

UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA O CONCEITO DE FORÇA

A CONCEPTUAL PROFILE PROPOSAL FOR FORCE CONCEPT

Tane da Silva Radé¹

Renato P. dos Santos²

ULBRA/PPGECIM, thanerade@yahoo.com.br

ULBRA/PPGECIM, renato@reniza.com c/ apoio do CNPq

RESUMO

O objetivo deste trabalho é determinar categorias de um perfil conceitual do conceito de força para compreender melhor a coexistência dessas concepções alternativas no perfil conceitual com relação ao conceito de força durante o processo ensino-aprendizagem, nas diversas etapas do aprendizado, desde a escola fundamental até à formação acadêmica.

O perfil conceitual de força foi construído através de uma Matriz Epistemológica que articula diferentes visões epistemológicas. Foram utilizadas a visão histórico-epistemológica do conceito de força, desenvolvida por Jammer; a visão psicogenética desenvolvimental segundo a pesquisa de Piaget com crianças; as etapas do desenvolvimento psicogenético-histórico de força, segundo Piaget & Garcia e as concepções alternativas e newtonianas de alunos, analisadas em diversos trabalhos de pesquisa na área. A análise desta matriz, mediante um processo de reinterpretação e síntese das diferentes visões epistemológicas e ontológicas deste conceito, nos possibilitou a identificação de oito zonas representativas para o perfil conceitual de força.

Palavras-chave: ensino de Física, força (Física), perfil conceitual.

ABSTRACT

The objective of this work is to establish a profile of the concept of force, in order to better understand the coexistence of these alternative conceptions in one's conceptual profile with relation to the force concept during the process teach-learning, in the diverse stages, since the basic school until the academic formation.

The conceptual profile was constructed by means of the Epistemological Matrix, which articulates the different epistemological visions. The epistemological visions used were the historic-epistemological point of view of the force concept, developed by Jammer; the psychogenetic-developmental view, according to Piaget's research with children; the psychogenetic-epistemological stages of the concept of force, according to Piaget & Garcia; and widely available research literature upon the student's alternative and Newtonian conceptions. The analysis of this matrix, by means of a process of reinterpreting and synthesis the different epistemological and ontological visions of this concept, made possible the identification of eight representative zones for the conceptual profile of force.

Keywords: Physics teaching, force (Physics), conceptual profile

“Só se pode entender a essência das coisas quando se conhecem sua origem e desenvolvimento”. (Heráclito)

INTRODUÇÃO

Ao lidar com conceitos fundamentais em ciências, tais como massa, força, energia, trabalho, potencial elétrico, etc., o engenheiro, o cientista ou o professor de ciências talvez jamais tenham analisado e discutido, criticamente, seus significados sob o ponto de vista histórico ou epistemológico, apesar de serem conceitos de fundamental importância para o desenvolvimento de sua atividade, seja no campo da pesquisa científica ou de aplicações em engenharia.

Por outro lado, um dos grandes desafios a serem tratados nas relações ensino-aprendizado é o ensino de conceitos em ciências, tendo em vista os obstáculos de ordem epistemológica e ontológica enfrentados tanto por alunos como também por professores, face as concepções ou idéias prévias sobre tais conceitos que os alunos trazem para sala de aula e que tendem a se manter inclusive após sua graduação. Décadas de estudos, análises e propostas de modelos para uma mudança conceitual, mostraram que as concepções prévias fazem parte do processo cognitivo do indivíduo, tendendo a serem permanentes, em que pese qualquer esforço para a evolução destes para a estrutura de conceitos científicos (DRIVER, 1989). O que resulta efetivamente, é a tendência de coexistirem simultaneamente tais visões conceituais.

Assim, é preciso levar em consideração que os conceitos em ciência passaram em sua grande maioria, por um longo processo de “depuração histórica” à medida que as ciências se desenvolviam e que os estudantes em sala de aula, são, quase sempre, imediatamente submetidos a concepções científicas de alto teor técnico tais como força, energia, massa, trabalho entre outras. Assim, os estudantes vêm-se de repente, em contraponto com noções cujo caráter simbólico cotidiano lhes traz significações impregnadas de metáforas, concernentes ao senso comum vigente em seu contexto.

Mortimer (1995), buscando entender essa coexistência, construiu um modelo, denominado ‘perfil conceitual’. Este modelo é um sistema supra-individual de formas de pensamento, de categorias ontológicas e epistemológicas em que as diferentes interpretações da realidade compõem-se em zonas, lado a lado, num arranjo gráfico, qualitativo, em que a maior ou menor altura de cada uma nesse gráfico representa a maior ou menor presença dessa maneira de ver no pensamento do indivíduo. Além disso, considera-se uma hierarquia, pela qual cada zona sucessiva do perfil contém categorias de análise com poder explanatório cada vez maior. O perfil será dependente do conteúdo porque, para cada conceito físico em particular, tem-se um perfil diferente. Por outro lado, o perfil será diferente para cada indivíduo porque embora as categorias sejam as mesmas para cada conceito, ele será fortemente influenciado pelas experiências distintas de cada indivíduo.

É nossa idéia de que o professor deva conhecer e saber lidar com tais concepções e que um “perfil conceitual”, pode ser um instrumento de análise, com o qual ele possa trabalhar objetivando resultados satisfatórios no ensino de conceitos em ciências.

De relevante importância também, é considerar o fato de que o conhecimento pelo estudante, de seu próprio perfil conceitual, tem um papel importante na relação ensino-aprendizagem. Para Mortimer (1995) “o uso, pelo estudante, de concepções prévias em problemas cotidianos e/ou novos poderia indicar a falta de consciência de seu próprio perfil”.

Para desenvolvimento deste projeto, foi selecionado o conceito de força, que é um conceito considerado maduro em ciências e que possui um largo espectro histórico para uma análise crítica mais acurada.

Segundo Jammer (1957),

“os conceitos do pensamento pré-científico comum são, eles mesmos, o resultado do desmembramento arbitrário do coerente e contínuo substrato da experiência sensória. A Ciência como uma atividade técnica nunca tenta, propositadamente, separar-se a si própria das concepções formadas pela experiência cotidiana. Ao contrário, concepções científicas, embora freqüentemente resultado da intuição espontânea, tendem a ser moldadas, tanto quanto possível, em analogia com as concepções da experiência diária.”

Vale a pena aqui lembrar a origem etimológica do termo força, tentando situá-lo, de modo a lançar uma luz que nos permita compreender sua ampla e variada gama de significados, em diversos contextos. Verifica-se, assim, que termo ‘força’ tem sua origem invariavelmente apontada para o latim tardio, a partir do termo “*fortia*, plural neutro tomado como substantivo feminino do adjetivo *fortis*”, (MACHADO, 1952), com significados de forte, vigoroso, robusto, com saúde, poderoso, enérgico, etc. A partir daí, na língua da Igreja o emprego do termo ‘*fortia*’ no sentido de força, que passa como feminino às línguas românicas (ERNOUT & MEILLET, 1951; HOUAISS, 1952).

Por outro lado, encontramos algumas significações extracientíficas para o termo força: qualidade do que é forte; robustez, vigor físico, energia vital; violência ou coerção exercida sobre ou contra (algo ou alguém); algo que faz mover (algo ou alguém); impulso, incitamento; poder, influência, eficácia; autoridade, império, domínio, poderio; característica psicológica do que não se deixa abater nem dominar; firmeza; energia elétrica, eletricidade, luz, corrente; fenômenos naturais como o vento, a chuva, o furacão, o raio, etc.; dar apoio, incentivar algo; ajudar com palavras, ações ou dinheiro; colaborar, apoiar. (HOUAISS, 1952) Vale observar que nas noções de força acima, embora buscando o caráter de ordem científica, ainda persiste um traço de concepções alternativas, onde a força é confundida com outras grandezas físicas completamente distintas.

Esta maturação milenar de acepções não científicas da noção de força e o fato de que o termo começou a ter conotações de caráter científico em torno do século XV, vindo a consolidar-se como designação científica na era newtoniana, ou seja, apenas há três séculos, torna evidente o grande desafio do ensino deste conceito em ciências, no sentido da carga de idéias prévias com que os estudantes iniciam seus estudos formais de Física.

O objetivo deste trabalho, assim, é estabelecer, com base na pesquisa bibliográfica selecionada, um perfil da evolução histórica do conceito de “força” e sua evolução ontológica, para compreender melhor a coexistência dessas concepções alternativas no perfil conceitual e as mudanças ontológicas e epistemológicas necessárias para promover a evolução ontológica e a mudança do perfil conceitual de um sujeito, com relação ao conceito de força durante o processo ensino-aprendizagem, nas diversas etapas do aprendizado, desde a escola fundamental até à formação acadêmica.

A CONSTRUÇÃO DO PERFIL CONCEITUAL DE FORÇA

A metodologia utilizada para a construção do perfil conceitual de força, conforme processo delineado por Santos (2005). As visões epistemológicas utilizadas foram a visão histórico-epistemológica do conceito de força, desenvolvida por Jammer (1957), desde a

Antiguidade até a Contemporaneidade; a visão psicogenética desenvolvimental segundo a pesquisa de Piaget sobre a formação da noção de força em crianças (1973); as etapas do desenvolvimento psicogenético-histórico de força, segundo Piaget & Garcia (1983), onde estes autores procuram estabelecer um paralelo entre a formação individual, psicológica de conceitos de físicos e a evolução das formulações científicas ortodoxas, desde Aristóteles até Newton, e as concepções alternativas e newtonianas de alunos referentes ao conceito de força, analisadas em diversos trabalhos de pesquisa na área (vide, p.ex., *Ideas Previas*, 2005).

Não é possível reproduzir aqui todo o material recolhido destas quatro fontes e, assim, apresenta-se aqui apenas breves resumos de cada uma que possibilitem ao leitor avaliar essas diferentes visões. Material mais extenso encontra-se em RADÉ (2005).

Sobre a visão histórico-epistemológica do conceito de força, o próprio Jammer (1957) resume sua imensa análise da evolução do conceito de força da seguinte forma:

“Tomado originalmente em analogia com o poder humano de vontade, influência espiritual ou esforço muscular, o conceito de força foi projetado nos objetos inanimados como um poder residindo em coisas físicas. [...] O conceito de força tornou-se instrumental para a definição de ‘massa’, que por sua vez deu origem à definição de ‘momento’. Subseqüentemente, a Mecânica Clássica redefiniu o conceito de força como a taxa de variação temporal da mudança do momento, excluindo portanto todos os vestígios animísticos das definições anteriores. Finalmente, ‘força’ tornou-se uma noção puramente relacional, quase pronta para ser eliminada de toda a construção conceitual.”

Por outro lado, sobre a visão psicogenética desenvolvimental, para Piaget (1973), do ponto de vista psicogenético, as noções aparentemente compostas são, às vezes, as mais primitivas na relação correspondente às intuições indiferenciadas, enquanto que os componentes ou aqueles que se tornarão seus componentes, por meio de coordenações precisas, se constituem por diferenciações a partir dos primeiros e graças à colocação em relações que estas diferenciações permitem. Assim, ele desenvolve sua profunda análise psicogenética a partir de uma noção ainda mais complexa e aparentemente mais composta que será um impulso espaço-temporal mve (onde m será a massa que a criança chama “peso” ainda variável e dependente das situações, v a velocidade e, e o espaço percorrido) parente da grandeza física “ação”, bem conhecida dos físicos quânticos. Desta, por diferenciações sucessivas, surgem as grandezas dinâmicas trabalho e impulso para após, trabalhar a partir da noção impulso espaço-temporal à

noção de força como variação temporal do impulso ou $f = \frac{d(mv)}{dt}$, com precisões novas sobre m e sobre v ou dv (aceleração).

Por sua vez, Piaget & Garcia (1983) fundamentam sua pesquisa psicogenético-histórica no

“facto fundamental para a epistemologia das ciências de que o sujeito, partindo de níveis muito baixos, de estruturas pré-lógicas, chegará a normas racionais isomorfas das estruturas das ciências aquando do seu nascimento.”

Esses autores distinguem quatro grandes períodos, desprezando acelerações e retrocessos, ao esquematizar a história do *impetus*: 1. Um período inicial caracterizado pela teoria Aristotélica dos dois motores que admite, para além da causa exterior do movimento, uma força endógena do móvel; 2. Um segundo período em que o motor interno já não é invocado no sentido precedente e em que a única causa do movimento é uma força motriz global, sem a distinção daquilo em que se transformará, na seqüência, a força e o *impetus*; 3. Durante o período

seguinte, o *impetus* ou élan resulta da força e produz o movimento, ocupando assim uma posição causal intermédia e necessária; 4. Por fim o *impetus* é o resultado do movimento causado pela força e tende assim a traduzir-se, cedo ou tarde, em aceleração. No desenvolvimento de seu trabalho, os autores identificaram os seguintes mecanismos de passagem de uma etapa a outra: passagem das pseudonecessidades e pseudo-impossibilidades à necessidade lógica e causal; passagem dos atributos às relações e transição de uma “explicação física” em termos de causas últimas e causas concorrentes para a concepção de uma dinâmica que apenas estabelece dependências funcionais e sistemas de transição. Acrescentam ainda, que

“encontramos um equivalente destes quatro períodos na evolução da Psicogênese. E, o que é mais, a criança tem, espontaneamente, uma idéia original que lembra o *impetus* sob o próprio termo de ‘força’ [élan], retirado do vocabulário do adulto, mas de acordo com significados de modo algum ditados este.” (Piaget & Garcia, 1983)

A partir do material provindo dessas quatro fontes foi construída a Matriz Epistemológica (SANTOS, 2005), correlacionando horizontalmente as interpretações nas diferentes colunas que correspondem a essas quatro visões epistemológicas. Seu objetivo é verificar a existência de isomorfismos entre elas, permitindo identificar as categorias do perfil conceitual de força. Para um melhor entendimento, na tabela 1 abaixo se inclui um trecho dessa matriz.

Tabela 1 - Matriz Epistemológica

Cat.	Visão Histórico-Epistemológica¹	Visão Psicogenética Desenvolvimental²	Visão Psicogenético-Histórica³	Concepções dos estudantes
I	- noção de força originada da percepção de nosso esforço físico, muscular; antropomórfica, animista, indistinta de energia, esforço, trabalho, potência, poder e movimento.		- animismo; - primado do sensorial; - indiferenciação dos conceitos	- confundem conceitos de força, energia potencial, potência, energia, força gravitacional e peso ⁴ .

<p>II</p>	<ul style="list-style-type: none"> - força como elementos antagônicos, agindo simultaneamente sobre todas as coisas (visão corpórea); - inerente à matéria, emanando desta e agindo sobre outro corpo, mas sob contato direto; - força como propriedade de Deus, manifesta como seres incorpóreos divinos, criados por Deus e totalmente imanente no mundo; - substancialista, dual (opostos em conflito), reguladora da natureza, de origem divina, atuando por contato; - movimento proporcional à força. 	<ul style="list-style-type: none"> - noção global e correspondente à intuição elementar do impulso ou da grandeza física “ação” (enquanto impulso espaço-temporal); - ligação entre a velocidade do móvel e sua “massa” (volume, peso, etc.) com intuições precoces de peso enquanto favoráveis ao impulso ou que lho resistam (conforme se trate de agente ou paciente), mas um peso variável, ainda dependente das situações. 	<ul style="list-style-type: none"> - pseudonecessidades; - finalismo; - motor interno; - egocentrismo; - centração nos atributos (predicados); - contradições. 	<ul style="list-style-type: none"> - força parece residir dentro dos objetos; é imanente e sugere alguma espécie de poder residindo no objeto ou corpo⁵; - associam movimento com força⁴; - se um corpo se move há uma força atuando sobre ele, na direção do movimento; - se um corpo não se move, não há força atuando sobre ele^{4,5}.
------------------	--	---	--	---

Fontes: ¹ JAMMER, 1957; ² PIAGET, 1973; ³ PIAGET & GARCIA, 1983; ⁴ WATTS & ZYLBERSZTAJN, 1981; ⁵ WATTS, 1983.

Em seguida, mediante um processo de reinterpretação e síntese das diferentes visões epistemológicas e ontológicas deste conceito, identificaram-se as oito zonas representativas para o perfil conceitual de força listadas na Tabela 2 abaixo. Para detalhes deste processo, ver RADÉ (2005).

Tabela 2 - Categorias identificadas no perfil conceitual de força

<p>I</p>	<p>noção de força originada da percepção de nosso esforço físico, muscular; antropomórfica, animista; indistinta de energia, esforço, trabalho, potência, poder e movimento;</p>
<p>II</p>	<p>força dual (opostos em conflito), reguladora, de origem divina, inerente à matéria, atuando por contato;</p>
<p>III</p>	<p>força como ‘simpatia’ (atração dos semelhantes), corpórea, inerente ao objeto, de natureza ou origem divina, agindo à distância. Resistência ao movimento do objeto como força (<i>vis resistiva</i>);</p>

IV	força de ordem imaterial, passível de formalização matemática. Força como seqüência de impulsos instantâneos, externos, que se somam. Força centrífuga, real, como reguladora do movimento circular dos corpos;
V	força como conceito apriorístico. Força como propriedade de resistência inerente à matéria (inércia) ou como força impressa por ação externa, esta vetorial, componível segundo a regra do paralelogramo, agente causal da aceleração, agindo em pares de ação e reação, possivelmente à distância, mas através de espíritos etéreos, formando um 'campo de forças';
VI	forças como trocas de partículas virtuais (píon, fóton, W/Z e gráviton), na Mecânica Quântica;
VII	força na Relatividade Restrita análoga à força newtoniana, relacionando-se, porém com a massa relativística, dependente da velocidade, e não a massa inercial, de repouso. No entanto, a aceleração não é, em geral, codirecional à força e a ação a distância não é instantânea, mas propaga-se limitada pela velocidade da luz;
VIII	força como o desvio do corpo de seu percurso natural (geodésica) no espaço-tempo, na Relatividade Geral.

UMA APLICAÇÃO DO PERFIL

Objetivando validar as zonas do perfil conceitual do conceito de força identificadas, procedeu-se à construção e aplicação de um instrumento de teste, com questões fechadas e abertas. As primeiras foram inspiradas no Force Concept Inventory (HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, 1992), enquanto as segundas, visavam identificar quais possíveis idéias eles possuíam a respeito da noção de força nesta fase de escolarização, em termos do que chamamos de Física Moderna, visando estabelecer uma correlação com categorias de ordem superior da noção de força que nos indicasse a presença ou não de zonas representativas de noções mais avançadas do conceito de força, no perfil individual dos alunos.

O público alvo consistiu de alunos de uma turma da disciplina de Física I, comum ao primeiro ano de várias licenciaturas e, principalmente, engenharias da ULBRA, campus de Canoas. Vale ressaltar que este teste teve a finalidade precípua apenas de 'validar' as categorias do perfil conceitual de força obtido, como instrumento de acesso às visões dos alunos sobre o conceito de força, verificando quais categorias desse perfil, estão presentes nos alunos, sem procurar estabelecer um procedimento de diagnóstico e possíveis soluções para as concepções alternativas dos alunos, nesta etapa.

As respostas a ambos os tipos de questões foram analisadas frente a uma tabela de taxonomias do conceito de força, inspirada na apresentada incluída no Force Concept Inventory e desenvolvida a partir das categorias identificadas do perfil conceitual (vide RADÉ, 2005). Para um melhor entendimento, na tabela 3 abaixo inclui-se um trecho.

Tabela 3 - Taxonomia de concepções alternativas ou científicas e categorias do perfil conceitual de força

Categoria	Concepção	Questão
I	Noção indistinta; animista e antropocêntrica.	
II	Força dual, reguladora, de origem divina, inerente à matéria, atuando por contato.	6,7
III	G2 - gravidade intrínseca à massa	3e

Vale observar que, nesta versão preliminar do teste, não há uma questão que contemple a categoria I.

UMA APLICAÇÃO DO PERFIL

Não é do escopo deste trabalho fazer uma análise completa do teste nem esboçar os perfis de cada participante. No entanto, dentro da motivação inicial que levou Mortimer a elaborar o perfil conceitual, acreditamos que valeria a pena esboçar os perfis conceituais de dois participantes, com características ontologicamente bem diferenciadas. Nestes gráficos, as abscissas indicam as oito zonas do nosso perfil conceitual de força enquanto as ordenadas seriam uma indicação relativa, grosseira, da frequência de utilização efetiva daquelas noções.

O participante de ordem I, analisando seu retrospecto de respostas, de acordo com o gráfico abaixo, observa-se que o mesmo apresenta uma tendência muito forte a interpretar ‘força’ sob aspectos pré-newtonianos, dado que suas respostas estão bastante concentradas nas categorias II, III e IV, tipicamente de ‘concepções alternativas’ do conceito de força.

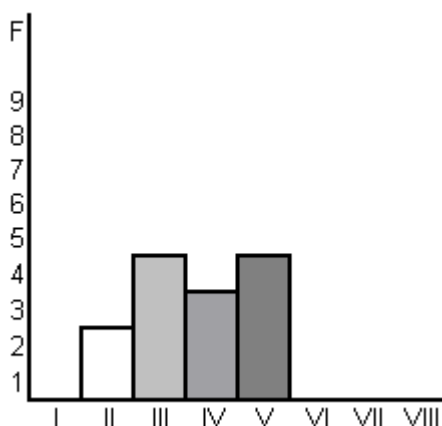


Figura 1 - Perfil conceitual de força do participante I

Já o aluno F foi quem apresentou uma resposta mais coerente à questão 13, referente à categoria VI, de poder explanatório acima da concepção newtoniana de força. Este aluno também apresentou um total de nove respostas classificadas na categoria V do perfil conceitual, relativa à concepção newtoniana de força e duas respostas pertinentes às categorias III e IV respectivamente, relacionadas a concepções pré-newtonianas ou “concepções alternativas”.

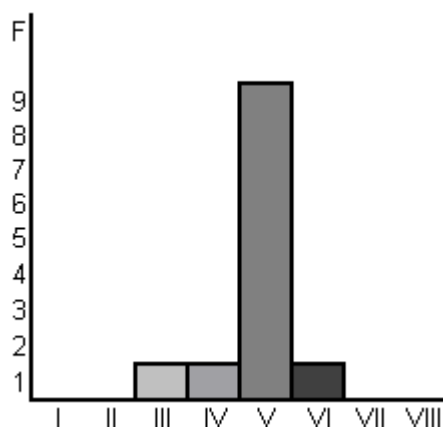


Figura 2 - Perfil conceitual de força do participante F

CONCLUSÕES

Conforme pudemos ver a partir da análise histórica desenvolvida por JAMMER (1957), a noção de força, vem acompanhando o ser humano desde os mais remotos tempos, participando do seu cotidiano sob formas sinônimas das quais destacamos termos como esforço, trabalho, energia, potência, o que entendemos robustece as concepções alternativas que os alunos trazem para sala de aula.

Entendemos que as categorias identificadas podem ser utilizadas na construção de perfis conceituais individuais, para aceder às representações dos estudantes com relação ao conceito de força em ciências, evidenciando as idéias prévias e ontologias mais marcantes dos alunos em relação ao conceito de força, permitindo que o professor possa a ter uma idéia bastante aproximada do que os seus alunos sabem ou pensam a respeito e ensejando o desenvolvimento de estratégias que os ajudem evoluir para a noção conceitual científica.

É preciso também considerar que o estudante de hoje poderá ser o cientista de amanhã, ou o futuro engenheiro ou o técnico, ou ainda um professor de ciências, e é de fundamental importância no desenvolvimento de suas atividades profissionais entender o significado e aplicações específicas de conceitos em ciências, bem como ter a exata noção de seu papel na construção do conhecimento das ciências.

A idéia é que o estudante não seja um futuro repetidor de informações, mas alguém que pensa, constrói ou reconstrói a partir daquilo que lhe é ensinado e vê outras facetas, invisíveis a quem vê sempre sob o mesmo prisma, no conhecimento consolidado e tido como imutável e busca, também, apoio na História das Ciências, enfatizando suas rupturas e saltos, sejam eles científicos ou socioculturais, promovendo a evolução conceitual dos alunos e favorecendo a interdisciplinaridade e o aprendizado articulado e contextualizado (Butland, 2005).

REFERÊNCIAS

- BUTLAND, Valéria Rodrigues Graça. *Um Estudo sobre o uso Pedagógico da História da Ciência no Ensino de Física*, 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2005.
- DRIVER, Rosalind. Changing Conceptions. In: ADLEY, Philip et. al. *Adolescent Development and School Science*. London: The Falmer Press, 1989.
- ERNOUT, A. & MEILLET, A. *Dicionário Etimológico da Língua Latina : História dos Nomes*. Paris: Librairie C. Klincksieck, 1951.

- HESTENES, David; WELLS, Malcolm & SWACKHAMER, Gregg. Force concept inventory. *The Physics Teacher*, vol. 30, pp. 141-158, mar. 1992.
- HOUAISS, Antonio; VILLAR, Mauro de S. & FRANCO, Francisco M. de Mello. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Objetiva Ltda., 1ª Ed., 2001.
- Ideas Previas*, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponível em: <<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/>>, Acesso em 22/4/2005.
- JAMMER, Max. *Concepts of Force: A Study in the Foundations of Dynamics*. Mineola, NY: Dover Publications Inc., 1999 (ed. orig. Harvard University Press, 1957).
- MACHADO, José P. *Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa Vol. 1*. Lisboa: Editorial Confluência, L.^{da}, 1952.
- MORTIMER, Eduardo Fleury. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, vol. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.
- PIAGET, JEAN et al.. *La Formation de La Notion de Force*, Études d'Épistémologie Génétique XXIX. Paris: PUF. 1973.
- PIAGET, Jean & GARCIA, Rolando. *Psicogênese e História das Ciências*. Lisboa: Dom Quixote, 1987 (ed. orig: *Psychogenèse et Histoire des Sciences*, Paris: Flammarion, 1983).
- RADÉ, Tane. *O conceito de força na Física: Evolução histórica e perfil conceitual*, 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2005.
- SANTOS, Renato P. dos. Uma Proposta para o Perfil Conceitual do Conceito de Massa na Física. In: *Anais do IX EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Jaboticatubas, MG, SBF, 26 a 29 de Outubro de 2004. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física -SBF, 2005.
- WATTS, Michael & ZYLBERSZTAJN, Arden. A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, vol.16, n. 6, pp. 360-365, nov. 1981.