

# A FILOSOFIA DA CIÊNCIA DE IMRE LAKATOS: A METODOLOGIA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA.

*Fernando Lang da Silveira*

*Instituto de Física, UFRGS*

*Caixa Postal 15051, Campus do Vale*

*91501-970 Porto Alegre, RS*

*Endereço eletrônico: LANG@IF.UFRGS.BR*

## 1. - INTRODUÇÃO.

A epistemologia de Imre Lakatos (1922-1974) constitui-se em uma das importantes reflexões na filosofia na ciência no século XX, interrompida bruscamente com a sua morte prematura em 1974. Quando tinha quase quarenta anos de idade Lakatos, saindo da Hungria por motivos políticos, entrou em contato com a filosofia de Karl Popper:

*"Minha dívida pessoal com ele é imensa: mudou minha vida mais que nenhuma outra pessoa (...). Sua filosofia me ajudou a romper, de forma definitiva, com a perspectiva hegeliana que eu havia retido durante quase vinte anos, e, o que é ainda mais importante, me forneceu um conjunto muito fértil de problemas, um autêntico programa de pesquisa"* (Lakatos, 1989; p.180).

Mesmo considerando que *"as idéias de Popper constituem o desenvolvimento filosófico mais importante do século XX"* (Lakatos, 1989; p. 180), Lakatos tomou a sério as críticas que elas receberam de Kuhn e Feyerabend. Ele pretende que a sua "**metodologia dos programas de pesquisa científica**" (MPPC) seja uma explicação lógica para o fazer científico, interpretando *"as revoluções científicas como casos de progresso racional e não de conversões religiosas"* (Lakatos, 1989; p.19) como parecem pretender os relativistas, os sociologistas. Desta forma, Lakatos está ao lado de Popper na luta contra as concepções que querem que a mudança científica *"não está e não pode estar governada por regras racionais e que cai inteiramente no terreno da psicologia (social) da pesquisa"* (Lakatos, 1989; p.19). O crescimento do conhecimento se dá *"essencialmente no mundo das idéias, no 'Mundo 3' de Platão e Popper, no mundo do conhecimento articulado que é independente dos sujeitos que conhecem"* (Lakatos, 1989; p.122).

*"A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega"* (Lakatos, 1983; p.107). Com esta paráfrase de Kant, Lakatos estabelece a posição de que a história da ciência pode ser utilizada para avaliar propostas metodológicas rivais; adicionalmente, a filosofia da ciência oferece ao historiador epistemologias, metodologias que lhe permitem reconstruir racionalmente a "história interna", complementando-a mediante uma "história externa" (sóciopsicológica).

*"A história da ciência sempre é mais rica que sua reconstrução racional. Entretanto a reconstrução racional ou história interna é o principal; a história externa é secundária posto que os problemas mais importantes da história externa são definidos pela história interna"* (Lakatos, 1989; p.154). (grifo do autor)

Pretende Lakatos que a MPPC seja a metodologia que melhor cumpre os objetivos acima propostos. Passaremos a seguir a uma exposição da mesma.

## 2 - A METODOLOGIA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA.

A avaliação objetiva do crescimento do conhecimento científico deve ser realizada em termos de mudanças, progressivas ou regressivas, para séries de teorias científicas dentro de um "**programa de pesquisa**". "A própria ciência como um todo pode ser considerada um imenso programa de pesquisa com a suprema regra heurística de Popper: 'arquitetar conjecturas que tenham maior conteúdo empírico do que as suas predecessoras'" (Lakatos, 1979; p.162). Assim, a história da ciência deve ser vista como a história dos programas de pesquisa e não das teorias isoladas.

Um programa de pesquisa pode ser caracterizado por seu "**núcleo firme**": teoria ou conjunção de hipóteses contra a qual não é aplicada a "retransmissão da falsidade"<sup>1</sup>. "O núcleo firme é 'convencionalmente' aceito (e, portanto, 'irrefutável' por decisão provisória)" (Lakatos, 1983; p116). O programa pesquisa de Copérnico continha em seu "**núcleo firme**" a "*proposição de que as estrelas constituem o sistema de referência fundamental para a física*" (Lakatos, 1989, p. 234). O programa de pesquisa de Newton continha as três leis do movimento e a Lei da Gravitação Universal. No de Piaget encontrava-se a "hipótese de equilíbrio"(Gilbert e Swift, 1985). No de Pasteur, a hipótese de que "*a fermentação é um fenômeno correlacionado com a vida*" (Asua, 1989; p. 76). Os cientistas que trabalharam ou trabalham nesses programas não descartariam tais hipóteses, mesmo quando encontrassem fatos problemáticos ("refutações" ou anomalias). Por exemplo, quando foi observado pelos newtonianos que a órbita prevista para Urano era discordante com as observações astronômicas, eles não consideraram que a Mecânica Newtoniana estivesse refutada; Adams e Leverrier, por volta de 1845, atribuíram tal discordância à existência de um planeta ainda não conhecido - o planeta Netuno - , e portanto, não levado em consideração no cálculo da órbita de Urano. Essa hipótese permitiu também calcular a trajetória de Netuno, orientando os astrônomos para a realização de novas observações que, finalmente, confirmaram a existência do novo planeta.

O que Lakatos afirma é que a "**heurística negativa**" do programa proíbe que, frente a qualquer caso problemático, "refutação" ou anomalia, seja declarado falso o "**núcleo firme**"; a falsidade incidirá sobre alguma(s) hipótese (s) auxiliar(es) do "**cinturão protetor**".

O "**cinturão protetor**" é constituído por hipóteses e teorias auxiliares -"sobre cuja base se estabelecem as condições iniciais" (Lakatos, 1989; p.230) - e também pelos métodos observacionais. Ele protege o "**núcleo firme**", sendo constantemente modificado, expandido, complicado. No programa de Newton o "**cinturão protetor**" continha modelos do sistema solar, a forma e a distribuição de massa dos planetas e satélites, a ótica geométrica, a teoria sobre a refração da luz na atmosfera, etc. As anomalias levaram a modificações no "**cinturão protetor**", transformando-as em corroborações, algumas vezes espectaculares como no caso da previsão de Netuno.

Quando os cientistas se deparam com algum fato incompatível com as previsões teóricas -uma "refutação" ou anomalia - a "**heurística positiva**" orienta, parcialmente, as modificações que devem ser feitas no "**cinturão protetor**" para as superar.

*"A heurística positiva consiste num conjunto parcialmente articulado de sugestões ou palpites sobre como mudar e desenvolver as 'variantes refutáveis' do programa de pesquisa, e sobre como modificar e sofisticar o cinto de proteção 'refutável'"* (Lakatos, 1979; p. 165).

As anomalias no programa de Piaget puderam ser "*digeridas*" por modificar a extensão dos estágios, subdividi-los e inclusive por propor a existência de um quinto estágio posterior ao "estágio das operações formais (Gilbert e Swift, 1985). No de Copérnico e no de Ptolomeu, a introdução de novos epiciclos era utilizada a fim de "*explicar*" qualquer dado astronômico novo e discordante com as previsões.

---

<sup>1</sup> - Quando alguma consequência lógica de um conjunto de hipóteses é dada como falsa, a lógica dedutiva permite afiançar a falsidade de alguma(s) da(s) hipótese(s); essa é a "retransmissão da falsidade" (para maiores detalhes consultar Silveira, 1994).

Como os programas de pesquisa têm desde o início um "oceano de anomalias", a "**heurística positiva**" impede que os cientistas se confundam, indicando caminhos que poderão, lentamente, explicá-las e transformá-las em corroborações. O desenvolvimento do programa inclui uma sucessão de modelos crescentes em complexidade, procurando cada vez mais se aproximar da realidade.

*"Um modelo é um conjunto de condições iniciais (possivelmente junto com algumas teorias observacionais) que se sabe que deve ser substituído durante o ulterior desenvolvimento do programa , e que inclusive se sabe como deve ser substituído (em maior ou menor medida)"* (Lakatos, 1989; p.70).

O programa de Newton começou com um modelo para o sistema planetário onde cada planeta era puntual e interagia gravitacionalmente apenas com outra outra massa puntual fixa (o Sol). O próprio Newton, em seguida, o modificou, pois a Terceira Lei (Princípio da Ação e Reação) impedia que o Sol fosse fixo; o Sol e o planeta deviam orbitar em torno do centro de massa do sistema Sol-planeta. Neste caso a modificação não era decorrente de nenhuma anomalia mas de uma incompatibilidade teórica do primeiro modelo com as Leis do Movimento, com o "**núcleo firme**". Em seguida, o sofisticou mais ainda, tratando o Sol e o planeta como sendo esferas ao invés de massas pontuais; esta sofisticação, que também teve origem teórica, apresentou sérias dificuldades matemáticas, retardando a publicação dos "*Principia*" por cerca de dez anos. O próximo passo foi considerar as interações gravitacionais entre os planetas e satélites, chegando assim a uma teoria de perturbações. A partir daí Newton começou a encarar com mais seriedade os fatos, com o objetivo de cotejar suas previsões sobre as órbitas; muitos deles eram bem explicados pelo modelo mas outros não o eram. Passou então a trabalhar com planetas e satélites não esféricos. Desta forma, o programa newtoniano foi avançando, transformando diversas anomalias em corroborações.

A avaliação dos programas de pesquisa envolve regras que os caracterizam como "**progressivos**" ou "**regressivos**". Um programa é "**teoricamente progressivo**" quando cada modificação no "**cinturão protetor**" leva a novas e inesperadas previsões ou retrodições<sup>2</sup>. Ele é "**empiricamente progressivo**" se pelo menos algumas das novas previsões são corroboradas.

Sempre é possível, através de convenientes ajustes no "**cinturão protetor**", explicar qualquer anomalia. Por exemplo, sempre era possível no programa de Ptolomeu compatibilizar os dados astronômicos sobre os planetas pela introdução de um novo epiciclo. Estes ajustes são "**ad-hoc**" e o programa está "**regredindo**" ou "**degenerando**" quando eles apenas explicam os fatos que os motivaram, não prevendo nenhum fato novo, ou, se prevendo fatos novos, nenhum é corroborado.

Um programa está "**regredindo**" ou "**degenerando**" se "seu crescimento teórico se atrasa com relação ao seu crescimento empírico; isto é, se somente oferece explicações post-hoc de descobertas casuais ou de fatos antecipados e descobertos por um programa rival" (Lakatos, 1983; p. 117). O programa marxista é um exemplo de um programa regressivo pois, predisse alguns fatos novos que nunca se cumpriram: o empobrecimento absoluto das classes trabalhadoras; a ocorrência da revolução socialista em uma sociedade industrial desenvolvida; a inexistência de conflitos de interesses entre os países socialistas; a ausência de revoluções em sociedades socialistas. De maneira "**ad-hoc**" os marxistas explicaram os fracassos:

*"Explicaram a elevação dos níveis de renda da classe trabalhadora criando a teoria do imperialismo; inclusive explicaram as razões para que a primeira revolução socialista tenha ocorrido em um país industrialmente atrasado como a Rússia. "Explicaram" os acontecimentos de Berlim em 1953, Budapeste em 1956 e Praga em 1968."Explicaram" o conflito russo-chinês"* (Lakatos, 1989; p. 15).

Para Kuhn "a revolução científica é irracional, uma questão da psicologia das multidões" (Lakatos, 1979; p. 221). Segundo Lakatos, contui-se em um processo racional de superação de um programa por outro. A superação ocorre quando um programa "tem em relação ao seu rival um excedente de conteúdo de verdade, no

<sup>2</sup> - Uma retrodição é a explicação de um fato já conhecido. Uma previsão é a antecipação de um fato ainda não observado.

*“sentido de que prediz progressivamente tudo o que o seu rival corretamente prediz, e algumas coisas adicionais”* (Lakatos, 1989; p. 231).

*“Como se sucedem as revoluções científicas? Se houver dois programas de pesquisa rivais e um deles progride, enquanto o outro degenera, os cientistas tendem a aderir ao programa progressivo. Esta é a explicação das revoluções científicas”* (Lakatos, 1989, p.15).

O processo de superação de um programa por outro não é rápido; durante o mesmo é racional trabalhar em qualquer dos programas ou até em ambos. Esta possibilidade pode ser relevante quando um programa está formulado de maneira vaga e imprecisa e os seus adversários desejam que adquira uma forma mais rigorosa para então lhe expor as fraquezas, criticá-lo. *“Newton elaborou a teoria cartesiana dos vórtices para demonstrar que era inconsistente com as leis de Kepler”* (Lakatos, 1989; p. 146). O trabalho simultâneo em dois programas rivais mostra que a tese da incomensurabilidade de Kuhn (1987) e Feyerabend (1977) não é sustentável.

No final do século XIX e início do século XX o programa newtoniano entrou em um processo de degeneração; modificações "**ad-hoc**" no "**cinturão protetor**" eram sempre capazes de explicar as anomalias. O programa relativístico de Einstein se desenvolveu progressivamente, prevendo fatos novos, como o desvio da luz em um campo gravitacional (corroborado durante o eclipse total do Sol em 1919) e explicando (retrodizendo) o perihélio anômalo de Mercúrio. Esta anomalia já era conhecida desde os meados do século XIX mas não desempenhou qualquer papel na formulação da Relatividade Restrita e da Relatividade Geral; Einstein não tinha a intenção de resolvê-la quando propôs sua teoria (sabe-se que a motivação importante para a Relatividade Geral era a da equivalência das massas iniciais e gravitacionais, que para a Mecânica de Newton constituía-se num acidente, em uma mera constatação empírica). Schwarzsild foi quem obteve a solução do perihélio anômalo de Mercúrio partindo da Teoria da Relatividade Geral. *“Se um programa de pesquisa explica de forma progressiva mais fatos que um programa rival, 'superá' a este último, que pode ser eliminado (ou se se prefere, arquivado)”* (Lakatos, 1983; p. 117).

Lakatos insiste em que do ponto de vista lógico não existem "**experimentos cruciais**", isto é, experimentos ou observações que possam sozinhos e instantaneamente acabar com um programa de pesquisa ou decidir entre programas rivais. Tal se deve à possibilidade de "absorver" qualquer fato novo e inicialmente problemático, através de convenientes modificações no "**cinturão protetor**" do programa sob pressão crítica. A superação de um programa por outro é um processo histórico; depois que ela aconteceu, pode ocorrer que um antigo experimento seja promovido ao status de "**experimento crucial**". Depois da superação da teoria de Newton pelo programa relativístico, os experimentos de Michelson-Morley sobre a velocidade da luz e mesmo o perihélio anômalo de Mercúrio passaram a ser citados como "**experimentos cruciais**".

A MPPC coloca de maneira clara a ocorrência histórica e a necessidade do pluralismo teórico; nesse aspecto as idéias de Lakatos concordam com as de Popper e Feyerabend. **O progresso do conhecimento depende da existência de programas concorrentes**. O abandono de um programa somente poderá acontecer quando existir uma alternativa melhor (um outro programa melhor); a concepção de que fatos em conflito com uma teoria são suficientes para que ela seja rechaçada (refutacionismo ingênuo) é substituída por outra: **o embate se dá entre, no mínimo, dois programas de pesquisa e os fatos; a superação de um programa por outro não acontece instantaneamente, constituindo-se em um processo temporalmente extenso**. O pluralismo teórico, além de ser reconhecido historicamente pela MPPC, é condição necessária para o desenvolvimento do conhecimento.

### **3 - AS EPISTEMOLOGIAS DE POPPER E LAKATOS E O ENSINO DE CIÊNCIAS.**

Diversos autores têm, reiteradamente, insistido que a educação científica, em especial o ensino das ciências naturais (Química, Física, Biologia, etc.) deve procurar na filosofia da ciência um fundamentação sólida e atualizada (Cawthon e Rowell, 1978; Hodson, 1985; Nussbaum, 1989; Martin, Brower e Kass, 1990; Gil Perez e Carrascosa, 1985; Cleminson, 1990; Burbules e Linn, 1991; Segura, 1991).

Sempre há uma concepção epistemológica subjacente a qualquer situação de ensino (Hodson, 1985), nem sempre explicitada e muitas vezes assumida tácita e acriticamente. Uma análise dos textos de ciências na escola é capaz de revelar que ainda é dominante o empirismo-indutivismo (Cawthon e Rowell, 1978; Hodson, 1985; Silveira, 1989 e 1992). As teses mais importantes desta epistemologia são as seguintes:

1 - **A observação é a fonte e a função do conhecimento.** Todo o conhecimento deriva direta ou indiretamente da experiência sensível (sensações e percepções); antes de podermos fazer qualquer afirmação sobre o mundo, devemos ter tido experiências sensoriais.

2 - **O conhecimento científico é obtido dos fenômenos** (aquilo que se observa), aplicando-se as regras do **método científico** (procedimento algorítmico que aplicado às observações produz as generalizações, as leis, as teorias científicas). O conhecimento constitui-se em uma **síntese indutiva** do observado, do experimentado.

3 - **A especulação, a imaginação, a intuição, a criatividade não devem desempenhar qualquer papel na obtenção do conhecimento.** O verdadeiro conhecimento é livre de **pré-conceitos**, de **pressupostos**.

4 - **As teorias científicas não são criadas, inventadas ou construídas mas descobertas em conjuntos de dados empíricos** (relatos de observações, tabelas laboratoriais, etc.). A teoria tem como função a organização econômica e parcimoniosa dos dados, do observado e a previsão de novas observações. Qualquer tentativa de ultrapassar o observado é destituída de sentido.

As citações abaixo exemplificam a adoção da epistemologia empirista-indutivista em livros de texto comumente utilizados:

*"Tudo o que sabemos a respeito do mundo físico e sobre os princípios que governam seu comportamento foi aprendido de observações de fenômenos da natureza"* (Sears, 1983, p.3).

*"As leis da Física são generalizações de observações e de resultados experimentais"* (Tipler, 1978, p.3).

*"A Física, como ciência natural, parte de dados experimentais (...) através de um processo indutivo, formular leis fenomenológicas, ou seja, obtidas diretamente dos fenômenos observados"* (Nussenzveig, 1981, p.5).

As teses empiristas-indutivistas podem ser encontradas em roteiros de laboratório (conjunto de instruções que tem o objetivo de guiar os alunos em atividades experimentais, de laboratório). São usuais propostas que seguem o seguinte caminho: **a)** instruções no sentido de investigar a variação concomitante de duas variáveis, manipulando experimentalmente uma delas e observando como a outra se comporta; **b)** coletar medidas de ambas as variáveis para diversos valores da variável manipulada, organizando uma tabela de dupla entrada; **c)** construção de um diagrama de dispersão com esses valores; **d)** **descoberta** da função que descreve os resultados experimentais (a lei que rege o comportamento observado). O último item traz, implicitamente, a ideia de que um conjunto de resultados experimentais impõe uma única função capaz de descrever a relação entre as duas variáveis; desta forma, caberia ao experimentador apenas **descobrir** a lei que está implícita nos dados, ou seja, induzir a lei a partir do fenômeno<sup>3</sup>.

A chamada **aprendizagem por descoberta**, que acentua o valor motivacional da experimentação, é um importante exemplo do empirismo-indutivismo aplicado ao ensino das ciências. Esta proposta tem, como suposto essencial, que a observação e a experimentação bem conduzidas proporcionam a base segura da qual o conhecimento é obtido. A **aprendizagem por descoberta** tem a pretensão de tornar o aluno mais ativo; entretanto, esta atividade é entendida como dispensar mais tempo no laboratório, fazendo observações. A

<sup>3</sup> - A suposição de que um conjunto de pontos em um plano é compatível com uma única curva é falsa. Existem **infinitas** curvas que descrevem os resultados experimentais com o grau de aproximação que se desejar. Para maiores detalhes consultar Hempel (1981), Chomski e Fodor (1987), Pinent e Silveira (1992).

formação de conceitos é considerada uma decorrência de observações bem conduzidas, subestimando desta forma as dificuldades da aprendizagem (Cleminson, 1990).

O ensino, quando orientado pela epistemologia empirista-indutivista, desvaloriza a criatividade do trabalho científico e leva os alunos a tomarem o conhecimento científico como um corpo de verdades inquestionáveis, introduzindo rigidez e intolerância em relação a opiniões diferentes (Gil Perez, 1986).

Da epistemologia racionalista crítica de Popper e Lakatos podemos derivar alguns princípios que servirão de guia para o ensino de ciências. São eles:

1 - **A observação e a experimentação, por si sós, não produzem conhecimentos.** O "método indutivo" (conjunto de regras e procedimentos que aplicados às observações permite obter as leis, princípios, generalizações, teorias) é um mito.

2 - **Toda a observação e/ou experimentação estão impregnadas de pressupostos, teorias.** Observar é dirigir a atenção para algum aspecto da realidade e, portanto, a observação é antecedida por algum pressuposto ou teoria que lhe orienta. Os dados sensoriais somente adquirem significado quando interpretados. A observação e a interpretação estão indissoluvelmente ligadas.

3 - **O conhecimento prévio determina como vemos a realidade, influenciando a observação.** Não existe e, do ponto de vista lógico, é impossível haver uma observação neutra, livre de pressupostos, livre de teoria. Sem pressupostos nem saberíamos o quê observar, para onde dirigir a atenção.

4. - **O conhecimento científico é uma construção humana que intenciona descrever, compreender e agir sobre a realidade.** Não podendo ser dado como indubitablemente verdadeiro, é provisório e sujeito a reformulações.

5 - **A obtenção de um novo conhecimento, sendo um ato de construção que envolve a imaginação, a intuição e a razão, está sujeito a todo tipo de influências.** A inspiração para produzir um novo conhecimento pode vir inclusive da metafísica. Todas as fontes e todas as sugestões são bem-vindas.

6 - **A aquisição de um novo conhecimento se dá a partir dos conhecimentos anteriores, sendo usualmente difícil e problemática.** Assim como os cientistas, relutamos em abandonar o conhecimento, as teorias já existentes. **O abandono de uma teoria implica em reconhecer outra como melhor.**

O reconhecimento de que os alunos são ativos construtores de idéias é hoje quase que um consenso. O racionalismo crítico de Popper e Lakatos também suporta tal posicionamento. Popper utilizou a metáfora do "**holofote mental**" em sua teoria do conhecimento (vide Silveira, 1994), enfatizando o papel inventivo, construtivo do ato de conhecer.

Desde o final dos anos 70, tem sido realizada uma quantidade enorme de pesquisa sobre as chamadas concepções alternativas (CAs). As CAs são concepções que os alunos possuem "*com significados contextualmente errôneos, não compartilhados pela comunidade científica*" (Silveira, Moreira e Axt, 1986, p. 1129) e, portanto, em desacordo com as teorias científicas atuais.

A existência das CAs mostra que os alunos são construtores de idéias que objetivam dar conta do mundo, da realidade. Uma característica reiteradamente encontrada nas CAs é a resistência à mudança: muitos alunos passam pela escola sem as modificar. Por exemplo, Silveira (1992) e Silveira, Moreira e Axt (1986, 1989) constataram que a maioria dos alunos na universidade, mantinham suas CAs sobre "força e movimento" e sobre "corrente elétrica" mesmo depois de terem cursado as disciplinas de Física Geral.

A reiterada incapacidade do ensino tradicional em promover a mudança das CAs para as concepções científicas deve-se, supostamente, a que as primeiras não são tomadas como um conhecimento prévio, como um "**holofote mental**" a ser substituído. Propusemos e testamos uma estratégia de ensino que visa a superação das

Cas, fundamentada nas epistemologias de Popper e Lakatos (Silveira, 1992); esta estratégia consta das seguintes principais etapas:

1 - **Exposição clara e precisa das CAs, notando que elas possuem um conteúdo de verdade** (explicam e predizem com sucesso alguns fatos).

2 - **Crítica das CAs.** Elas fracassam em explicar e predizer alguns fatos,e, se for o caso, também apresentam inconsistências lógicas.

3 - **Apresentação da concepção ou teoria científica, enfatizando os antagonismos conceituais com as CAs.**

4 - **Demonstração das vantagens da teoria científica sobre as CAs: explica tudo aquilo que com sucesso as CAs explicavam; explica os fatos problemáticos para as CAs; possui um excedente de conteúdo em relação às CAs, prevendo fatos novos.** A substituição das CAs somente ocorrerá se os alunos reconhecerem as concepções científicas como melhores, isto é, não pode se dar instantaneamente, decorrendo da competição entre ambas.

A estratégia foi testada com 305 alunos universitários, visando a mudança das CAs sobre "força e movimento" e sobre "corrente elétrica" (Silveira, 1992). Os resultados corroboraram a pretendida eficiência da estratégia na promoção da mudança conceitual.

## REFERÊNCIAS.

- 01 - ASUA, M. J. C. El problema del origen de la vida. *Manuscrito*, Campinas, 12(1): 71-89, 1989.
- 02 - BURBULES, N. C. e LINN, M. C. Science education and philosophy of science: congruence or contradiction. *International Journal of Science Education*, London, 13(3): 227-241, 1991.
- 03 - CAWTHON, E. R. e ROWELL, J. A. Epistemology and science education. *Studies in Sceince Education*, New York, 5: 31-59, 1979.
- 04 - CHOMSKI, N. e FODOR, J. Exposición do paradoxo. In: PALMARINI, M. P. *Teorias da linguagem teorias da aprendizagem*. Lisboa: Ed. Setenta, 1987.
- 05 - CLEMINSON, A. Establishing a epistemological base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, 27(5): 429-445, 1990.
- 06 - FEYERABEND, P. *Contra o método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
- 07 - GIL PEREZ, D. La metodología y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 4(2): 111-121, 1986.
- 08 - GIL PEREZ e CARASCOSA, J. Science learning as conceptual an methodological change. *European Journal of Science Education*, London, 7(3): 231-236, 1985.
- 09 - GILBERT, J. K. e SWIFT, D. J. Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conception research program. *Science Education*, New York, 69(5): 681-696, 1985.
- 10 - HEMPEL, C. *Filosofia da ciência natural*. Rio de Janeiro: Zahar, 1981.
- 11 - HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, New York, 12: 25-57, 1985.

- 12 - **KUHN, T. S.** *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1987.
- 13 - **LAKATOS, I.** O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: **LAKATOS, I. e MUSGRAVE, A.** (org.) *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- 14 - \_\_\_\_\_. History of science and its rational reconstructions. In: **HACKING, I.** (org.) *Scientific revolutions*. Hong-Kong: Oxford University, 1983.
- 15 - \_\_\_\_\_. *Matemática, ciencia y epistemología*. Madrid: Alianza, 1987.
- 16 - \_\_\_\_\_. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza, 1989.
- 17 - **MARTIN, B., BROWER, W. e KASS, H.** Authentic science: a diversity of meanings. *Science Education*, New York, 74(5): 541-554, 1990.
- 18 - **NUSSBAUM, J.** Classroom conceptual change: philosophycal pespectives. *International Journal of Science Education*, London, 11: 530-540, 1989.
- 19 - **NUSSENZVEIG, M.** *Curso de física básica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- 20 - **PINENT, C. E. S. e SILVEIRA, F. L.** Mínimos quadrados: pode a reta, em algum caso, ser melhor função de ajustamento do que a parábola ? *Scientia*, São Leopoldo, 3(17): 17-28, 1992.
- 21 - **SEARS, F.** *Física 1*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983.
- 22 - **SEGURA, D.** Una premissa para el cambio conceptual: el cambio metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 9(2): 175-180, 1991.
- 23 - **SILVEIRA, F. L.** A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. *Caderno Catarinense de ensino de Física*, Florianópolis, 6(2): 148-162, 1989.
- 24 - \_\_\_\_\_. *Uma epistemología racional-realista e o ensino da Física*. Tese de doutorado. Porto Alegre: PUCRS, 1992.
- 25 - \_\_\_\_\_. Karl Popper e o racionalismo crítico. *Scientia*, São Leopoldo, 5(2): 9-28, 1994.
- 26 - **SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R.** Validação de um teste para detectar se o aluno possui ou não a concepção newtoniana sobre força e movimento. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 38(2): 2047-2055, 1986.
- 27 - \_\_\_\_\_. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 41(11): 1129-1133, 1989.
28. - **TIPLER, P. A.** *Física 1*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978.