significativas nas suas trajetórias evolutivas dos estudantes do curso de bacharelado. Devido a que estas a categorizações são resultado da interpretação do professor, as transições representadas devem ser vistas de forma relativa. Além disso, a pequena coerência interna e variação em função do contexto de aplicação, natural para níveis de reflexão ainda incipientes, também podem produzir transições aleatórias.

Mesmo assim, o gráfico evolutivo mostra que a comumente correção de trabalho apontando que o estudante “sabe” ou “não sabe”, tão comum na avaliação classificatória praticada em sala de aula, reflete pouco a realidade da evolução conceitual individual. Nesse contexto, o pequeno avanço conceitual pode ser considerado como previsível. As questões conceituais propostas são exigentes e há várias pesquisas relatando as mesmas dificuldades até em níveis acadêmicos mais altos.

Marín (2003, p. 70) afirma que

no âmbito acadêmico, o aluno adquire em períodos de tempo relativamente curtos grande quantidade de conteúdos, normalmente em sua versão declarativa, pelo que constrói um conhecimento pobre em procedimentos e com pouca flexibilidade para ser transferido.

Mas, ao mesmo tempo, continua o autor acima,

existe um bom número de conteúdos cognitivos do aluno que não admitem vínculos lógicos ou correspondências com nenhum conteúdo acadêmico de ciências e, ao contrário, o repertório de esquemas cognitivos do aluno só dá significado mais ou menos adequado a uns poucos conteúdos acadêmicos. O restante, eles os desconhecem (MARÍN, 2003, p. 71).

Enfim, esses resultados e suas análises talvez indiquem que o nível de abstração da mecânica, especialmente em seu aspecto formal e matemático e integrado à compreensão conceitual profunda, esteja ao alcance de apenas um grupo pequeno de estudantes na entrada na universidade, como constataram Kim e Sung-jae (2002). E o problema continua depois, já que, conforme Shayer e Adey (1984), o ambiente acadêmico, mais preocupado em ensinar e avaliar a versão declarativa dos conteúdos não potencializa o desenvolvimento procedimental, de maneira que são poucos os estudantes que alcançam o nível formal. Em outras palavras, em termos da teoria de Ausubel (MOREIRA, 1998), já que a aprendizagem significativa não está disponível, não resta à maioria dos estudantes outra opção se não a reforçar a aprendizagem mecânica, a qual, em muitos casos acaba assegurando a aprovação nas disciplinas sem sanar as lacunas.



## 4.1.5 AUTO AVALIAÇÃO DOS ALUNOS

### 4.1.5.1 AUTOAVALIAÇÃO CONCEITUAL

A auto avaliação conceitual dos alunos ocorreu em três momentos. No primeiro momento, Q1 (Atividade 3b), os estudantes deveriam caracterizar suas ideias comparando-as com as de Aristóteles e aquelas produzidas no período medieval. A seguir são apresentados exemplos dessas autoavaliações.

Penso que, desde início das aulas e ainda hoje, meus pensamentos se aproximam mais do Impetus de Buridan do que da Antiperistasis de Platão utilizada por Aristóteles para explicar um corpo que continua em movimento após perder contato com a fonte original. Apesar de desconhecer este termo e inclusive esta física, a ideia de Impetus de Buridan parece dar “nome aos bois”, mesmo que não completamente (A2).

Hoje, noto uma diferença da que tinha inicialmente no grupo. Por ter sido apresentado várias maneiras de pensamento, meu jeito de pensar está em mudança. Concordo com o texto, se aproxima da minha ideia inicial, apesar estar mudando meu pensamento (A14).

Minhas ideias, comparadas ao do início das aulas, foram mais aperfeiçoadas do que mudadas, entendi mais sobre a física aristotélica. Vi que as ideias de Aristóteles eram muito equivocadas sobre força e movimento em um corpo e que pode sim haver movimento em um corpo sem haver uma força aplicada nele (A21).

Na sequência, ocorreu o segundo momento de autoavaliação conceitual (P1 - Atividade 10). O Quadro 9 mostra as duas primeiras perguntas desta parte da P1 que pede a categorização das ideias iniciais e atuais do estudante, justificando em caso de mudança.

#### Quadro 9 – Extrato da parte de autoavaliação do 1º Trabalho Escrito (P1)

##### **1ª PARTE - AUTO-AVALIAÇÃO (única que “vale” nota, conforme a qualidade da reflexão escrita)**

- 1) Entre os grandes modelos sobre força e movimento estudados (Aristotélico, Medieval, Newtoniano), de modo geral, qual deles mais se aproxima da forma como você percebia no início da disciplina) as relações entre força e movimento no início do semestre? Justifique sua resposta, apontando as semelhanças com o escolhido e as diferenças com os demais. Se nenhum destes modelos se parece com algum deles, chame-o de misto e tente caracterizar aquilo que contém (e o que não contém) de cada um.
- 2) a) Como você caracterizaria hoje o teu pensamento? Tente fazer isso considerando os mesmos e aspectos modelos considerados no item anterior. Justifique a sua resposta.  
b) Em caso de que tenha havido mudança, tente explicar como e porque isto ocorreu.

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Na Questão 1, quase a metade dos sujeitos (11) acreditava que no início do semestre suas ideias coincidiam as de Newton. Onze estudantes se dividiram entre os demais três níveis estabelecidos. Um não respondeu e outro não foi possível associar a qualquer um dos níveis. A seguir, como exemplo, a resposta do estudante A4.

Quando iniciei o curso minhas ideias sobre força e movimento eram muito semelhantes com o modelo medieval, pois sabia e entendia que o ar não promovia o movimento, contrariando a ideia de Aristóteles, porém não conseguia compreender perfeitamente o modelo de Newton. Não conseguia entender que a mesma força que fazemos em um corpo é a mesma que esse corpo aplica em nós, porque ao empurrar um objeto não notamos ele fazer o mesmo.

Na letra (a) da Questão 2, as autoavaliações associadas ao pensamento newtoniano no momento da realização de P1 foi maior, chegando a 15 sujeitos. Nenhum se reconheceu como tendo um pensamento aristotélico, três se declararam indefinidos e cinco como medievais. A seguir é apresentado um exemplo de estudante que afirma ter mantido sua visão:

Em comparação do início do semestre meu entendimento não mudou, mas agora está mais claro, principalmente com os estudos de Aristóteles. Ficou mais clara a diferença entre a física aristotélica e a newtoniana. Ambas possuem uma explicação sobre força e movimento diferentes (A11).

Já na letra (b) da Questão 2, vários relataram não ter havido grandes mudanças, especialmente aqueles que se auto caracterizavam como newtonianos. Porém, estes afirmaram que seu pensamento, agora, estava mais completo percebendo aspectos que não haviam entendido anteriormente ou por conhecer agora outras teorias propostas anteriores as de Newton. Outros relacionaram claramente a evolução das suas concepções às atividades na disciplina, como mostra o estudante A19: “ocorreu mudança sim porque antes me considerava aristotélico, mas com as aulas do professor, questões debatidas em sala de aula e exemplos, me fizeram pensar um pouco mais”

Apesar de que as autoavaliações acima refletem já certa capacidade de relacionar as próprias ideias às etapas históricas estudadas, os resultados da 3ª parte do trabalho (teste conceitual sem atribuição de nota), mostrados na quarta coluna (P1) do Quadro 8 parecem indicar que a frequência de autoavaliações newtonianas fora superestimada.

Assim, para avançar no processo de qualificação da autoavaliação, o professor conduziu uma discussão sobre como cada alternativa de cada uma das questões estava associada aos modelos históricos estudados naquele teste

(parte conceitual da P1). Assim, cada aluno fez uma contagem de quantas das suas respostas correspondiam a cada um desses três modelos. Após essa contagem, cada um deveria realizar uma revisão, se achava necessário, da autoavaliação das suas ideias. A seguir é apresentado um exemplo dessa nova reflexão.

Apesar de ter dado mais respostas newtonianas na prova, eu tenho um pensamento aristotélico e medieval, pois mesmo tendo a ideia de Newton impressa na cabeça eu não consigo igualar as minhas ideias com as dele, então meu pensamento é aristotélico/medieval (A22).

Ao final do semestre, quando da P2, foi solicitado que cada um expressasse, agora em uma escala tipo Likert<sup>5</sup>, o grau de compreensão de diferentes aspectos da visão newtoniana de força e movimento. O Quadro 10 mostra os resultados dessa autoavaliação. Na opinião geral dos estudantes, houve crescimento (estatisticamente significativo) em todos os itens, passando de um escore médio inicial de 2,5 (entre pouca e mediana compreensão) para 4,1 (grande compreensão).

Para efeitos de atribuição de notas na disciplina, tanto na P1 quanto na P2 foi adotado o critério de atribuir nota dez para quem apresentasse uma reflexão consistente e a autoavaliação completa e nota nova para reflexão e/ou autoavaliação incompletas. Quando havia várias coisas a completar/reformular não foi atribuída nota inicialmente. Para estes e também para quem recebeu nota nove foi dada oportunidade para reformular ou completar o que faltava. Também alguns estudantes alunos com nota dez receberam recomendação de rever certos aspectos. Ao final, em ambos os trabalhos, quase toda a turma obteve nota de. Ninguém foi reprovado.

**Quadro 10 – Autoavaliação da compreensão conceitual na P2**

Ideias	Inicial	Final
a) Concepção relativa de movimento	2.8	4.7
b) Concepção dinâmica do mundo	3.4	4.5
c) Concepção de força como interação	2.4	4.1
d) Diferenciação precisa entre os conceitos	2.7	4.3
e) Aceitação “profunda” do Princípio da Inércia	2.7	4.1
f) A variação de velocidade é proporcional à força resultante aplicada	2.3	3.7
g) O movimento retilíneo é natural	3.3	4.2

<sup>5</sup> Muito grande: 5; Grande: 4; Médio: 3; Pouco: 2; Nulo: 1

**Quadro 10 – Autoavaliação da compreensão conceitual na P2**

<b>Ideias</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>
h) Diferenciação precisa dos conceitos	3.0	4.1
i) Entendimento do conceito de pressão	2.8	3.9
j) Entendimento da força de empuxo	2.1	4.0
k) Percepção da “realidade”	2.5	4.0

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

#### 4.1.5.2 AUTOAVALIAÇÃO PROCEDIMENTAL E ATITUDINAL

A autoavaliação procedimental e atitudinal foi feita apenas na P1e a partir da aplicação de um instrumentos de avaliação que pedia que cada aluno se auto avaliasse em relação ao grau de alcance dos objetivos da disciplina usando uma escala tipo Likert. O Quadro 11 mostra a média e o desvio-padrão do alcance de cada objetivo na opinião dos estudantes.

**Quadro 11 – Avaliação do grau de alcance dos objetivos da disciplina**

<b>Objetivo</b>	<b>Média (n = 24)</b>	<b>Desvio- padrão</b>
a) Ampliação, melhoria ou mudança da visão geral sobre física	4,0	0,8
b) Consciência das próprias ideias	3,8	0,8
c) Interesse pela história da física	4,2	0,6
d) Interesse por fenômenos físicos do cotidiano	4,2	0,9
e) Motivação para seguir no curso	4,4	0,9
f) Preparação para outras disciplinas	4,0	0,7

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Finalizando essa seção, os dados da autoavaliação conceitual, procedimental e atitudinal revelam a presença da capacidade de se auto avaliar. Como esta capacidade não foi investigada no início das aulas, o seu avanço não pode ser afirmado. Porém, alguns fatores justificam a ilação de que ela teria crescido durante o semestre.

Em primeiro lugar, quando nos primeiros dias de aula se pergunta sobre como foram suas aulas no Ensino Médio, há um relato quase unânime dos estudantes e um ensino de física transmissor das verdades, com ênfase muito mais formal (matemática) do que conceitual e, em geral desvinculado do cotidiano. Ou seja, praticamente, não havia registro de alguma vivência nas quais as próprias ideias tivessem relevo ou, pelo menos, que a avaliação da aprendizagem deixasse de ser tarefa exclusiva do professor. Em segundo lugar, a grande valorização desses aspectos na disciplina é um bom indicador da sua ausência anterior. Tudo isso leva a supor que a capacidade de autoavaliação

era nula ou muito incipiente antes das aulas, reforçando a impressão de um significativo avanço nessa capacidade.

Nesse sentido, a estrutura teórico-filosófica parece ter sido útil. Ao mesmo tempo, a integração à dimensão conceitual, das dimensões procedimentais, tanto do ponto de vista da operação motora, via atividades experimentais, quanto do ponto de vista da análise e debate da aplicabilidade de argumentos, e das dimensões atitudinais, como sentir-se instigado e livre para pensar, também parecem ter tido efeito importante sobre esse alcance.

De fato, Marín e Soto (2012), em uma revisão recente e ampla das questões sobre aprendizagem na área da didática das ciências, apontam estes aspectos como fatores decisivos para que estratégias de melhoria do ensino não alcancem o mesmo sucesso. Em outro trabalho, o primeiro autor destaca:

(...) os significados que usualmente o aluno atribui a conceitos próprios do cenário cotidiano, por serem construídos a partir de uma diversidade de interações (físicas, simbólicas e motoras) em períodos de tempo longos, possuem uma carga procedimental importante no qual o cognitivo e o afetivo estão mesclados (MARÍN, 2003, p. 69).

#### **4.1.6 AVALIAÇÃO DAS AULAS PELOS ALUNOS**

##### **4.1.6.1 AVALIAÇÃO PELOS ALUNOS NA P1 – PRIMEIRO TRABALHO ESCRITO**

Na P1, três questões serviram para avaliação do professor pelos alunos. A primeira perguntava o que cada aluno mais gostou e o que menos gostou até aquele momento. Das respostas, destacamos inicialmente alguns comentários sobre o que mais os alunos gostaram: “conteúdos são passados para os alunos, a partir de discussões experiências e questionamentos”; “diversos experimentos, questionamentos do professor”; “a disciplina é muito livre para debater dando liberdade para qualquer um trazer ideias”; “desvalorização da nota em favor do envolvimento pessoal”; “interdisciplinaridade com a história”. Isoladamente, os três fatores mais citados foram: “estímulo do pensamento” (8 vezes); “didática da aula” (9 vezes); experimentos (10 vezes).

Alguns comentários sobre o que menos gostaram: “não entender ainda algumas coisas, como aquela história da bomba; a pulga atrás da orelha”; “às vezes não receber as respostas e talvez julgar certo um pensamento errôneo; meu entendimento, o que acabou atrapalhando os trabalhos práticos”; “poucos experimentos no laboratório”. Os três fatores mais citados foram: “textos longos” (3 vezes); “não receber respostas” (4 vezes) e “nada” (14 vezes).

A segunda questão apresentava alguns princípios didáticos adotados na disciplina e pedia que o aluno se posicionasse sobre o grau de alcance de cada um também em uma escala tipo Likert. Havia também um espaço para justificar essa opinião e apresentar exemplos, críticas e sugestões, mas isto quase não foi feito.

O Quadro 12 mostra o escore médio e o seu desvio-padrão da avaliação de cada um destes princípios. Todos os itens tiveram avaliação entre 4,4 (caderno de debates) e 4,9 (partir das ideias dos alunos, liberdade de expressão, respeitar pontos de vista). O escore mínimo atribuído a todos foi 4 (grande alcance), à exceção dos itens (a), (f) e (i) que obtiveram, cada um, uma avaliação com valor 3 (alcance médio).

Por fim, a terceira questão oferecia um espaço para outras manifestações, críticas, sugestões, etc. das quais destacamos algumas: “menos textos”; “alguns vídeos são cansativos”; “explicações mais minuciosas”; “prova menos extensa; sugestão de saídas de campo; ótima aula”; “professor explica com entusiasmo”; “necessidade de saber a resposta correta”; “discutir o conteúdo da pasta de pesquisa”.

**Quadro 12 - Avaliação do grau de alcance e dos princípios e recursos didáticos na P1**

Princípios Didáticos	Média	Desvio-padrão
a) Partir das ideias dos alunos	4,6	0,6
b) Liberdade de expressão	4,9	0,3
c) Respeitar pontos de vista	4,9	0,3
d) Avaliação como autoconhecimento	4,9	0,3
e) Privilegiar discussão conceitual	4,7	0,5
f) Caderno de debates <sup>6</sup>	4,4	0,6
g) Pasta das pesquisas <sup>7</sup>	4,5	0,5
h) Reformulação dos trabalhos	4,8	0,4
i) Forma diferente de avaliar (nota)	4,6	0,6

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

#### 4.1.6.2 AVALIAÇÃO PELOS ALUNOS NA P2 – SEGUNDO TRABALHO ESCRITO

Entre outras questões mais gerais da disciplina, na P2, foi formulada uma questão que apresentava todos os objetivos e solicitava a avaliação do estudante sobre cada um segundo uma escala tipo Likert categórica<sup>8</sup>, como mostra o Quadro 13.

<sup>6</sup> Caderno que circula pela aula no qual são registradas qualquer opinião, crítica, dúvida, sugestão, etc.

<sup>7</sup> Pasta que circula pela aula e na qual são incluídas por qualquer um notícias interessantes, relacionadas com as discussões e temas em estudo.

<sup>8</sup> Muito Bom: 5; Bom: 4; Médio ou Indiferente: 3; Ruim: 2; Muito Ruim: 1

**Quadro 13 - Avaliação dos princípios e recursos didáticos na P2**

<b>Utilização de atitudes e recursos “didáticos” pelo professor</b>	<b>Avaliação</b>
Partir sempre (ou quase) das ideias dos alunos	4,6 (0,6)
Estimular a participação e a liberdade de expressão	4,9 (0,3)
Respeitar pontos de vista diferentes	4,9 (0,3)
Usar a avaliação como processo de autoconhecimento	4,9 (0,3)
Privilegiar a discussão conceitual em lugar da formal (usando fórmulas matemáticas)	4,7 (0,5)
Uso do caderno de debates	4,4 (0,6)
Uso da pasta das pesquisas	4,5 (0,5)
Permitir (quase sempre) a reformulação dos trabalhos sem prejuízo da nota	4,8 (0,4)
Não associar a atribuição de nota ao nível de compreensão dos conteúdos	4,6 (0,6)

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

Verificou-se que as estratégias e os recursos didáticos avaliados como “Muito Bom” foram, tal como na P1, a liberdade de expressão, o respeito aos pontos de vista e a avaliação como forma de autoconhecimento. No extremo oposto, a pasta das pesquisas e o caderno de debates tiveram, como avaliação, apenas “Bom”.

Outra questão da P2 solicitava uma comparação do interesse em aprender e estudar física e da visão sobre essa área de conhecimento antes e depois de cursar a disciplina. Caso houvesse havido mudança, o estudante deveria explicar o porquê dessa mudança.

Como resultado, parece ter havido um reconhecimento geral do valor da disciplina, já que houve mudanças positivas principalmente na visão sobre a física e no desejo de aprender e estudar, embora em graus e em âmbitos diferentes, como mostram as respostas destacadas a seguir.

Com certeza depois desta disciplina meu interesse pelo estudo e entendimento da física mudou, pois descobri, nesta disciplina, que meu pensamento é pouco newtoniano, e como o Newton é considerado correto, quero investigar isso. Quero investigar o porquê de eu pensar aristotelicamente na maioria dos conceitos. Quero saber por que estou errada e se estou realmente errada (A1).

Houve significativa mudança. Ao rever conceitos, tive ainda mais vontade de descobrir e aprofundar raízes em áreas que havia esquecido o quão divertido era estudar. Por exemplo: empuxo e cinemática (MRU) (A8).

A cadeira abre muito a mente sobre a percepção da física a nossa volta, fazendo assim com que a vontade de compreender a física que nos "rodeia" também nos deixe mais curiosos para continuar o curso (A10).

Meu interesse em estudar física aumentou, pois física não é só fórmulas, muitas vezes compreender um fenômeno físico é mais difícil que com-

preender uma fórmula. A maioria dos filósofos que estudei na disciplina eu só conhecia pela filosofia, foi muito interessante compreender as contribuições para a física, mesmo não usando a matemática, apenas as ideias para compreender os fenômenos físicos (A13).

Em questão de aprendizagem, percebi que a disciplina trouxe novas visões, oportunidades de pensar e o conhecimento da auto avaliação. No início eu pensava como Newton, pois era a única coisa que conhecia, porém vi que pensava como Aristóteles e nem sabia. Pude ver a diferença entre os meus pensamentos e a realidade (A18)

Eu não sabia como seriam as aulas, mas no decorrer do curso eu adorei, pois foi a partir dos nossos pensamentos que o professor seguiu a disciplina e por isso eu tive uma sensação boa (A22).

Finalmente, havia ainda um espaço para outras manifestações, sugestões, críticas, etc. das quais algumas são mostradas a seguir. Dez estudantes não escreveram nada.

No início da cadeira, fazer mais questionários para classificar o modelo de pensamento, em relação à cinemática (A3);

Um professor apaixonado pelo que faz, cativa os alunos. Se cria interesse pelo que se está aprendendo se o professor o faz de coração (A8).

Minha sugestão é diminuir os trabalhos e aumentar as provas, pois pra mim foi na discussão da P1 que o processo auto avaliativo funcionou (A20).

A única coisa que esperava mais, mas talvez o professor até prefira assim, era compreender mais as fórmulas envolvidas. Isso me deixou um pouco, digamos insatisfeito (A12);

Acho que poderia mostrar esse teste de autoavaliação mais no meio do curso, para assim os alunos terem mais tempo de se conhecerem (A18).

Não dá para nos deixar sem respostas, às vezes ficamos enlouquecidos com isso. No mais a disciplina é ótima (A24).

Fazendo uma avaliação geral das repercussões a curto prazo que o processo implementado na disciplina de Tópicos de Física Clássica promove, pode-se afirmar, de modo geral, que a disciplina parece cumprir seu papel principal que é o de ser uma forma atraente e consistente de entrada no curso de física. Há um registro razoavelmente confiável de ampliação ou confirmação do interesse em continuar no curso e de ampliação da visão geral da física, pelo menos na área de mecânica.

A vivência como estudante nesta estrutura n o mínimo diferente também provoca reflexões positivas. Constata-se uma consideração própria de estudante como um sujeito epistêmico, distanciando-se dos papéis passivos, individua-



listas e dissimuladores do nível do conhecimento, tradicionalmente assumido em ambientes escolares e acadêmicos. O fato de os alunos terem presença de quase 100% nas aulas, mesmo sabendo que, na prática, ninguém é reprovado, parece confirmar essa postura de estudante. Outra evidência disso são as sugestões e críticas oferecidas ao professor e à organização da disciplina, todas muito valiosas e, muitas delas implementadas.

Mas o abandono desse papel anterior não é fácil e nem imediato. Chama a atenção a recorrente manifestação de necessidade de receber respostas do professor sobre as situações estudadas. Para os estudantes é difícil aceitar a ideia de que a fonte do conhecimento deixe de ser o professor (ou o livro didático que ele usa) e reconhecer que é ele quem atribui significado ao que estuda e que a consciência disso é muito importante. Como alento nessa caminhada, muitas vezes o clamor por respostas esse pedido vem acompanhado de uma compreensão de que isso é feito de propósito como, por exemplo, afirmou o estudante A12 pouco acima.

Finalmente, o cenário dessa avaliação ampla em curto prazo indica, como já apontavam os referenciais utilizados ao longo desse trabalho, é que parece haver uma interdependência entre os diversos âmbitos de avaliação e autoavaliação, dificultando até uma análise mais específica de outro aspecto. O que reforça a perspectiva da sala de aula como um ambiente sistêmico, tal como propõe Garcia (1995).

Porém, como toda aprendizagem só o é se for permanente e dado que os papéis assumidos em ambientes acadêmicos tanto por professores quanto por estudantes têm um forte caráter adaptativo, é necessário averiguar também se toda essa mobilização se mantém, e se influi na trajetória desses sujeitos em longo prazo. Estas são as questões que mobilizaram a realização de entrevistas de estudantes distanciadas da vivência até aqui relatada e cujos resultados são apresentados na seção seguinte.

## 5 ANÁLISE DO ALCANCE EM LONGO PRAZO

Para analisar as percepções dos alunos que já cursaram a disciplina em semestres anteriores sobre a forma como ela está estruturada e identificar as possíveis repercussões sobre as repercussões da disciplina de Tópicos de Física Clássica (TFC) na continuidade da formação, na própria visão de aluno e sobre a escolha da linha de formação (licenciatura, bacharelado em física médica e bacharelado em geofísica), entre outros aspectos, foram entrevistados sete alunos, cujo perfil é mostrado do Quadro 14.

**Quadro 14 - Perfil dos participantes do estudo em logo prazo**

Grupo	Idade (Anos)		Sexo (n°)		Escola de Origem (N°)		Curso	
B	Média	22	Feminino	0	Pública	3	Bacharelado	5
	Desvio Padrão	2	Masculino	7	Privada	4	Licenciatura	2

Fonte: os autores

As entrevistas semiestruturadas, cujo roteiro está mostrado no Quadro 15, ocorreram quando estes estudantes haviam cursado a disciplina entre três e cinco anos atrás. Cada uma durou em média vinte minutos. Uma vez transcritas, as entrevistas foram submetidas à Análise Textual Discursiva, proposta por Moraes e Galiazzi (2004). Inicialmente foram identificadas as unidades de significado de cada sujeito relevantes para os objetivos da pesquisa. As unidades destacadas de cada sujeito, perfazendo quase 200 no total das entrevistas, foram agrupadas em categorias *a priori* de acordo com as perguntas das entrevistas.

**Quadro 15 – Roteiro da entrevista com dos participantes do Grupo B**

- Qual o motivo pelo qual tu escolheste fazer a faculdade de Física?
- Descreva como foi o ensino de Física que tiveste no Ensino Médio?
- Como eram para ti as aulas de TFC?
- As atividades na disciplina TFC, fizeram teu pensamento sobre força e movimento se modificar?
- E estas aulas te ajudaram (incentivaram) para continuar no curso?

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

A reunião das unidades de significado de todos os sujeitos de uma mesma categoria originou sínteses elaboradas na forma de um meta-texto para cada uma, mostradas na coluna “Especificação” do Quadro 16, a seguir, o qual contém o título de cada categoria e as palavras-chave que caracterizam cada uma.

Os resultado das análises das entrevistas, confirmam que as vivências advindas das estratégias adotadas em TFC acima têm uma influência positiva nos alunos a longo prazo. Todos os sete estudantes entrevistados afirmam que a disciplina teve influência positiva na permanência no curso. Também é relatada influência positiva no seguimento das demais disciplinas, especialmente pela consciência das próprias ideias e pelo desenvolvimento de atitudes benéficas do ponto de vista de um estudante para esse seguimento, como, por exemplo, o desenvolvimento da atitude de pesquisa de novas informações e a participação nos debates com os colegas sobre os tópicos estudados.

Parece que a disciplina, mesmo depois de bastante tempo, também têm influência, sem desprezar outros fatores, na avaliação das próprias vivências na escola, na qual é muito enfatizado a qualidade, em geral baixa, do ensino re-

cebido. E isso é importante, pois neste caso, poderia haver uma repercussão nos futuros professores de Física nas suas concepções de ensino e aprendizagem, aproximando-as àquelas que se desejaria nas escolas, em especial promovendo uma maior consideração das ideias dos alunos e de todas as implicações que isso traz como, por exemplo, no processo de avaliação e atribuição de notas.

De fato, alguns autores, como Morrison e Lederman (2003), por exemplo, defendem que o conhecimento das ideias dos alunos é uma “bagagem” essencial para ação docente na área de ciências. E isso é mais relevante ainda pela constatação frequente que as vivências enquanto estudantes influem fortemente na configuração da prática em sala de aula dos professores (HARRES et al, 2012).

#### Quadro 16 – Categorias emergentes das análises das entrevistas

Título	Palavras-chave	Especificação
<b>Motivo pela escolha do curso de Física</b>	vontade de ser cientista	Os interesses e motivos para escolha do curso de Física são variados. Eles vão desde interesse pela física no Ensino Médio, influência das boas explicações do professor ou da área de atuação dos pais e ainda a atração em tornar-se um cientista.
	professores motivados	
	influência dos pais	
<b>Métodos de ensino no Ensino Médio</b>	ensino baseado em fórmulas	O ensino recebido é avaliado como forte ou muito fraco. Professores não apropriados para ensinar Física é muito citado. A maioria das aulas se restringia à exposição de conteúdo pelas fórmulas dos fenômenos, sem a parte conceitual e experimentos. Alguns professores foram mais valorizados pela maneira de explicar e pela motivação.
	métodos expositivos	
	ausência de experimentos	
<b>Influências para continuar no curso</b>	influência positiva	A disciplina foi muito influente, pois mostrava coisas que no Ensino Médio não eram muito presentes, como: discussões sobre os temas propostos, questionamento dos temas, pesquisas sobre assuntos diversos e a descobertas de todo o curso. Mudanças na forma de pensar, o desenvolvimento da capacidade e da atitude de pesquisar e até mudanças do bacharelado para a licenciatura são mencionadas relacionadas.
	diferente do Ensino Médio	
	atividades inovadoras	

Quadro 16 – Categorias emergentes das análises das entrevistas

Título	Palavras-chave	Especificação
<b>Percepções sobre as aulas de TFC</b>	experimentos	É muito valorizado que houve muitos experimentos, muitas discussões nas quais eram valorizadas as opiniões diferentes e a compreensão de que o certo e o errado são relativos. É assinalado que o método de conduzir aula foi totalmente diferente do visto no Ensino Médio. A disciplina estimulou muito o pensamento dos alunos com os conteúdos, pesquisas e discussões.
	discussões	
	atitude de pesquisar	
<b>Evolução das ideias sobre força e movimento</b>	evolução positiva	Houve mudanças na forma de pensar. A evolução das próprias ideias ocorreu principalmente pelas discussões, questionamentos, pesquisas e investigações. Todo o ambiente da aula influenciou nessa mudança. O pensamento e os argumentos dos colegas foram muito importantes nesse processo. A forma diferenciada de apresentar os conteúdos, os experimentos e as discussões influenciaram muito também.
	consciência das ideias prévias	
	influência das discussões.	

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2018.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avalia a validade de uma proposta alternativa visando à evolução das ideias dos alunos sobre força e movimento. Os resultados encontrados a partir de uma perspectiva ampla de coleta e análise evidenciam a constituição de um cenário multifacetado que se autointerfere e que, em geral, o ensino transmissivo desconsidera.

Observa-se, pelas análises das atividades desenvolvidas durante e ao final do semestre e pelas percepções dos alunos de edições anteriores da disciplina, uma avaliação altamente positiva da disciplina. Os estudantes valorizam positivamente a perspectiva não matematizada e ao mesmo tempo conceitual, histórica e experimental da física. São registrados avanços nos três âmbitos da avaliação (conceitual, atitudinal e procedimental). A avaliação desvinculada de notas e baseada na consciência sobre as próprias ideias são relatadas como apropriadas e eficientes para um aprendizado mais amplo, além de instigar a busca por conhecimento.

Evidentemente, esta conclusão tem a limitação de não ter emergido de uma comparação com um grupo de “controle”, se é que isso seria possível na pers-

pectiva adotada em TFC. Como atenuante dessa limitação, por um lado, é possível considerar que tanto os trabalhos citados ao longo desse texto relatando fortes dificuldades de aprendizagem de estudantes na graduação como constatação das dificuldades recorrentes que estudantes universitários enfrentam em disciplinas de física (ou de cálculo, por exemplo).

Mas resultados obtidos a partir de dados de outra natureza e coletados em situações didáticas análogas também corroboram a conclusão acima. Esse parece ter sido o caso do trabalho recente de Brewe et al (2018) no qual o uso de operações mentais de alto nível foi avaliado usando ressonância magnética. Após e durante o envolvimento de estudantes em atividades abertas de modelagem em disciplinas de introdução à física, constatou-se via análise de imagens ter havido um incremento notável das atividades cerebral em zonas associadas à atenção, memória de trabalho e solução de problemas, o que, no seu conjunto, podem ser consideradas com uma central de trabalho em rede.

Ao lado da avaliação positiva da proposta, são registrados também alguns desencontros, inseguranças e frustrações. Algumas delas podem ser vistas positivamente, na medida que estão ligadas ao desejo de seguir atuando no ensino superior com o mesmo papel de estudante na escola, por exemplo, desejando respostas prontas ou cálculos com fórmulas matemáticas. Mais especificamente, com os dados recolhidos é possível fazer uma avaliação mais precisa da pertinência e eficácia das atividades e dos instrumentos e recursos adotados para a sua avaliação, que pode ser muito útil em outras edições dessa e de outras disciplinas.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para o debate na área de pesquisa em ensino de Física no sentido da integração no ensino de aspectos tais como: a consideração das ideias dos estudantes, a estruturação dos conteúdos segundo uma perspectiva histórico-filosófica e ainda a adoção de uma abordagem avaliativa processual.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXT, R. Para suas aulas de cinemática: o volante, um móvel bem comportado. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.7, n. 2, p. 151-156, 1990.

BORRAGINI, E. F. et al. Investigação e desenvolvimento de estratégias experimentais para a evolução conceitual em ensino de física. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, 9., 2004, Jaboticatubas. **Anais...** Jaboticatubas: SBF, 2004. p. 1-12. Disponível em: <[http://www.cienciamao.usp.br/dados/epenf/\\_investigacaoedesenvolvim.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/epenf/_investigacaoedesenvolvim.trabalho.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2018.

BREWE, E. et al. Toward a neurobiological basis for understanding learning in university modeling instruction physics courses. *Frontiers*, v. 5, n. 10, p. 1-13, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fict.2018.00010>>. Acesso em: 31 maio 2018.

CANIATO, R. **As linguagens da física**. São Paulo: Ática, 2003.

DRIVER, R. et al. **Making sense of secondary science: research into children's ideas**. New York: Routledge, 1994.

GARCIA, J. E. Fundamentos para la construcción de un modelo sistémico del aula. In: PORLÁN, R.; GARCIA, J. E.; CAÑAL, P. (Org.). **Constructivismo y enseñanza de las ciencias**. Sevilla: Díada, 1995. p. 42-72.

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 14, n. 2, p. 55-63, 1996.

HAMBURGER, E. W.; MOSCATI, G. (Org.). **Projeto de Ensino de Física: Mecânica**. São Paulo: MEC; Fename, 1971.

HARRES, J.B.S. Desenvolvimento histórico da dinâmica: referente para a evolução das concepções dos estudantes sobre força e movimento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.2, n.2, p. 89-101, 2002.

\_\_\_\_\_. Queres que eu responda o que eu penso ou o que me ensinaram na escola? In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 15., 2003, Curitiba. Anais eletrônicos... Curitiba: SBF, 2003. Disponível em <[www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xv](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xv)>. Acesso em: 31 out. 2018.

\_\_\_\_\_. et al. As ideias dos alunos nas pesquisas de formação inicial de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n.1, p.55-68, 2012.

\_\_\_\_\_. Avaliação de atividades inovadoras no ensino superior de mecânica. In: Seminário Internacional Pessoa Adulta, Saúde e Educação, 4., 2017, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2017. p. 1-11.

HECHT, E. **Física em perspectiva**. Madrid: Addison Wesley Longman, 1998.

KIM, E.; SUNG-JAE, P. Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. **American Journal of Physics**, Maryland, v. 70, n. 7, p. 759-765, 2002.

LIMA, V. A.; RIBEIRO MARCONDES, M. E. Atividades experimentais no ensino de química: reflexões de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, núm. extra, p.1-4, 2005.

- MARÍN, N. Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 21, n. 1, p. 65-78, 2003.
- \_\_\_\_\_.; SOTO, C. Evaluación de la investigación sobre cambio conceptual y concepciones alternativas. Una aproximación al estado actual de la didáctica de las ciencias **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Puerto Real, v. 9, n. 1, p. 78-92, 2012.
- MORAES, A. M.; MORAES, I. J. A avaliação conceitual de força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 232-246, 2000.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2004.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: UnB, 1998.
- MORRINSON, J. A.; LEDERMAN, N. G. Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. **Science Education**, v. 87, n. 6, p. 849–867, 2003.
- NEVES, M. C. D. **Memórias do invisível**. Londrina: L.C.V., 1999.
- PEDUZZI, L. O. Q. Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 1, p. 48-63, 1996.
- \_\_\_\_\_.; ZYLBERSZTAJN, A.; MOREIRA, M. A. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 239-246, 1992.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. **Física: Parte I - O universo**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1963.
- PIAGET, J.; GARCIA, R. **Psicogênese e história das ciências**. Petrópolis: Vozes, 2011.
- PORLÁN, R. **Constructivismo y escuela: hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación**. Sevilla: Díada. 1993.
- \_\_\_\_\_.; HARRES, J. B. S. La epistemología evolucionista de Stephen Toulmin y la enseñanza de las ciencias. **Investigación en la Escuela**, Sevilla, v. 39, p. 17-26, 1999.
- RODRÍGUEZ, F. M. et al. Las hipótesis de transición como herramienta didáctica para la educación ambiental. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 32, n. 3, p. 303-318, 2014.

SAMUDIO PÉREZ, C. A.; ROSA, C. W.; DARROZ, L. M. Concepções alternativas em mecânica: um estudo de caso dos alunos de cursos de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, Ouro Preto, v. 31, n. 2, p. 79-90, 2012.

SHAYER, M.; ADEY, P. S. **La ciencia de enseñar Ciencia**: desarrollo cognoscitivo y exigencias del curriculum. Madrid: Narcea, 1984.

SILVEIRA, F. L. A física no salto record de Felix Baumgartner. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 2306-1 - 2306-6, 2015.

\_\_\_\_\_; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei a partir dos resultados experimentais". **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. especial, p. 7-27, 2002.

\_\_\_\_\_; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em física: um exemplo de mecânica. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 187-194, 1992.

ZEMBAL-SAUL, C. et al. Web-based portfolios: a vehicle for examining prospective elementary teachers' developing understandings of teaching science. **Journal of Science Teacher Education**, [s.i.], v. 13, n. 4, p. 283-302, 2002.

ZYLBERSTAJN, A. **A evolução das concepções sobre força e movimento**. 2000.

Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/62320968/A-Evolucao-das-Concepcoes-Sobre-Forca-e-Movimento>>. Acesso em: 28 jul. 2018.

\_\_\_\_\_; PEDUZZI, L. La física de la fuerza impresa y sus implicaciones para le enseñanza de la mecánica. **Enseñanza de las Ciências**, Barcelona, v. 15, n. 3, p. 351-359, 1997.