

CIÊNCIA E ACONTECIMENTOS GENÔMICOS EM DISCURSOS DE PROFESSORES-PESQUISADORES E ACADÊMICOS DE PÓS-GRADUAÇÃO: uma análise fenomenológica

SCIENCE AND EVENTS genome-SPEECHES OF TEACHERS AND RESEARCHERS ACADEMIC GRADUATE: a phenomenological analysis

Fernanda Peres Ramos¹, Marcos Cesar Danhoni Neves², Maria Júlia Corazza³

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM/ Mestrado do Programa de Educação para a Ciência e a Matemática-PCM/fernandaperes@ibest.com.br

² Universidade Estadual de Maringá /Departamento de Física /macedane@yahoo.com

³ Universidade Estadual de Maringá /PCM/Departamento de Biologia/mjcorazza@uem.br

Resumo

As pesquisas direcionadas a partir do modelo de dupla-hélice do DNA proporcionaram a materialização do conceito de gene, fomentando a aspiração de decifrar o ser humano. Tais manifestações se intensificaram com o desenvolvimento do Projeto Genoma Humano (PGH). As expectativas direcionadas pelo PGH fomentaram a visão determinista de que todas as expressões gênicas estariam determinadas no gene, evidenciando um persistente cientificismo. Todavia, os resultados do PGH ao invés de apoiar essas noções trouxeram respostas inesperadas. Tais constatações despertam questões como: o que são genes? Como esse panorama epistemológico se manifesta no Ensino Superior? Diante disso, a presente pesquisa analisou, por meio da Fenomenologia, os discursos de professores-pesquisadores e acadêmicos de um curso de Pós-Graduação de Ensino-Aprendizagem de Ciências acerca dos acontecimentos genômicos e a ciência. Tais discursos ao trazerem suas concepções sobre possíveis rupturas, anomalias ou linearidade sobre o conceito de gene, revelaram também quais valores científicos permeiam seus discursos.

Palavras-chave: gene, projeto genoma humano, determinismo, cientificismo, epistemologia

Abstract

The research focused on the model of double-helix DNA provided the materialization of the concept of gene, stimulating the desire to decipher the human being. Such demonstrations have intensified with the development of the Human Genome Project (HGP). The expectations driven by the HGP fostered the deterministic vision that all gene expressions were determined in the gene, suggesting a persistent scientism. However, the results of the HGP instead of supporting these notions brought unexpected answers. These findings arouse questions as: What are genes? How this epistemological perspective is manifested in higher education? Therefore, this research examined, through phenomenology, the discourses of teacher-researchers and academics of a course of Postgraduate Teaching and Learning of Science about the events and genomic science. Such speeches to bring their ideas about possible disruptions, malfunctions, anomaly or linearity on the concept of gene, which also revealed scientific values permeate their discourse.

Keywords: gene, the human genome project, determinism, scientific, epistemology

Introdução: os cenários culturais, paradigmas e epistemes – o caso conceitual do gene

Nas publicações atuais sobre a filosofia e história da ciência tem se tornado freqüente a discussão sobre a existência de cenários culturais em diferentes contextos históricos, nos quais a produção de conhecimentos científicos é norteada por um modo de pensar, por uma determinada visão de mundo.

Esses cenários culturais se apresentaram ao longo da história da ciência envolvidos por correntes filosóficas que funcionaram como um “zeitgeist” de época, ou seja, um espírito do tempo, em que determinados métodos e convenções participaram da forma como aconteceram as produções dos conhecimentos científicos.

Ao se reportar a esses cenários científicos e suas influências, cada epistemólogo utiliza-se de terminologias e concepções distintas. Para Kuhn (1998), epistemólogo do século XX, os modos de pensar que norteiam determinados cenários são determinados por uma visão de mundo, um conjunto de valores dos quais os cientistas participantes de uma comunidade científica se apropriam para desenvolver suas pesquisas. Nessa perspectiva, Kuhn (1998) introduz o termo paradigma como “modelo ou padrão aceito” (KUHN, 1998, p. 43) por uma comunidade científica em determinado período histórico.

Assim como para Kuhn, de tempos em tempos muda-se o paradigma vigente, para Foucault seriam as epistemes que se transformariam na passagem de certo campo histórico para outro, mudando radicalmente as maneiras de conceber o mundo e as coisas (FOUCAULT, 1966; 1969). Portanto, em Foucault “em uma cultura e em dado momento, só existe uma episteme, que define as condições de possibilidade de todo saber” (FOUCAULT, 1966, p. 179).

A perspectiva foucaultiana de que nem sempre aconteçam grandes rupturas nos cenários e valores culturais de um período, se aproxima da análise de Mayr em relação à ciência. Em suas obras, Mayr (1982; 2008) ao retratar a história da biologia, enfatiza não acreditar que incidam grandes rupturas. Para Mayr (2008, p. 138) “o que se encontra é uma completa gradação entre mudanças teóricas pequenas e grandes”, em que muitas vezes uma nova teoria pode ser mais revolucionária para algumas ciências do que para outras.

Em suas análises, Mayr (2008) destaca a ascensão da biologia molecular como um dos avanços mais revolucionários para a biologia no século XX, principalmente em relação à genética. Para Mayr apesar de a biologia molecular resultar em um novo

campo, com novos cientistas, novos métodos e novos periódicos, conceitualmente esse novo campo não foi nada além de uma “suave continuação do progresso da genética” (MAYR, 2008, p. 137).

Considerando as afirmações de Mayr em relação à genética e a biologia molecular, deve ser lembrado que, desde as primeiras conjecturas permeadas na história da hereditariedade até o século XXI vários cenários culturais estiveram presentes, de modo que seus valores influenciaram o modo de produzir conhecimento. Na Biologia, um episódio científico que possibilita uma ilustração de possíveis mudanças no cenário científico pode ser observado entre o século XX e XXI no que se refere aos valores presente no conceito de gene.

O início do século XX foi marcado pela introdução de um novo ramo à Biologia, a genética, uma ciência que estuda os mecanismos da hereditariedade. Nesse contexto histórico, um cientista dinamarquês, Wilhelm Johannsen, introduziu o termo gene para expressar “o fato evidente de que, em qualquer caso, muitas características de um organismo são especificadas nos gametas por meio de condições especiais, fundadoras e determinantes, as quais estão presentes de maneira única, separada e, portanto, independente” (JOHANNSEN, 1909, *apud* KELLER, 2002, p. 13). Embora concebesse a herança baseada em processos físico-químicos e advertisse que o gene poderia ser representado por algo estrutural, morfológico, Johannsen não se preocupou em estabelecer uma estrutura material para o gene.

Essa episteme imbuída dos valores modernos recebeu fortes doses de otimismo com o modelo estrutural de dupla-hélice para o DNA, proposta por Watson e Crick em 1953. Naquele momento, ao ser relacionado a segmentos da seqüência de bases do DNA, o conceito de gene foi absorvendo uma identidade molecular, e, portanto, material (KELLER, 2002; EL-HANI, 2007).

Esse enfoque físico, voltado para os fatos, desencadeou uma revolução na genética, passando a hereditariedade a ser analisada em termos bioquímicos e moleculares. Os trabalhos voltados para esse prisma possibilitaram grandes avanços na caracterização do material genético, fazendo com que os cientistas das últimas décadas do século XX, se estribassem em certezas, propondo uma relação cada vez mais intrínseca entre o gene e a expressão gênica dos organismos vivos (KELLER, 2002).

Nessa atmosfera social e científica, como uma das maiores e mais divulgadas empreitadas da genética molecular inicia-se na década de 1990, o Projeto Genoma

Humano (PGH) com a tarefa de mapear e sequenciar o genoma humano e a promessa de revelar “o que é ser humano” (ROBERTS, 2000, p. 1185).

Todavia, a perspectiva de descobrir ‘o que significa ser humano’, da cura imediata de doenças genéticas por meio da identificação e manipulação dos genes, foi mitigada com as publicações de uma extensa lista de letras, simbolizando a ordem de 3,2 bilhões de bases que compõem o DNA humano, que pouco, porém, revelou em termos de genes, genótipo e fenótipo. Ao invés de esclarecer o “segredo da vida”, o genoma mostrou-se como uma entidade complexa, interagindo de forma igualmente complexa com a célula, o organismo e o ambiente, rompendo o conceito de simples causalidade entre gene e informação.

Os resultados obtidos com o PGH, ao invés de acumular conhecimentos para uma ciência linear, trouxeram respostas inesperadas, como por exemplo, a informação de que o genoma humano não seria constituído por um número tão grande de genes, assim como era imaginado no início da pesquisa, representando não mais que 30.000 genes, e ainda o fato de que, apenas cerca de 2% do genoma humano seriam codificados em proteínas (WATSON; BERRY, 2005).

Diante de um número tão reduzido de genes em relação ao que se imaginava antes das pesquisas, e da percepção de que organismos inferiores sequenciados possuíam um genoma pouco diferente dos considerados organismos superiores, algumas questões emergem: o que há entre os genes e sua expressão final? Será que os valores instituídos desde a ciência moderna estão presentes na construção do conceito de gene no século XXI? E ainda, nesse início de século poderia estar instalando-se uma mudança de cenário cultural ou apenas a evolução desse conceito?

Mayr (2008) concorda que o complexo gene do biólogo molecular moderno é radicalmente diferente da noção primitiva. Todavia, defende uma visão evolutiva e não de ruptura para esse conceito, ressaltando que “todos os termos científicos sofrem certa quantidade de mudanças, logo seria muito confuso introduzir um novo termo a cada alteração sutil em seu significado” (MAYR, 2008, p. 89).

Para tanto, diante de diversas conjecturas a respeito do momento epistemológico que permeia o conceito de gene, o qual certamente recebe em sua construção influências do cenário cultural vigente, este trabalho buscou analisar, por meio da Fenomenologia, os discursos de professores-pesquisadores e acadêmicos de um curso de Pós-Graduação de Ensino-Aprendizagem de Ciências acerca dos acontecimentos genômicos e a ciência.

Tais discursos ao trazerem suas concepções sobre possíveis rupturas, anomalias ou linearidade sobre o conceito de gene, revelaram também quais valores científicos permeiam seus discursos.

Procedimentos metodológicos

A análise dos discursos foi realizada por meio de entrevistas semi-estruturadas, envolvendo quatro professores-pesquisadores de duas instituições públicas de Ensino Superior da região Sul do Brasil, um professor-pesquisador de uma instituição pública de Ensino Superior da região Nordeste do Brasil e nove acadêmicos do curso de pós-graduação em Ensino-Aprendizagem de Ciências de uma Universidade Estadual no Estado do Paraná no ano letivo de 2009.

A coleta de dados ocorreu no período compreendido entre março e agosto de 2009, envolvendo um total de quatorze entrevistas. O limitado número de entrevistados se justifica pelo fato da opção metodológica tratar-se de um instrumento qualitativo, por meio da Análise dos Discursos, buscando-se analisar o sentido oculto nos pronunciamentos dos entrevistados, identificando-se as influências de concepções que norteiam sua visão científica.

Nessa perspectiva, a realização de entrevistas semi-estruturadas mostrou-se um procedimento pertinente para a coleta de dados, uma vez que, permitiu maior flexibilidade no percurso das entrevistas, possibilitando intervenções que contribuíram e enriqueceram as discussões, viabilizando, por meio da análise dos discursos, a identificação de concepções filosóficas sobre a ciência e as re-elaborações do conceito de gene.

Para a análise qualitativa dos discursos dos participantes dessa pesquisa, foram imprescindíveis as gravações e transcrições das entrevistas em sua íntegra.

Vale ainda destacar que, os sete professores-pesquisadores do Ensino Superior, participantes da pesquisa, atuam nas áreas de Genética, Biologia Celular, Bioquímica e História e Filosofia da Ciência, sendo que, todos os entrevistados possuem mais de dez anos de atuação e participam ativamente em pesquisas nas suas respectivas áreas.

No que se refere aos acadêmicos, a escolha por alunos de um curso de pós-graduação se deu pelo fato de que, devido ao fato de já terem concluído seus cursos de graduação, apresentam idade superior a maioria dos acadêmicos da graduação, para

tanto, possivelmente tiveram mais acesso aos acontecimentos genômicos do final do século passado.

O foco das questões no PGH se justifica por essa empreitada representar a velocidade atingida nesse campo de conhecimento desde os meados do século passado até o presente momento, além de oportunizar o confronto entre as concepções da ciência moderna, caracterizada pelo positivismo, determinismo e reducionismo genético, e da ciência contemporânea, dimensionada pela complexidade, multicausalidade e flutuações dos fenômenos biológicos.

Essas características trouxeram para a pesquisa a necessidade de se realizar uma Análise Discursiva e não apenas de Conteúdo, uma vez que apareceram valores científicos nas entrelinhas dos discursos, ou seja, implicitamente manifestos.

As questões utilizadas na forma de questionário foram:

- 1) Ao longo da década 1990 e primeiros anos do século XXI, os avanços biotecnológicos advindos da tecnologia do DNA recombinante, que permitiu manipular a molécula de DNA, desencadearam uma grande comoção pública, principalmente no que se refere ao PGH.
 - a) Quais eram as suas expectativas na época em que o PGH foi lançado e durante seu desenvolvimento?
 - b) Você considera que conclusão do PGH atendeu a essas expectativas iniciais?
- 2) Watson e Crick na década de 1950 propuseram o modelo dupla-hélice para o DNA. Seus trabalhos materializaram o gene ao evidenciá-lo como moléculas constituídas de ácidos nucléicos. O advento da engenharia genética, na década de 1960 e 1970, fortaleceu a visão de um código genético universal para os mais variados organismos. No seu entender as descobertas recentes advindas do PGH e pós genômica, têm contribuído para cristalizar ou provocar rupturas neste conceito?
- 3) A ciência moderna nasceu e se desenvolveu segundo a concepção de um saber especulativo baseado sobre um critério de verdade, buscando em uma nova teoria uma representação definitiva da realidade. Porém, Jacob (1998) cita uma afirmação de Victor Hugo (William Shakespeare, Paris, 1864, p.39 apud Jacob, 1998, p.111), em que diz: “A ciência é a assíntota da verdade. Ela aproxima sem cessar e não toca nunca”. Na trajetória da ciência quais fatos você acredita ilustrar esta afirmação?

Perante a coleta de dados, buscou-se como suporte metodológico a análise discursiva pautada na Fenomenologia. A utilização da Fenomenologia revelou-se de modo pertinente por possibilitar desvelar a essência dos discursos muitas vezes implícitos na linguagem dos participantes da pesquisa. O objetivo fundamental deste trabalho permeou sobre a identificação dos valores científicos imbuídos nos discursos e suas concepções sobre o gene e os resultados do PGH. Na perspectiva da Fenomenologia, para a análise, buscou-se detectar, na escrita dos participantes as *unidades de significado*, as quais permitiram identificar categorias discursivas.

Apresentação e discussão de idéias e concepções

Na perspectiva da Análise Fenomenológica, acontecem três momentos durante a Análise, denominados de *descrição, redução e compreensão*. Entretanto, ressalta-se que, não existe um procedimento único, pronto, pré-estabelecido a ser rigorosamente seguido, existindo apenas trajetórias que podem revelar caminhos adequados na busca da compreensão do fenômeno (MARTINS, 1992).

Ao longo das Análises direcionadas neste trabalho, aconteceram *reduções* fenomenológicas após cada questão, onde foram destacados alguns trechos dos discursos, denominados de *unidades de significado*, nos quais apareceram evidências de concepções e ideologias quanto à ciência.

As *unidades de significado* possibilitaram o que a Fenomenologia denomina de *compreensão ideográfica*, onde se procurou tornar visível a ideologia presente na descrição do professor-pesquisador. Na seqüência, aconteceu à formação de categorias de discursos, resultante das convergências e divergências percebidas entre em cada discurso e entre os discursos, o que possibilitou também uma *compreensão nomotética* geral dos discursos entre os professores-pesquisadores.

Inicialmente os entrevistados foram questionados sobre quais expectativas possuíam durante o lançamento do PGH. Entre os entrevistados, apareceram afirmações de que não havia expectativas durante o lançamento e sua execução. Apesar desses discursos demonstrarem *unidades de significado* convergentes no que se refere às expectativas, os argumentos divergentes usadas para justificar essa falta de expectativas, revelaram a denominada heterogeneidade discursiva.

eu não tinha¹ muitas expectativas. [...]. as minhas expectativas chegaram ao ponto que o projeto chegou: que ele não veio para elucidar grandes coisas. [...]. eu não esperava nada mais do que isso mesmo (CITOLOGISTA);
[...] as minhas expectativas sempre foram às mesmas e foram justificadas pelos resultados, não haverá muitas conseqüências em curto prazo sabe, mas sim há muito longo prazo (BIOQUÍMICO);
[...] eu **tinha mais críticas do que expectativas, porque como já trabalhava com filosofia da biologia nessa época, [...] me parecia que o projeto desde sua origem era hiper-reducionista, [...]. um dos grandes resultados do PGH foi mostrar o fracasso, a abordagem hiper-reducionista na biologia.** Portanto, nunca tive

¹ Durante as Análises serão utilizadas as letras: A e B, em relação aos professores-pesquisadores como forma de identificar discursos de pesquisadores diferentes de áreas comuns, caso manifesto devido ao fato de haverem dois Geneticistas entrevistados. Quanto aos acadêmicos por serem todos pertencentes ao mesmo curso de pós-graduação serão apenas dispostos apenas em ordem numérica: 1, 2, [...], 9.

muita expectativa de que o PGH fosse gerar os resultados prometidos, agora sempre pensei e continuo pensando que o projeto foi importante porque produziu uma base de dados (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

Não tinha expectativas que a contagem dos genes fosse dar respostas a todos os problemas de saúde [...] (Acadêmico nº 02).

Nas palavras de Authier-Revuz (1982, p. 141), “por trás de uma aparente linearidade, da emissão ilusória de uma só voz, outras vozes falam”, ou seja, a língua não é ideologicamente neutra, mas complexa, pois, imprimir em seu uso e por meio da história relações dialógicas do discurso (BAKHTIN, 1997), onde aparecem muitas vezes “frases prontas”.

Essa heterogeneidade discursiva aparece marcada na fala do pesquisador, ao discursar não acreditar em uma ciência neutra e também no acadêmico nº 2. A falta de expectativas do primeiro discurso ao invés de refletir em um ceticismo demonstra a necessidade de uma justificativa para os objetivos do PGH. Esta premissa encontra apoio na continuidade dos discursos ao considerarem que o PGH “não veio para elucidar grandes coisas, ele veio, até, para abrir novas áreas” (CITOLOGISTA) e, assim, “não haverá muitas conseqüências em curto prazo, mas sim há muito longo prazo, porque é muito difícil manipular o genoma de qualquer espécie” (BIOQUÍMICO).

No primeiro discurso se observa uma expectativa imbuída de que em um futuro não muito próximo o aperfeiçoamento de métodos e técnicas para manipular a seqüência do genoma será suficiente para possibilitar grandes aplicações, o que se apresenta como uma categoria fenomenológica baseada na visão de *ciência linear e cumulativa*, pautada nos valores expressos pela Ciência Moderna. Diante desses discursos, cabe salientar que, as pesquisas no campo da epigenética direcionam para uma possível complexidade que vai além da relação direta entre genes e características, abrindo espaço para a busca das interações entre genes e ambiente (GARCIA, 2007; BARATA e GUIMARÃES, 2007). Portanto, viabilizando espaço para as relações pautadas nas imprecisões e multicausalidades (MORAES, 1997; BEHRENS, 2003).

Quanto aos demais professores-pesquisadores e acadêmicos entrevistados, cabe destacar que apareceram também em seus discursos, *unidades de significado* que revelaram expectativas no lançamento do PGH, como de que:

parecia que seria muito demorado, mas que iria resolver muitos problemas genéticos, principalmente em relação às síndromes genéticas e mutações gênicas. [...] Durante o desenvolvimento do

projeto, eu pelo menos fui perdendo as expectativas (GENETICISTA B).

Eu era estudante, acreditava que o homem poderia manipular todos os organismos e características [...] (Participante nº 03).

Acreditei que permitiria a cura de doenças incuráveis (Participante nº 06).

Imaginava que o mapeamento traria a possibilidade de prevenir e curar doenças (Participante nº 7).

As *unidades de significado* acima retratadas, apesar de se contraporem quanto à presença de expectativas em relação aos discursos anteriores, apresentaram também a categoria fenomenológica *ciência linear e cumulativa*. Pois retrataram as expectativas da população de uma ciência salvacionista, gerada por um modelo de racionalidade, o qual acredita em uma ciência capaz de produzir verdades absolutas, conceito este positivista, pautado no Paradigma da Ciência Moderna.

Cabe salientar que, apesar de as *unidades de significado* dos acadêmicos nºs 03, 06 e 7 acima descritos apresentarem expectativas quanto ao PGH, suas concepções de ciência apresentam valores distintos. O discurso do acadêmico nº 03 demonstra uma visão de ciência romântica e ainda ingênua. Ora, tal discurso revela o quanto à ciência em sua produção de conhecimento provoca entre os acadêmicos e não só entre o público leigo, a legitimação de verdades. Esta concepção de ciência, entretanto, aloca em xeque a consciência de que verdades absolutas são úteis na medida em que podem ser questionadas pela comunidade científica, possibilitando novas investigações.

Para Dewey (1958), um dos grandes problemas está principalmente no fato de “a grande massa de pessoas tomarem contato com a ciência apenas em suas aplicações” (DEWEY, 1958, p.29). Tal fato se fortaleceu com a sociedade moderna e os valores que utilizam como legitimadores, haja vista que, com a quebra do Absolutismo, a sociedade burguesa passou a fomentar recursos para uma ciência produtora de artefatos necessários para a sociedade vigente (HENRY, 1998).

Nessa atmosfera se desenvolveu a ciência moderna pautada em valores como a linearidade cumulativa de conhecimento e a legitimação de verdades absolutas baseadas na concepção de que a construção do conhecimento científico seja neutra e alheia a imprevistos. Todavia, esses valores científicos modernos como a validação de que algo é verdade por ser comprovado cientificamente (HERRERA, 2000), ainda emergem nos discursos de acadêmicos no século XXI, conforme as afirmações dos participantes dessa Análise, os quais se encaixam na categoria de *ciência linear e neutra*.

Contudo, cabe destacar que, no que se refere ao modelo genômico, após o seqüenciamento gênico e a identificação de um número reduzido de genes em relação ao estimado (KELLER, 2002), ficou perceptível a presença de possíveis formas de interferência na expressão final do material genético, ou seja, ainda que o código genético não sofra alterações, sua expressão final poderia sofrê-las. O campo de estudos que trabalha as possíveis influências que a expressão gênica sofre ficou conhecido por epigenética. Atualmente, a epigenética busca esclarecer como fatores ambientais e hábitos alimentares, podem interferir no funcionamento dos genes, mesmo sem produzir mutações na seqüência do DNA (BARATA, GUIMARÃES, 2007; DIAS CORREIA, 2007).

No que se refere aos resultados divulgados pelo PGH e as expectativas iniciais do projeto, os participantes foram questionados quanto a tais resultados terem atendido as expectativas iniciais. Entre as respostas surgiram argumentos divergentes aos anteriormente utilizados quanto à própria ciência, uma vez que, participantes que validaram a concepção de uma ciência linear, nesse momento se apropriaram de discursos mais relativos e complexos, ao admitirem certa frustração na relação expectativas e resultados.

Não. Mesmo o homem conhecendo o código da vida, ele se deu conta de que o funcionamento desse código não era tão simples assim (Acadêmico nº 3).

Não atendeu as expectativas da população em geral inferida pela mídia. Porém seus idealizadores sabiam que o resultado só apareceria à longo prazo (Acadêmico nº9).

Creio que atendeu as expectativas iniciais, era de mapear e mapeou (Acadêmico nº 7).

Os discursos dos acadêmicos acima merecem destaque e algumas discussões. O participante nº 3 admite em seu discurso que o projeto não atendeu as expectativas iniciais, porém contribuiu ao possibilitar ao homem a compreensão da dimensão complexa em que a relação genótipo e fenótipo estão inseridos. O discurso do participante nº 7 ao afirmar que a intenção era de mapear e mapeou revela a presença da categoria discursiva de *ciência linear e cumulativa*, uma vez que, não identifica rupturas na ciência ao afirmar que as expectativas foram atingidas. Tal fato pode ser justificado ainda, pelas palavras do participante na questão anterior referente às expectativas do PGH, no qual demonstrou em relação ao PGH a possibilidade de prevenções e cura de

doenças. Ora, o participante possuía em relação ao PGH mais expectativas do que o mapeamento, entretanto, perante os resultados reafirma que o objetivo era o esperado.

Quanto ao participante nº 09 seu discurso denuncia dois valores antagônicos, pois apesar de admitir que os resultados não atingiram as expectativas iniciais, afirma que “seus idealizadores sabiam que o resultado só apareceria à longo prazo”, demonstrando que acredita na ciência como legitimadora de verdades, pois entende que a mídia seja responsável por assentar nas pessoas tais expectativas. Todavia, assegurar que os idealizadores sabiam que o resultado apareceria em longo prazo revela a categoria de *ciência não neutra e de credibilidade*, permeadas pela convergência de que a ciência é legitimada por sua credibilidade, mas, porém, a divergência quanto à sua neutralidade.

No que se refere aos professores-pesquisadores surgiram discursos como:

Creio que sim. Porque todo cientista tinha idéia de que ele não conseguiria responder grandes coisas ou grandes perguntas. [...]. Foi um início mesmo, a expectativa de todo mundo acho que era essa, dá o primeiro passo, ter uma idéia. E mostrar: olha a gente é capaz de fazer, então tem outras coisas que a gente pode buscar para respostas maiores (CITOLOGISTA).

Creio que sim. Queria determinar seqüências e determinou.

Mas isso é uma tarefa, vamos dizer técnica. [...] quando propuseram isso (PGH) que custou uma nota preta, devem ter feito muitas elucubrações, [...]. Porque todo mundo que vai fazer um projeto de pesquisa tem que vender seu peixe. [...]. Se tivessem dito: nós queremos somente reconhecer as seqüências de bases de todos os genes humanos [...] não teriam conseguido dinheiro. [...] Porque quem libera o dinheiro são os políticos, e eles precisam de algo mais palpável do que a simples ciência dura, seca e sóbria (BIOQUÍMICO).

Nas unidades do citologista aparece implicitamente uma concepção de ciência neutra e de credibilidade, onde as frases pairam sobre a crença na genuinidade da ciência. Entretanto, o bioquímico, apesar de afirmar que os resultados eram os esperados, o que valida à concepção de uma ciência de credibilidade, revela sua não neutralidade, ao afirmar que foram necessárias algumas “maquiagens” no PGH para se conseguir recursos financeiros. Para tanto, apareceram duas categorias distintas: *ciência neutra e de credibilidade*, e também *ciência não neutra e de credibilidade*, permeadas pela convergência de que a ciência é legitimada por sua credibilidade, mas, porém, a divergência quanto à sua neutralidade.

Entre as promessas divulgadas pelos cientistas do PGH estava o mapeamento gênico com a intenção de entender todo o metabolismo gênico para estabelecer relações entre genes e regulações, ou seja, tratava-se de descobrir, com a soletração do genoma (ROBERTS, 2000, p. 1185). Diante desse fato, torna-se relevante o posicionamento do outro entrevistado que disse acreditar que o PGH:

não atendeu as expectativas iniciais, [...] seqüenciamos os nucleotídeos, mas não sabemos para que serve.[...] Antes de terminar o PGH imaginou-se que tínhamos cerca de 150.000 genes e hoje já se viu que temos uns 30.000. A quantidade é muito menor do que se imaginava! Com a maturidade que foi se adquirindo, mudou muito as idéias quanto ao genoma (GENETICISTA B).
 Não atenderam, [...], desde os produtos tecnológicos, ou seja, **se conseguiu muito menos medicamentos, por exemplo, do que foi prometido. Muito, muito menos doenças foram combatidas do que se esperava.** Em termos do mercado, os ganhos em ações e em termos de produtos biotecnológicos foram muito menores do que se esperava. Agora acho que a grande coisa mesmo do PGH, é o produto que ele dá em termos de pesquisa em dois sentidos: bases de dados e humildade! [...] (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

Entre esses discursos ainda aparece a existência de perspectivas em relação à ciência, o que demonstra valores da Ciência Moderna, representado por características positivistas, na qual a ciência apresenta algumas características dogmáticas tendo o papel de trazer soluções, e estas por sua vez dignas de verdade (TRIVIÑOS, 2006). Tal fato se justifica no discurso do entrevistado geneticista ao apontar mudanças que aconteceram em relação aos dados obtidos durante o desenvolvimento do projeto, como a quantidade de genes e suas funções. Isso revela certa frustração quanto à crença em uma ciência linear, pautada nos valores positivista da Ciência Moderna (ZAMBIASI, 2006). Todavia, nas suas palavras, pronunciadas ao final da resposta a essa questão, o geneticista ao considerar que “Com a maturidade que foi se adquirindo, mudou muito as idéias quanto ao genoma”, manifesta o entendimento de que a ciência não progride de forma linear e cumulativa, mas que muitas vezes ocorrem rupturas e revoluções no modo científico de pensar.

Ao longo da entrevista os pesquisadores foram questionados quanto à contribuição das descobertas advindas do PGH e pós genômica para cristalizar ou provocar rupturas aos conceitos propostos na década de 1950. A intenção desta questão era de constatar convergências ou divergências nos discursos dos professores-pesquisadores que, nas respostas às questões anteriores, manifestaram-se contrários ou

favoráveis à visão de uma ciência linear, neutra e cumulativa. Nos discursos revelaram-se *unidades de significado* como:

O modelo de Watson e Crick ainda é a base. A medida que o conhecimento é formado os conceitos são aperfeiçoados (Participante nº 01).

A base, a idéia, o modelo é consistente, pois é aceito e reforçado até hoje (Participante nº 02).

Os conceitos iniciais são a base! E eu acredito neles. Acredito nessas bases! **Todos os trabalhos que saíram até hoje foram pedrinhas que foram sendo adicionadas**, organizadas para uma montagem maior. [...] Cada um foi adicionando sua pedra [...]. **Nada está sendo rompido! Está sendo acrescido**, está sendo aumentado, fundamentado (CITOLOGISTA, grifo nosso).

A estrutura foi determinada e está determinada e é aquela mesma.

O grande mérito do modelo de Watson e Crick é que também possibilitou explicar um mecanismo [...] fiel replicação, esse foi o grande mérito. **Mas isso tudo continua de pé**. [...] Uma coisa foi consequência da outra, **foi um contínuo progresso** (BIOQUÍMICO, grifo nosso).

Nos discursos apareceram forte valores da ciência moderna e seu cientificismo constituído a partir da idade moderna. Nesse período havia se desencadeado a Revolução Científica, caracterizada pela busca de uma ciência baseada em um saber especulativo fundamentado sobre um critério de verdade, procurando em uma nova teoria uma representação definitiva da realidade (JACOB, 1998; TRIVIÑOS, 2006).

Em grande parte dos discursos presentes entre pesquisadores e acadêmicos se evidenciou esta concepção científica progressiva e cumulativa, enquadrada na categoria *ciência linear e cumulativa*. Portanto, de forma contundente, ou sutil, enfatizaram não detectar rupturas de conceitos estabelecidos na década de 1950 em decorrência dos estudos pós-genômicos, mas uma continuidade. No entanto, apareceram discursos peculiares. Um dos pesquisadores geneticistas mencionou acreditar que os avanços biotecnológicos trouxeram uma visão dinâmica, o que para ele não estava evidente no modelo de Watson e Crick:

[...]. Na questão das rupturas, logo após a apresentação do trabalho de Watson e Crick, já fomos verificando que aquela estrutura estática proposta por eles, não era definitiva, existiam outras estruturas. [...]. Verificamos que efetivamente nosso genoma é muito dinâmico e mais do que a estrutura dele, mas como ele funciona, a regulação dele (GENETICISTA A).

Outro dado que o pesquisador salientou como relevante nos resultados divulgados pelo PGH refere-se à descoberta de apenas 3% do genoma humano ser

constituído por regiões codificantes, e, ainda, a evidência de que, o mapeamento genético de organismos simples esteja próximo ao código genético humano. Os aspectos salientados por este pesquisador refletem rupturas em relação a algumas conjecturas consagradas anteriormente pela ciência (KELLER, 2002).

Nesta perspectiva, se evidenciou além da categoria discursiva de *ciência linear e cumulativa*, a presença também da categoria de *ciência complexa e multicausal*, representada no discurso do geneticista ao argumentar que o modelo estático de Watson e Crick foi aos poucos perdendo espaço para a dinâmica genômica estrutural. Esses argumentos caracterizam a descontinuidade no conhecimento gênico, valores por sua vez, pautados nos valores de complexidade e imprecisão do Paradigma da Ciência Contemporânea. Kuhn ao criticar a visão positivista de que a ciência seria cumulativa e linear, disse acreditar que a ciência progride por revoluções, na qual “uma teoria mais antiga é rejeitada e substituída por uma nova, incompatível com a anterior” (KUHN, 1979, p.6).

Tais perspectivas apresentam-se nitidamente no discurso do filósofo da ciência, ao afirmar não acreditar na cristalização conceitual gênica:

[...]. Na verdade, você tem essa série de descobertas que vão solver o gene. E isso vai gerar um estado atual que é o **estado de perplexidade do estatuto ontológico do gene**. Agora é interessante também pensar que **boa parte dessa perplexidade não aparece para uma parte dos pesquisadores empíricos, porque como trabalham com conceitos operacionais, em geral tem um conceito de gene ou algum conceito de gene que dá conta das suas pesquisas**. E aí, o problema da conceituação em si mesmo, fica muitas vezes disfarçado. Agora, têm aparecido em artigos de pesquisadores empíricos, preocupações com a questão do gene. [...]. Esse fato demonstra que também a comunidade de pesquisadores empíricos esta percebendo isso, não tem como manter aquela visão do gene que foi construída na biologia molecular a partir de Watson e Crick, é necessário repensar o que é um gene (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

O pesquisador apresenta um discurso pautado na categoria *complexa e multicausal*, evidenciado na noção de que as atuais descobertas têm solvido o conceito de gene. Entretanto, traz um ponto importante ao relatar que, aqueles pesquisadores empíricos que trabalham com conceitos operacionais, possuem um conceito de gene que preenche suas necessidades. Tal exemplo de possíveis ‘emendas conceituais’ ao gene retrata a possibilidade de que talvez a humanidade contemporânea esteja firmemente arraigada na Ciência Moderna, e que as críticas realizadas por alguns autores em relação a tais valores, sejam apenas manifestações de um período histórico.

Quanto aos acadêmicos, em alguns discursos como os que seguem expressos a seguir também aparecem indícios de alguns valores da ciência contemporânea, ainda que entrelaçados por perspectivas modernas, como continuidade:

Tem contribuído para cristalizar, porém, o PGH rompeu a visão simplista do funcionamento do código genético (Acadêmico nº 3).
O conceito de gene vem sofrendo mudanças. [...] há vários discursos do que seria um gene [...]. Na ciência nada é absoluto ou imutável (Acadêmico nº 8).

O acadêmico nº 03 inicia o discurso afirmando que as pesquisas contribuíram para “cristalizar”, ou seja, acumular e reafirmar os conceitos da década de 1950, ou seja, não apresentou rupturas, o que caracteriza uma categoria de *ciência linear e cumulativa*. Entretanto, na seqüência afirma que o PGH rompeu uma visão simplista, ou seja, rupturas de conceitos e logo, a categoria de *ciência complexa e não linear*. Tal posicionamento mostra-se como exemplo de uma transição de valores no discurso, o que para a análise discursiva revela-se como uma polifonia (BAKHTIN, 1997) – discurso em que várias vozes falam, manifestando os valores construídos ao longo da história.

Todavia, a presença de valores complexos no discurso do acadêmico nº 3 manifestou-se anteriormente ao ser questionado sobre os resultados divulgados pelo PGH terem atendido as expectativas iniciais. Cabe destacar que, essa concepção de mudança aparece mais contundente no discurso do acadêmico nº 8 ao argumentar que o conceito de gene vem sofrendo mudanças. Esses argumentos caracterizam a descontinuidade no conhecimento gênico, pautados por sua vez, nos valores de complexidade e imprecisão, pertinentes ao que Latour (2000) caracteriza como sintomas contemporâneos.

Diante desse panorama, os pesquisadores e acadêmicos foram questionados quanto ao fato de acreditarem ou não em uma afirmação de Victor Hugo que diz “A ciência é assíntota da verdade. Se aproxima sem cessar e não toca nunca” (SHAKESPEARE, 1864, p.39 *apud* JACOB, 1998, p.111). Entre os pesquisadores surgiram afirmações como:

Concordo. O homem está sempre na busca, então nunca vai tocar [...]. Nunca vamos topar com a cara no muro que sempre terão várias coisas para buscarmos! (CITOLOGISTA).
A ciência está sempre avançando. [...], **não concordo que a ciência detenha toda a verdade.** [...]. A ciência está sempre se modificando, [...]. Dizem que nunca vamos atingir a verdade, [...]. Talvez ela nem

exista, mas você falou bem uma assíntota, está muito próxima e se só aproxime no infinito! [...], é difícil fazer esse tipo de previsão. [...] **mas puxa vida, estamos razoavelmente próximos** (BIOQUÍMICO, grifo nosso).

A ciência está sempre avançando. Mas hoje não concordo que a ciência detenha toda a verdade. Se você imaginar o que era verdade há 100 anos não é mais verdade hoje. [...]. A ciência está sempre se modificando, sempre em evolução, caminhando, como um processo evolutivo. E cada momento quando aquilo não é mais real, condizente e não se consegue mais provar aquilo. Então cai por terra e começa de novo. A ciência está sempre recomeçando (GENETICISTA B).

As assíntotas poderiam ser ilustradas com as doenças. O início do PGH prometeu soluções que ainda não foram solucionadas (Acadêmico nº 01).

A visão reducionista e exata ainda permeia a visão geral da comunidade científica (Acadêmico nº 3).

A ciência chega aos seus objetivos, mas como o mundo vive em mudança, as respostas mudam não se tornando verdades absolutas (Acadêmico nº 8).

Esses discursos expressaram uma idéia de que a ciência, ainda que nunca toque, avança acumulativamente (ZAMBIASI, 2006). Em contrapartida, não deve ser ignorado o fato de acreditarem que, em alguns aspectos, a ciência não atingiu o ápice do conhecimento, o que traduz uma quebra de valores como a de que a ciência empírica seria o único conhecimento confiável e capaz de explicar todos os fenômenos, proposto no alvorecer da Ciência Moderna (MARTINS e BICUDO, 1989).

No discurso expresso pelo bioquímico aparecem duas concepções distintas: a afirmação de que a ciência não detém toda a verdade e a expectativa de que a ciência esteja próxima da verdade. São valores distintos utilizados no mesmo discurso, que expressam categorias também distintas como a de *ciência não neutra e de credibilidade* e ainda a de *ciência complexa e multicausal*. Essas divergências expressas em um único discurso são caracterizadas dentro dessa Análise como a presença de um padrão de Transição Paradigmática entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea. Estes aspectos podem ser observados também na seguinte afirmação:

[...] Em alguns aspectos a ciência avançou com uma verdade bem consolidada, mas em outros aspectos, vai caminhar, caminhar e caminhar. E sempre uma verdade nos levará para outro caminho na busca de outra verdade [...]. Então essa questão da verdade não pode ser colocada como algo estanque: do bem, do mal, do sim, do não, do verdadeiro e do falso. Mas, uma construção da compreensão do que somos como funcionamos, como interagimos com o ambiente e isso cada vez se ampliará mais. Não creio que chegará um momento: hoje nós sabemos tudo. Não! (GENETICISTA A).

Neste aspecto vale lembrar que em vários momentos da história as regras e valores legitimados pela Ciência Moderna, não conseguiram dar suporte para todas as pesquisas emergentes, abrindo espaço para o surgimento de novas teorias incompatíveis com a anterior (KUHN, 1979). Este fato demonstra que, regras, programas ou paradigmas, existem e os cientistas trabalham dentro de seu enfoque. No entanto, conforme Feyerabend (1977), não existem condições duradouras que possam limitar a investigação científica. O pesquisador propõe esta visão ao salientar que a verdade não poderia “ser colocada como algo estanque”, ou seja, limitado por único paradigma.

O professor-pesquisador filósofo da ciência traz à em seu discurso a questão do poder da verdade (FOUCAULT, 1977) como critério de validação, negando de forma marcada alguns valores da Ciência Moderna ao discursar que “você não tem acesso ao real para ter um parâmetro e saber se você está se aproximando ou não”. Deve ser lembrado que o início da Ciência Moderna foi marcado pela necessidade de um método que legitimasse o que era verdade ou não, sendo para isso usado a dúvida e os reiterados testes como forma confirmatória (MAYR, 2008; JACOB, 1998).

Não restam dúvidas de que grande parte das lentes vigentes entre professores-pesquisadores, e logo, também entre os acadêmicos, ainda pautam-se nos valores da Ciência Moderna (ZAMBIASI, 2006). Entretanto, alguns discursos sinalizaram a presença de valores contemporâneos, baseados nas inter-relações complexas entre informação e características dos organismos. As manifestações discursivas a cerca do conceito de gene revelaram indícios desses valores. Mas será que tais indícios servem como confirmação da possível instalação de um novo paradigma para esse conceito?

No que se refere ao conceito de gene, possivelmente, o momento atual, requeira para esse conceito ao menos “algumas emendas conceituais”, o que não significa que ocorrerá uma ruptura paradigmática, não se tratando de abandonar o conceito, mas de repensá-lo (KELLER, 2002; EL-HANI, 2007). Nessa perspectiva, a permanência do conceito se sustentaria a partir da mudança de entidade real para uma entidade abstrata.

Considerações

Ao longo da história da hereditariedade pode ser observada a presença de valores gerais de uma época que influenciaram sua história, como por exemplo, os valores deterministas, reducionistas e de linearidade cumulativa, pertinentes ao cientificismo desencadeado com a Revolução Científica. Todavia, apesar desses valores

mostrarem-se persistentes nos discursos legitimadores dos cientistas até o século XXI, no que se refere à construção científica, o que pode ser observado no decorrer de sua história, como por exemplo, a hereditariedade, foi à presença de rupturas paradigmáticas em seu percurso. Tais percepções confirmam que, ainda que os cientistas trabalhem dentro dos valores de sua comunidade científica, é evidente a presença de rupturas e crises paradigmáticas durante sua construção.

No que se refere aos discursos, ao longo das análises se evidenciou a presença de concepções matizadas por tendências positivistas, como pela crença de que os fatos destacados pela ciência estejam de forma seqüenciada e linear. Em outros momentos, porém, pode ser observada a presença de uma atenuação nas tendências reducionistas e deterministas nos discursos, revelando uma transitoriedade entre os valores de linearidade e simples causa pelos valores de rupturas e multicausalidades. Esse fato pode ser percebido principalmente nos conhecimentos relativos à materialização do gene e suas rupturas. O que revela indícios da percepção de uma possível complexidade e dinâmica envolvida no funcionamento gênico, demonstrando a descontinuidade de uma concepção cumulativa da ciência.

A ciência do século XXI alterna em sua produção de conhecimento, princípios da cientificidade moderna como linearidade e causalidade aos sintomas contemporâneos (LATOUR, 2000) e seus questionamentos em relação a uma ciência neutra de ideologias. Tais sintomas contemporâneos têm o potencial de apresentar a ciência como uma forma de produção científica humana, desestabilizando dessa forma a herança de uma ciência neutra e infalível, legitimadora de verdades às quais a sociedade se submete.

Ora, apesar do conceito de gene apresentar rastros de rupturas e crise, de acordo com Morin (1990; 1991) uma mudança paradigmática é lenta, exigindo o colapso de toda uma estrutura de idéias. Todavia, no que se refere ao gene, o que se pode perceber entre as comunidades científicas é que para os pesquisadores empíricos que trabalham com conceitos operacionais, o conceito tradicional ainda preenche suas necessidades.

Dessa forma, esses conceitos acabam sendo recontextualizados para os acadêmicos, desencadeando a continuidade desses valores e perspectivas. Nesse prisma, Vanconcellos (2007), ao comentar dos paradigmas e valores das ciências, escreve que muitas vezes as ciências particulares podem ter seus valores e paradigmas “tão incorporados às suas práticas de pesquisa e de elaboração teórica, que nem sintam mais necessidade de reservar um espaço para explicitar e refletir com os alunos sobre os

pressupostos epistemológicos ou o paradigma, de suas produções científicas (VACONCELLOS, 2007, p.16).

Essa percepção torna-se evidente nesse trabalho de Análise Fenomenológica em que se alternam discursos de professores-pesquisadores e acadêmicos de pós-graduação. Essa rede discursiva desvela aspectos dos valores presentes nos discursos dos professores-pesquisadores também entre os acadêmicos, ou seja, os discursos dos acadêmicos representam uma áspera cópia dos valores imbuídos nos discursos de seus professores, por conseguinte, pesquisadores.

Portanto, talvez seja necessário aos professores-pesquisadores parar de tempos em tempos para observar o contexto histórico em que acontece a produção científica. Tal ação pode trazer o hábito escasso, como retratou Vasconcellos (2007), de refletir e explicitar os valores imbuídos na pesquisa, e não apenas repassá-lo como única perspectiva para a produção de conhecimento. Afinal, na perspectiva de Bernstein (1996), os conceitos científicos alcançam os alunos por meio da recontextualização escolar, a qual recebe a legitimação social, pois é precedida pelos valores sociais imbuídos pelos professores-pesquisadores e não apenas pela instituição que o antecede.

Referencias

AUTHIER-REVUZ, J. Hétérogénéité montréalaise et hétérogénéité constitutive: éléments pour une approche de l'autre dans l'ê. DRLAV – **Revue de Linguistique**, Paris, nº26, p. 91 –15, 1982.

BAKHTIN, M. **Estética da criação verbal**. Tradução de Maria E. Galvão Pereira. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1997.

BARATA, G; GUIMARÃES, M. Genes e a Compreensão de Ser Humano. ComCiência: **Revista Eletrônica de Jornalismo científico**. Disponível em: <http://comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=8&id=56>. Acesso em: 03 de julho de 2007.

BEHRENS, M.A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. Curitiba: Champagnat, 2003.

BERNSTEIN, B. **A estruturação do discurso pedagógico: classe, códigos e controle**. Petrópolis: Vozes, 1996.

DEWEY, J. *Philosophy of education: problems of men*. Ames: Littlefield, Adams & Co., 1958.

DIAS CORREIA, J.H.R. Alguns aspectos funcionais do epigenoma, genoma e transcriptoma nos animais. *Revista eletrônica de Veterinaria*, v. VIII, nº 10, 2007.

DULBECCO, R. **Os genes e o nosso futuro**. Tradução Marlena Maria Lichaa. São Paulo: Best Seller, 1997.

EL-HANI, C.N. Between the cross and the sword: The crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology*, 30(2): 297-307, 2007.

FOUCAULT, M. **Les mots et les choses. Une archéologie des sciences humaines**. Paris: Gallimard, 1966.

_____. **O que é um autor?** Lisboa: Vegas, 1969.

_____. **História da Sexualidade I – A vontade de Saber**. Rio de Janeiro: Graal, 1977.

HENRY, J. **A revolução científica e as origens da ciência moderna**. Tradução Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

HERRERA, A.O. **Civilização Ocidental não dá respostas à crise atual**. In *Amilcar Herrera: Um intelectual Latino-Americano*. Dagnino, R. (org). Campinas: UNICAMP/IG/DPCT, 2000.

JACOB, F. **O rato, a mosca e o homem**. Tradução Maria de Macedo Soares Guimarães. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

KELLER, E. F. **O Século do Gene**. Belo Horizonte: Editora Crisálida, 2002.

KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectivas S.A, [1962] 1998.

_____. Lógica da Descoberta ou Psicologia da Pesquisa?. In: Imre Lakatos e Alan Musgrave (orgs). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. Quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965. Tradução Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix Universidade de São Paulo, 1979, pp. 5-32.

LATOUR, B. *Jamais fomos modernos: ensaios de antropologia simétrica*. Rio de Janeiro, Editora 34, 2000.

MARTINS, J.; BICUDO, M.A.V. **A pesquisa qualitativa em psicologia: fundamentos e recursos básicos**. São Paulo: Moraes/Educ. 1989.

MARTINS, J. **Um enfoque fenomenológico do currículo: educação como poésis**. São Paulo: Cortez, 1992.

MAYR, E. **The Growth of biological thought: diversity, evolution and inheritance**. London: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

_____. **Isto é biologia: a ciência do mundo vivo.** Tradução Cláudio Ângelo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MORAES, M.C. **O paradigma educacional emergente.** Campinas: Papyrus, 1997.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo.** 2. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

_____. **O método: 4. As idéias.** Lisboa, Mira-Sintra, Europa-América, 1991.

ROBERTS, L. Controversial from the start. *Science*, v. 291, n. 5507, p.1182-1188.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais:** a pesquisa qualitativa em Educação. São Paulo: Atlas, 2006.

VASCONCELLOS, M.J.E. **Pensamento Sistêmico: o novo paradigma da ciência.** Campinas, SP: Papyrus, 2007.

WATSON, J. D.; BERRY, A. **DNA: o segredo da vida.** São Paulo: Companhia das letras, 2005.

ZAMBIASI, J.L. Do racional-positivismo ao construcionismo científico. In: Paulo Marcelo Marini. (org). *Ensino de Ciências: Pesquisas e Reflexões.* Ribeirão Preto: Holos, pp.68-83, 2006.