

O CONTEXTO PÓS-GENÔMICO E AS PERSPECTIVAS DE ALUNOS QUE INGRESSAM NA GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

THE POST-GENOMIC CONTEXT AND PROSPECTS OF STUDENTS WHO ENTER GRADUATION IN BIOLOGICAL SCIENCES

**Fernanda Peres Ramos¹, Marcos Rodrigues da Silva², Sérgio de Mello Arruda³,
Marinez Meneghello Passos⁴**

¹Professora Assistente da UTFPR- Campus Dois Vizinhos /Doutoranda do Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática – UEL/fernandaramos@utfpr.edu.br

²Professor-pesquisador do Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática/Departamento de Filosofia – UEL/mrs.marcos@uel.br

³Professor-pesquisador do Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática/Departamento de Física – UEL renop@uel.br

⁴Professora-pesquisadora do Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática/ Departamento de Matemática – UEL marinezpassos@uel.br

RESUMO

Na década de 1980 surge o Projeto Genoma Humano (PGH), projeto este repleto de expectativas para desvendar geneticamente o ser humano. Entre tais expectativas está a ideia de uma ciência salvacionista e determinista, justificada pela crença no material genético como único responsável pelas expressões genéticas. Contudo, os resultados do projeto direcionaram mudanças nas pesquisas representando o cenário pós-genômico. Nesse contexto, os projetos se utilizam de discursos antagônicos ao determinismo, nos quais permeiam valores pautados na complexidade e na biologia de 'sistemas'. Como exemplo, estão os trabalhos voltados à epigenética, baseados na existência de vários fatores interagindo com o gene. Alguns autores argumentam que esse cenário, apesar de apresentar uma mudança discursiva, tem ainda características deterministas. Este artigo utilizou-se de entrevistas para identificar os valores científicos presentes na percepção de alunos de graduação em relação às pesquisas pós-genômicas. As análises revelaram transitoriedade nos discursos, retratando uma sazonalidade entre determinismo e complexidade.

Palavras-chave: determinismo, complexidade, pós-genômico, biologia de sistemas

ABSTRACT

In the 1980s comes the Human Genome Project (HGP), a project full of expectations for unraveling genetically human. Among these expectations is the idea of a Salvationist and deterministic science, justified by a belief in the genetic material as solely responsible for the genetic expressions. However, the results of the research project directed representing changes in the post-genomic. In this context, the projects make use of discourses antagonistic determinism, in which values permeate guided by the complexity and biology of 'systems'. As an example, the jobs are directed to epigenética, based on the existence of several factors interacting with the gene. Some authors argue that this scenario, despite a discursive shift has yet deterministic characteristics. This article was used interviews to identify the values present in the scientific perception of undergraduate students regarding post-genomic research. The analyzes revealed transience in speeches, portraying a seasonally between determinism and complexity

Keywords: determinism, complexity, post-genomics, systems biology

Introdução

O caminho trilhado pela genética a partir da década de 1950 com a proposição do modelo de dupla-hélice, perpassando os aspectos moleculares nos anos de 1970, revelou-se como ingrediente importante para o desenvolvimento do Projeto Genoma Humano (PGH). O cenário deste projeto estava imbuído por uma percepção física, quanto ao material genético já sinalizado pelos trabalhos de Watson e Crick com a proposição de uma estrutura tridimensional para o DNA, bem como pelas conquistas despontadas pela genética molecular (EL-HANI, 2007).

Uma vez compreendida a natureza geral dos genes nos eucariontes, vários grupos de cientistas realizaram o que Watson e Berry (2005, p. 125) denominaram de “uma verdadeira corrida do ouro”, para tentar serem os primeiros a isolar (clonar) e caracterizar os principais genes. Em pouco tempo os biólogos moleculares começaram a isolar genes de células cancerosas humanas, confirmando que o câncer decorre de alterações no âmbito do DNA e não de simples acidentes não-genéticos como se imaginava.

Tais aspectos foram pano de fundo para o desenvolvimento da engenharia genética, por meio de biotecnologias como a utilização do DNA recombinante, permitindo que os cientistas, por meio da posse de tantas ferramentas, ousassem sonhos mais altos. Deste modo na década de 1980, a expansão dos desdobramentos do conhecimento genético a partir de suas tecnologias contribuiu, por intermédio dos meios de divulgação o imaginário popular, para a arquitetura de um hiper empreendimento denominado de Projeto Genoma Humano (PGH).

Na metade da década de 80, um grupo de cientistas começou a formular um plano para reunir a sequência completa de todos os 3 bilhões de letras do DNA humano. Walter Gilbert, da Universidade de Harvard, que partilhou o prêmio Nobel pelo sequenciamento do DNA, saudou o desafio como nada menos do que a busca do **Santo Graal da biologia**. Depois de anos de discussão sobre o custo e a sensatez de produzir sistematicamente a sequência, o Projeto Genoma Humano enfim se pôs em andamento em 1990, com uma data de término programada para 2005. (DAVIES, 2001, p. 21, grifo nosso)

Mediante esse cenário, em março de 1986, o presidente do Instituto Salk, o italiano Renato Dulbecco, aproveitou o nº 7 da revista *Science* para defender “o lançamento de um imenso projeto de biologia para sequenciar o genoma completo de

um organismo, com a finalidade de compreender as mudanças genéticas que causam o câncer” (DAVIES, 2001, p. 25). Entre os comentários finais de Dulbecco estava a afirmação de que tal projeto teria sua importância, pois seria comparável ao esforço que levou à conquista do espaço. Ressaltou ainda que “o projeto deveria ser realizado com o mesmo espírito. Ainda mais atraente seria torná-lo um empreendimento internacional, porque a sequência do DNA humano é a realidade da nossa espécie, e tudo o que acontece no mundo depende dessa sequência”. (DULBECCO, 1986, p. 1055).

Devido ao forte apelo midiático, possivelmente desencadeado pelas justificativas dos cofres públicos ao subsidiar a pesquisa, o projeto alcançou popularidade, fundamentalmente pela expectativa de cura de doenças. Essas expectativas foram explicitadas pelos artigos que circulavam no período em que o projeto estava em andamento, uma vez que havia afirmações de que um dos objetivos do PGH seria a identificação dos genes responsáveis por características normais e patológicas, justificando a expectativa da população de que seria encontrada a cura para muitas doenças. Ora, diante disso, emergem, como aspectos preponderantes para o PGH, expectativas de cura de doenças:

Será possível analisar milhares de genes ao mesmo tempo em que as pessoas poderão saber se têm predisposição aumentada para certas doenças, como diabetes, câncer, hipertensão ou doença de Alzheimer, e tratar-se antes do aparecimento dos sintomas. As vacinas de DNA poderão eliminar doenças como a tuberculose ou a Aids. Os remédios serão receitados de acordo com o perfil genético de cada um, evitando-se assim os efeitos colaterais. (ZATZ, 2000, p. 47)

Tais expectativas aparecem presentes no público leigo, possivelmente como resposta às divulgações midiáticas e às afirmações científicas da intenção de desvendar o ser humano e manipular seu material genético (ROBERTS, 2000; LEITE, 2007).

No que tange aos valores imbuídos nesses discursos estão imersos conceitos de uma ciência salvacionista, no que se refere à população, e logo, entre os cientistas resquícios de uma visão cientificista outorgada desde a Revolução Científica e do auge da modernidade. Os autores Auler e Delizoicov (2001) afirmam que essa visão salvacionista pauta-se na crença de que ciência e tecnologia sempre são desenvolvidas para resolver problemas da humanidade. Desse modo, ocorre na sociedade uma visão equivocada, esperando que as soluções de seus problemas venham somente do

desenvolvimento científico, esquecendo-se das dimensões histórico e sociais envolvidas nesse contexto.

No que se refere ao PGH, essa visão salvacionista manifestou-se por meio da expectativa na cura de doenças e a possibilidade de escolher características genéticas para a posteridade. Contudo, tais expectativas são direcionadas pela crença de que o material genético seja responsável direto pela expressão gênica, desconsiderando-se a presença de fatores externos que possam interagir e direcionar novas expressões fenotípicas. Esse formato de credibilidade ao gene é denominado por autores como El-Hani (1995) e Leite (2007) de determinismo genético.

El-hani (1995) define o determinismo genético como:

[...] a explicação de propriedades fenotípicas por **meio de uma redução a causas genéticas**, ainda que apenas parcialmente. [...]. **O determinismo genético pode ser também definido como a redução dos processos de desenvolvimento a um simples desdobramento de um programa genético, de forma que as propriedades dos organismos podem ser vistas como preestabelecidas pela informação genética.** Interpretações deterministas da relação entre os genes e as propriedades orgânicas têm sido especialmente prevalentes nos meios de comunicação de massa e são ainda persistentes na literatura científica. (EL-HANI, 1995, p. 16, grifo nosso)

Esse modelo determinista genético está presente em vários aspectos do PGH, como por exemplo, na relação causal entre gene e expressão, direcionando expectativas de que o ser humano teria mais de cem mil genes. Contudo, os resultados do projeto ao invés de apoiar tais noções deterministas, trouxeram dados inesperados. Entre os dados inesperados está o número de genes, que ao invés da expectativa inicial de cem mil revelaram-se ao final do projeto algo em torno de vinte e cinco mil genes (KELLER, 2002; LEITE, 2007). O projeto demonstrou também que apenas dois por cento do genoma humano seriam codificado em proteínas, contrariamente aos demais genes humanos, noventa e oito por cento, os quais imaginavam tratar-se de DNA-lixo, uma vez que não tinham a compreensão de sua função (WATSON; BERRY, 2005).

Nos anos que seguiram após a divulgação dos resultados do PGH, alguns cientistas adotaram novas perspectivas a partir da compreensão desse material genético denominado por alguns de DNA-lixo, compreendendo que apesar de não serem traduzidos em cadeias polipeptídicas, estariam relacionados à regulação genética. Na sequência sinalizaram a possibilidade de pesquisas direcionadas não apenas ao DNA, mas ao RNA e, principalmente, em relação às proteínas. Outro aspecto que passa a ser

considerado é a perspectiva epigenética, ou seja, o ramo de pesquisa que credita ao ambiente a possibilidade de interação com o material genético, viabilizando expressões fenotípicas distintas para genótipos idênticos (BURBANO, 2006).

Ora, quanto ao cenário epistemológico, percebe-se que, em função das frustrações da visão determinista sobre o material genético – pautado na percepção de que o DNA se estabelecesse de modo preponderante sobre qualquer interferência microambiental –, surge à necessidade de novas orientações programáticas para seguir com as pesquisas, agora denominadas de pós-genômicas, uma vez que se desdobram depois do cenário genômico, representado pelo PGH.

Nessa perspectiva, surgem os projetos pós-genômicos, apropriando-se de uma visão voltada para a complexidade e a perspectiva da biologia de ‘*sistemas*’. Entre as concepções da perspectiva *sistêmica* está a definição de sistema como “um grupo de componentes interligados, inter-relacionados ou inter-dependentes, que formam um todo complexo e unificado” (ANDERSON e JOHNSON, 1997, p. 2, tradução nossa). Nessa concepção, todas as partes necessitam estarem presentes para garantir o funcionamento do sistema. Schwarz (2004) caracteriza a visão sistêmica biológica de modo restrito, como a integração entre experimentos biológicos com análise de dados em larga escala e modelagem quantitativa, porém de modo amplo, a define como o desenvolvimento de um novo modelo conceitual em biologia, em que o foco está nos sistemas compostos por moléculas.

No que se refere ao cenário pós-genômico, alguns autores como Keller (2005) apontam que pesquisas têm se utilizado de tais valores para atingir os objetivos iniciais do PGH, o qual possuía nas malhas reducionistas seu viés de desenvolvimento. Esses aspectos revelam que, talvez, algumas pesquisas pós-genômicas tenham na utilização da perspectiva de ‘*sistemas*’ não simplesmente um apelo não reducionista, mas ao invés disso, tenha nesses valores um reducionismo de larga escala (KELLER, 2005).

Na era pós-genômica, a epigenética, ao buscar o entendimento do silenciamento e da ativação gênica, por meio de processos como a chamada metilação – processo natural que ocorre na citosina que ao entrar em contato com o grupo metil, sofre inativação (WOLFFE & MATZKE, 1999), bem como, o lançamento de projetos voltados aos proteomas. Nesses projetos relativos aos proteomas, um dos objetivos básicos é separar e visualizar o máximo de proteínas possível de uma fonte, permitindo que sejam catalogadas computacionalmente e estudadas por técnicas analíticas (WESTERMEIER, 1997; WILKINS *et al.*, 1997).

Outros projetos pós-genômicos estão pautados nas análises Transcriptômicas, situando-se no campo da genômica funcional, ou seja, na interpretação da função das sequências de DNA em uma escala genômica para a compreensão de silenciamentos de ativações gênicas perante estímulos como radiações, entre outros fatores e microfatores. Ora, apesar de uma guinada nos rumos das pesquisas os objetivos desses trabalhos parecem ter sido identificados no PGH, uma vez que, tais projetos têm como intenção dar continuidade lógica à vasta quantidade de informações de sequenciamento de DNA genômico (BASSI *et al.*, 2008).

Keller (2005) aponta que esses projetos tentam responder questões mais complexas, como por exemplo, as interferências que atuam silenciando e ativando o gene, que por sua vez, não foi desvendado apenas via mapeamento do genoma. Para tanto, essas pesquisas têm utilizado valores contemporâneos com a noção de complexidade e redes sistêmicas para alcançar objetivos complementares aos resultados obtidos pelo PGH. Esses valores fazem parte de um arcabouço pertinente ao que alguns autores denominam de Paradigma da Ciência Contemporânea, pautado nas incertezas e nas imprevisibilidades da ciência (LYOTARD, 2006).

Na perspectiva de Keller (2005) não está claro qual é o real significado de *biologia de sistemas* e sua utilização como um deslocamento do determinismo genético. A autora entende que se pode, ainda, questionar se verdadeiramente existe, como muitos defendem, tal apelo não-reducionista nesta perspectiva (CORNISH-BOWDEN & CARDENAS, 2005).

A *biologia de sistemas* tem sido frequentemente apresentada como uma abordagem não-reducionista (KITANO, 2002). Diante disso, muitos pesquisadores da genômica mostram-se ansiosos em apresentar uma postura superior à dos valores determinista e reducionista (VENTER & *et al.*, 2001), apesar de ainda aparecer em seus escritos uma espécie do que Leite (2007) denomina de '*reducionismo envergonhado*'.

Entretanto, autores como Keller (2005), afirmam que, até o momento parece não estar claro qual é o real significado da *biologia de sistemas*. Keller (2005) ainda questiona se verdadeiramente existe um apelo não-reducionista nesta perspectiva, como muitos defendem. Tal questionamento apresenta-se semelhante ao que ocorreu com a *ecologia de sistemas*, tendo sido esta acusada de não passar de uma abordagem reducionista em grande escala (LEVIS & LEWONTIN, 1980).

A presença dos enfoques sistêmicos aparece também nos acontecimentos pós-genômicos. Um exemplo disso destaca-se nos objetivos do Projeto Proteoma, que tem

nas proteínas o ponto de partida para entender o genoma humano, baseando-se em uma perspectiva *sistêmica* de valorização do todo para o entendimento das partes (WESTERMEIER, 1997; WILKINS *et al.*, 1997).

No que se refere aos acontecimentos genômicos, não pairam dúvidas sobre o fato de que exista uma gama de complexidade no funcionamento gênico, sobretudo pela falta de previsibilidade, pois o mapeamento gênico não prevê todas as funções e regiões codificadoras. Entretanto, como assegurar que, projetos pautados nas perspectivas proteômicas ou transcriptômicas ao se apropriarem de discursos sistêmicos e complexos, não estão simplesmente usando-os como pano de fundo para um objetivo ainda reducionista, e por que não dizer, determinista?

No que diz respeito a este artigo, importa saber como projetos direcionados por uma visão sistêmica e de redes gênicas, porém permeados por uma expectativa reducionista de larga escala, têm sido disseminados e compreendidos pelos alunos que ingressam na graduação em Ciências Biológicas. Com a intenção de atingir os objetivos dessa pesquisa surge como pergunta: quais valores estão expressos na percepção desses alunos em relação às pesquisas pós-genômicas, e logo em relação à ciência?

Procedimentos Metodológicos

Na busca pela evidenciação de compreensões sobre as percepções desses acadêmicos em relação ao fenômeno que investigávamos realizamos diversas entrevistas.

Essa coleta de dados ocorreu no mês maio de 2012, envolvendo alunos do primeiro ano de um curso de graduação em Ciências Biológicas de uma instituição de ensino superior no estado do Paraná. Vale lembrar que, os alunos depoentes são recém-ingressantes na graduação em Ciências Biológicas (a coleta foi realizada no primeiro semestre do ano letivo).

Participaram deste movimento investigativo 12 alunos desta turma de primeiro ano. Todos os participantes foram conscientizados de que estavam participando de uma pesquisa. Para tanto, foi coletado o termo de consentimento de todos os envolvidos, cujas identidades foram mantidas em sigilo. Neste artigo esses depoentes estão relacionados aos números de 1 a 12.

A realização de entrevistas semi-estruturadas mostrou-se um procedimento pertinente para a coleta de dados, uma vez que permitiu flexibilização no percurso das entrevistas, possibilitando intervenções que contribuíram e enriqueceram as discussões.

Para tanto, nesta análise qualitativa dos discursos, buscou-se por sentidos implícitos nos pronunciamentos dos entrevistados, procurando identificar as influências de concepções que norteiam sua visão científica sobre as pesquisas pós-genômicas.

A seguir descrevemos as questões elaboradas para as entrevistas, contudo indicamos que elas mapeiam um roteiro a ser seguido e não foram consideradas como uma sabatina ao depoente, por isso, semi-estruturadas:

1) *Entre os aspectos responsáveis por uma doença, quais você acredita terem mais influência: os fatores hereditários, ambientais, estilo de vida, entre outros?*

2) *Pesquisas têm se preocupado em identificar genes responsáveis para a predisposição genética de determinadas doenças. Entre tais estão os genes BRAC1 e BRAC2 relacionados à possibilidade de ter câncer de mama, entre outros, os genes que aumentam riscos de câncer de pulmão (vide <<http://www.isaude.net/pt-BR/noticia/15760/ciencia-e-tecnologia/identificado-genes-que-aumentam-risco-de-cancer-de-pulmao-e-vontade-de-fumar>> Acesso em: 9 jul. 2011):*

a) *Caso tivesse acesso a esses exames você os realizaria?*

b) *E quanto à cirurgia, você faria uma cirurgia como medida preventiva (profilática), caso soubesse que possuísse genes responsáveis pela predisposição em ter um tipo de câncer? Por quê?*

A Fenomenologia foi assumida para a análise dos discursos desses depoentes como um suporte metodológico, viabilizando o acesso aos sentidos estabelecidos nas produções discursivas dos entrevistados. Para a Fenomenologia a essência objetivada não é um conteúdo conceitual, passível de definição, mas uma significação da essência existencial, que como tal deve ser descrita (MARTINS, 1992). Desse modo, na pesquisa fenomenológica tem-se por objetivo compreender os significados que os sujeitos atribuem à sua experiência vivida, significados esses que se revelam a partir das descrições realizadas por esses sujeitos.

Apresentação e Discussão de Ideias e Concepções

Na perspectiva da Análise Fenomenológica, acontecem três momentos durante o processo de Análise, denominados por *descrição*, *redução* e *compreensão* (MARTINS, 1992). Para tanto, ao longo desse movimento analítico aconteceram *reduções* fenomenológicas após cada questão, em que foram destacadas reduções, ou seja, trechos dos discursos, denominados de *unidades de significado* em que apareceram evidências de concepções e de ideologias que norteiam a visão científica sobre as pesquisas pós-genômicas.

As unidades de significado observadas possibilitaram de maneira concomitante uma *compreensão ideográfica*, em que se buscou tornar visível a ideologia presente nos

relatos dos sujeitos, ou seja, a representação do entrevistado em sua essência. Em continuidade a esses procedimentos, foi possível construir categorias em que os discursos pudessem ser acomodados, e nas quais era possível evidenciar valores científicos pautados na linearidade, na ruptura ou em transição com relação ao que pensavam os depoentes a respeito das pesquisas atuais quanto à compreensão e aos desdobramentos perante o material genético.

Essa trajetória fenomenológica propiciou com base nas divergências e convergências expressas pelas *unidades de significado*, uma *compreensão nomotética* geral dos discursos. Cabe destacar que, os discursos dos entrevistados foram analisados com base nas respostas dadas para as questões que nortearam a entrevista, levando em consideração os conceitos empregados e também as concepções implícitas em seus discursos.

Entre os discursos buscaram-se identificar os valores em relação à ciência e a produção do conhecimento genético na era pós-genômica. Para tanto, surgiram categorias e subcategorias pautadas em alguns momentos por uma ciência salvacionista e ingênua, ao passo que em outros momentos apareceram visões pautadas na noção de uma possível complexidade envolvida na compreensão das produções científicas contemporâneas.

Inicialmente os entrevistados foram questionados sobre o conhecimento que possuíam em relação às doenças genéticas e os aspectos que acreditavam serem preponderantes para o desenvolvimento de uma doença: fatores hereditários ou ambientais (estilo de vida, entre outros) O motivo pelo qual essa questão foi inserida na pesquisa se justificou no fato de que, um dos ramos contemporâneos de estudos da biologia molecular é a epigenética, uma vez que os estudos a partir dos resultados do PGH revelarem microambientes como silenciadores ou ativadores de doenças (BURBANO, 2006).

Dentre os depoimentos apresentados pelos acadêmicos para essa interpelação, destacamos alguns:

Acredito muito mais na pré-disposição genética do que nas interferências do ambiente. [...]. Sabe é lá no DNA que estão nossas características, **está no gene e não dá para negar isso.** (ENTREVISTA 5, grifo nosso)

Eu acredito no aspecto hereditário, porque, por exemplo, minha família é gordinha, alguns até obesos. Então, eu me cuido, porque a chance deu ser obesa é grande. (ENTREVISTA 7, grifo nosso)

Ambos têm grande influência, mas a meu ver, os fatores hereditários têm mais, pois estes não podem ser **mudados ou retirados**, já o estilo de vida pode sim ser tranquilamente mudado. (ENTREVISTA 8, grifo nosso)

As hereditárias porque a expressão genética ocorre via gene. (ENTREVISTA 11, grifo nosso)

Nesses discursos descritos pode-se perceber, principalmente, nos trechos negritados a presença de uma crença genética bem pontual, em que a escolha do entrevistado como fator preponderante está o gene, o material genético. Para tanto, interpreta-se aqui nos discursos valores deterministas quanto ao gene, de modo que, essas unidades de significado ficam classificadas neste trabalho na subcategoria *Determinismo Genético*.

Ressalta-se que o *Determinismo Genético* mostra-se como uma subcategoria, uma vez que, trata-se de uma manifestação em relação a um episódio da ciência, no caso produções pós-genômicas. Todavia, tais produções estão arraigadas por valores em relação à ciência de modo geral. No caso o *Determinismo Genético* é uma manifestação subcategórica do que seria um reducionismo em relação à ciência, pautado em uma crença ingênua em relação à ciência e suas produções, o que se desencadeia por sua vez, em uma visão salvacionista sobre a ciência. Para tanto, o *Determinismo Genético* trata-se de uma subcategoria do que será denominado ao longo desse artigo da categoria *Reduccionismo Científico*.

Vale comentar que, alguns autores veem nessas percepções uma visão determinista genética, ao alocar ao gene um poder que o lança como algo estritamente definitivo em ações sob nenhuma pena de interações. Para Lewontin, Rose & Kamin (1985), esse determinismo seria um caso específico de reducionismo:

As vidas e ações humanas são consequências inevitáveis das propriedades bioquímicas das células que compõem o indivíduo; e essas características, por seu turno, são determinadas de modo único pelos constituintes dos genes presentes em cada indivíduo. **Os deterministas sustentam, portanto, que a natureza humana está fixada pelos nossos genes.** (LEWONTIN, ROSE & KAMIN, 1985, p. 6, grifo nosso)

Esses valores deterministas ainda aparecem nos discursos contemporâneos, porém como ecos distantes, e até mencionados por autores como Leite (2007), de um reducionismo envergonhado, uma vez que, tais valores ficaram abalados perante os resultados genômicos e os rumos apontados pela *biologia de sistemas* voltada para a

noção de que o gene não seria uma entidade dominante, mas sim, amplamente passível de interações, podendo permanecer inalterado, entretanto, revelando expressões fenotípicas contraditórias perante um olhar científico reducionista. Nesse prisma entende-se que diversos fatores interagem com o material genético fazendo com que em vários momentos o gene represente um papel muito mais de figurante do que de protagonista para a compreensão das expressões gênicas e terapêuticas para doenças.

Entre os entrevistados apareceram também discursos voltados para a crença no ambiente como desencadeador:

Já ouvi falar que muitas doenças que temos são herdadas pelos pais. [...]. **Mas acredito que os aspectos ambientais sejam mais influentes**, porque o modo de vida mudou muito com o passar dos anos e algumas doenças parecem ter ficado mais frequentes. (ENTREVISTA 1, grifo nosso)

Ah sei que pessoas que tem pré-disposição genética para doenças são pessoas que tem em seu material genético algo que facilite o desenvolvimento de alguma doença. [...]. **Mas acredito que o estilo de vida seja o gatilho para a expressão dessas características**. (ENTREVISTA 2, grifo nosso)

Acredito nos fatores ambientais como um fator mais forte para desencadear doenças, por exemplo, o consumo de cigarro, o estresse e sedentarismo. (ENTREVISTA 9, grifo nosso)

Com certeza os fatores ambientais, pois a pessoa até pode possuir alguns genes para uma doença, mas é através do ambiente que esta doença pode vir a se desenvolver ou não. (ENTREVISTA 10, grifo nosso)

Nos discursos anteriores aparece uma escolha em relação ao ambiente como fator de seleção para desencadear uma doença. Todavia, de acordo com autores do discurso como Authier-Revuz (1982), existem nas falas os denominados “ecos de memória” que permitem que as pessoas transmitam um discurso de que se apropriam como uma opção discursiva, porém não intencional, ou seja, não elaborado por si só debaixo de um crivo crítico, mas de modo determinado. Nesse caso, o que ocorreu com esses entrevistados foi uma apropriação de um discurso pronto em voga. Para tanto, essa escolha realizada por eles pelo ambiente como fator para o desenvolvimento de doenças, pode representar não uma ruptura dele com as “malhas reducionistas” (LEITE, 2007), mas sim um deslocamento de poder entre os ingredientes dos estudos genéticos.

O que se percebe é que emana um processo dicotômico, o que para os estudiosos do discurso como Foucault (1987) significa que o sujeito tem a ilusão de ser dono do

seu discurso e de ter controle sobre ele, porém não percebe estar dentro de um fluxo, haja vista que todo o discurso já foi dito antes, o que aparece são vozes de vários discursos em um único discurso.

Quanto às questões epistemológicas parece haver ainda um reducionismo, contudo deslocado do determinismo genético para um determinismo ambiental. Keller (2005) aponta para situações como essa um reducionismo de larga escala. Para tanto, os discursos destacados anteriormente apesar de optarem pela interferência ambiental como aspecto desencadeante para a expressão de doenças sem considerar a interação deste aspecto com o fator genético, não podem ser classificados como um discurso direcionado pela categoria de *Ciência Complexa* e subcategoria *Biologia de Sistemas e Redes*. Tal afirmação se justifica pelo fato de que os discursos estão imbuídos por um misto de valores relacionados à noção de complexidade envolvida nesse conhecimento científico, quanto se utiliza de noções ainda deterministas.

A categoria *Ciência Complexa* está direcionada aos discursos que apresentem a ideia de uma ciência rica em ingredientes que interagem ao longo de sua construção. Desse modo, quanto aos conhecimentos pós-genômicos, desdobra-se na subcategoria *Biologia de Sistemas e Redes*, observados em discursos que se direcionam para a noção de que seja necessário considerar vários ingredientes interagindo para a expressão do material genético e possíveis doenças.

Os discursos supracitados acomodam-se na categoria *Reduccionismo Científico* e subcategoria discursiva *Reduccionismo de Larga Escala*. O reducionismo de larga escala está acoplado às unidades de significado que demonstrar haver a presença de uma dualidade entre valores voltados à complexidade e ao reducionismo. Na genética isso é evidenciado em pesquisas pós-genômicas que se utiliza de um discurso baseado nas noções de sistemas e redes envolvidos no gene, porém com objetivos de pesquisa um tanto deterministas, como catalogação de genes, entre outros exemplos. Trata-se de uma pseudocomplexidade.

No que se refere às unidades de significado, cabe destacar que apareceram também discursos imbuídos pelas perspectivas genéticas e ambientais simultaneamente, como podemos observar nos relatos apresentados a seguir:

Sei que se trata de doenças passadas de pai para filho e que isso aumenta muito a chance de ter uma doença. **Creio que são inúmeros fatores que interagem, mas um dos mais fortes seria o hereditário**, pois o indivíduo já possui ma certa carga da doença, ou seja, as chances de se obter a doença são maiores. Mesmo **assim o ambiente**

influencia significativamente podendo agravar mais a doença. (ENTREVISTA 3)

Comenta-se que algumas doenças como a diabetes, a hipertensão e o câncer **são de caráter hereditário**. Então que passa de pai para filho por conta da hereditariedade. Mas eu acredito que **os fatores ambientais sejam desencadeantes** para essas doenças. (ENTREVISTA 4, grifo nosso)

Vejo o ambiente apenas como um coadjuvante, porque a pré-disposição é fator preponderante para desenvolver a doença. Agora, entendo que saber antes possibilita ter ações que contribuam para desenvolvermos ou não uma doença. (ENTREVISTA 6, grifo nosso)

Os dois, mas no caso da hereditariedade não tem como fugir, apenas tratar-se para que não cresçam e evoluam as doenças. Quanto aos fatores ambientais o que podemos é nos prevenir e cuidar de nossa saúde. Portanto, o fator ambiental tem um caráter de livre escolha, enquanto o material genético está lá já determinado, né! (ENTREVISTA 12, grifo nosso)

Nesses discursos aparecem curiosamente o aspecto genético e o ambiental ao mesmo tempo. Porém, percebe-se durante a evidenciação das unidades de significado uma luta constante do depoente em realizar uma escolha entre fatores genéticos e ambientais, o que confirma a ideia de que existe um pensamento maniqueísta e dicotômico herdado pela modernidade, em que por sua vez, desenvolvem-se deslocamentos de poderes até na interpretação de cenários genéticos e bioquímicos (FOUCAULT, 1987).

Autores como Oyama (2000) sinalizam que existe uma dicotomia representada por genes e ambientes no cenário pós-genômico, o que por sua vez revela que, ora se expressa na subcategoria *Determinismo Genético*, ora uma passividade em relação ao comportamento no sentido de ambiente, revelando agora uma subcategoria denominada de *Determinismo Ambiental*. A autora descarta tanto a doutrina determinista genética quanto seu oposto simétrico referido por ela como behaviorismo:

Uma das consequências de dotar o gene com esses poderes subjetivos é que nossas ideias de liberdade e possibilidade, nunca muito claras, tornam-se ainda mais turvas. Nossa liberdade parece ser ameaçada por coisas que são feitas conosco e afirmada por coisas que nós fazemos; genes como sujeitos nos tornam objetos, justamente como os estímulos dos behavioristas. O determinismo genético é frequentemente criticado por nos transformar em robôs impelidos de lá para cá por forças biológicas, enquanto a ênfase behaviorista no controle do estímulo tem sido frequentemente denunciada por nos tornar passivos, objetos meramente reativos de forças ambientais. Esse

ataque em dois fronts contra a autonomia deve nos fazer parar para pensar, especialmente quando nos dizem que isso é tudo o que há: apenas o ambiente. (OYAMA, 2000, p. 90-91)

Na sequência os acadêmicos participantes da investigação foram questionados sobre a realização de exames para identificar a presença de genes responsáveis pela predisposição de certas doenças, e ainda se realizariam cirurgia como medida profilática caso soubessem ter alguma disposição genética. Em caráter ilustrativo foi comentado sobre as pesquisas que têm se preocupado em identificar genes responsáveis para a predisposição genética de determinadas doenças, como os genes BRAC1 e BRAC2 relacionados à possibilidade de ter câncer de mama, bem como outros exemplos, como os genes que aumentam riscos de câncer de pulmão. Após a leitura e interpretação de todos os depoimentos, para esta questão surgiu apenas uma unidade de significado com duas negativas pelo entrevistado nº 10 que mencionou que “não faria o exame e nem a cirurgia, porque preferiria não ficar sabendo”.

Contudo, em virtude da acomodação em categorias dos depoimentos dos demais acadêmicos surgiram dois grupos. O primeiro grupo acomoda os entrevistados que mencionaram que fariam o exame para saber sobre a portabilidade dos genes causadores do câncer, no entanto disseram que não fariam uma cirurgia como medida profilática para um câncer que ainda não em virtude da acomodação em categorias dos depoimentos dos demais acadêmicos:

Eu faria o exame para me prevenir. Mas não faria a cirurgia, **porque talvez a doença nem se manifestasse.** (ENTREVISTA 1, grifo nosso)

Eu faria o exame, mas como não teria certeza que a doença se desenvolveria não faria uma cirurgia. **Acredito que o estilo de vida tenha mais poder para manifestar a doença.** (ENTREVISTA 2, grifo nosso)

Cabe lembrar que os entrevistados acima se posicionaram na questão anterior de modo semelhante revelando acreditar que o estilo de vida e os aspectos ambientais de modo geral interagem com o gene para expressar uma característica ou doença. Contribuindo para essa visão Moore (2002) afirma que:

Lembre-se: como as características são construídas por cooperações gene-ambiente durante o tempo de vida de um indivíduo, o que precisa se tornar disponível para a prole, para que possa desenvolver as características adaptativas de seus ancestrais, **são tanto os fatores genéticos quanto os fatores ambientais que levaram seus ancestrais a desenvolver essas características, antes de mais nada.**

Somente desse modo pode a prole desenvolver as próprias características adaptativas. (MOORE, 2002, p. 173, grifo nosso)

Com relação a esta mesma questão algumas das manifestações dos depoentes foram acomodadas em outro grupo, cujas unidades de significado revelaram, por sua vez, duas afirmativas, mencionando que fariam tanto o exame quanto uma possível cirurgia como medida profilática:

Faria o exame e a cirurgia também. Porque seria menos arriscado do que correr o risco da doença se desenvolver. Agora, desde que a cirurgia não afetasse minha rotina de vida. (ENTREVISTA 3)

Ah, faria tanto o exame quanto a cirurgia, porque o câncer é uma doença muito destrutiva e minha família já teve vários casos. Por isso acho melhor prevenir do que remediar. (ENTREVISTA 4)

Eu faria o exame e até a cirurgia sabendo que poderia ter a doença. Mas **esperaria um tempo para ver se alguma técnica de tratamento iria aparecer.** (ENTREVISTA 5, grifo nosso)

Eu faria o exame e a cirurgia para evitar o risco. (ENTREVISTA 6)

Faria o exame para e até a cirurgia para não ter a doença. (ENTREVISTA 7)

Provavelmente faria o exame caso houvesse algum caso destes cânceres na família para saber se herdei o gene causador e ficar ciente do que poderia ter no futuro. Sabendo que a chance de desenvolver a doença em alguns cânceres para até 70% por ter o gene faria a cirurgia e não iria creditar apenas ao ambiente. (ENTREVISTA 8, grifo nosso)

Eu faria o exame para me prevenir e a cirurgia por acreditar não ter ainda um tratamento eficaz. (ENTREVISTA 9)

Eu faria o exame e no caso do câncer de mama fará também a cirurgia porque daria para inserir prótese e fazer **a reconstrução da mama**, agora eu não iria saber que tenho o gene e esperar para ver. (ENTREVISTA 11, grifo nosso)

Eu faria o exame e cirurgia. A saúde é o que mais importa para uma vida longa. Por isso entre vaidade e vida saudável escolheria a vida, até porque tem cirurgias plásticas que poderiam solucionar um problema estético. (ENTREVISTA 12)

Para esta acomodação realizada a quantidade de acadêmicos que nela se enquadra representa 70 % da coleta, a que nos revela forte presença de uma crença maior para a determinação genética do que para a possibilidade de outros aspectos influenciando na expressão desses genes. O questionamento que prevalece nesse

momento é o seguinte: por que isso ocorre? E ainda: que valores revelam esse posicionamento?

Tais afirmações pautam-se na subcategoria discursiva *Determinismo Genético* e desvelam por sua vez, a presença de fortes valores cientificistas – pautados na crença ingênua em relação à ciência. Essa afirmação tem justificativa corroborada pela declaração do entrevistado nº 5 (grifo nosso) que ao mencionar que “faria o exame e até a cirurgia sabendo que poderia ter a doença. Mas **esperaria um tempo para ver se alguma técnica de tratamento iria aparecer**”, demonstra expectativas em relação à ciência, além de uma crença sem desconfiança na produção científica. Tais aspectos caracterizam outra categoria acoplada aqui mencionada como categoria *Reduccionismo Científico*, baseada na ideia de ciência neutra e linear.

Perante a questão levantada aos entrevistados e seus posicionamentos, cabe destacar que, no que diz respeito aos estudos sobre cirurgia profilática com relação ao exemplo do câncer de mama relacionado às mutações nos genes BRCA1 e BRCA2, as pesquisas moleculares demonstraram que mulheres com mutações nos genes BRCA1 e BRCA2 têm características clínicas e familiares distintas. Deste modo tais características são utilizadas como forma de seleção entre os indivíduos que se beneficiariam de um teste molecular para pesquisa de mutações nestes genes (CHLEBOWSKI, 2000; ALVARENGA *et al.*, 2003).

Estudos revelaram que mulheres com tais mutações apresentam 87% de chance de desenvolver carcinoma de mama e 40% a 60% de chance de desenvolver um carcinoma de ovário durante toda a vida. Ainda, 65% de chance de desenvolver um segundo carcinoma mamário se viverem até 70 anos (ALVARENGA *et al.*, 2003).

Os artigos empíricos da área possuem ainda fortes apelos reducionistas sugerindo a mastectomia bilateral profilática em pacientes com mutações do BRCA1 e do BRCA2 por reduzir os riscos dessa neoplasia. Contudo, alguns autores como Alvarenga e seus colaboradores (2003), sugerem que ainda serão necessários estudos prospectivos em vários centros para avaliar os benefícios da mastectomia bilateral profilática, bem como de outras cirurgias profiláticas. Outros autores destacam também a mudança de estilo de vida como um aspecto a ser considerado para esse silenciamento ou ativação gênica (CHLEBOWSKI, 2000).

Outra questão a ser considerada é o trauma da mutilação de parte do corpo, ainda mais, apenas como uma medida profilática para diminuir as chances de desenvolver uma anomalia a qual pode sequer nem ao menos se desenvolver. Observa-se que mesmo

de maneira intimista, esse aspecto passa pela mente dos entrevistado, haja vista que o entrevistado nº 11 (grifo nosso) menciona que faria a cirurgia “porque daria para inserir prótese e fazer a reconstrução da mama”. Ora, não restam dúvidas de que tais medidas revelam-se muito incisivas não apenas morfológicamente, mas traumática aos pacientes, por tratar-se da retirada de parte do corpo, o qual está na mira da resignificação da valorização social como modelo canônico (FONTES, 2006).

Contudo, observa-se entre os entrevistados uma razoável aceitação quanto à utilização dos produtos produzidos pela ciência, revelando a presença de uma tecnocracia científica, uma vez que, mesmo entre iniciantes de graduação tem-se na ciência uma aceitação acrítica em que não se questiona sua produção.

Literalmente, tem-se a presença do que Latour (2000) denomina de transformação de artefato em fato, haja vista que, em um momento a técnica feita não se a questiona mais, apenas a utiliza. Nesse caso, por trás dessa crença sem questionamentos está também imbuído o cientificismo por meio de um determinismo genético, pois a tecnologia está toda permeada pela crença da expressão direta entre genótipo e fenótipo.

Considerações

A história da produção científica genética revela a presença de imensas conquistas desde meados do século passado. Esse cenário, somado a herança de valores outorgados desde a modernidade, contribuiu para o desenvolvimento de projetos como o PGH e a busca incessante de compreender o ser humano por meio de uma ideia de decodificação gênica. Tais perspectivas geraram um determinismo associado ao mecanismo gênico.

No cenário genético, a partir da primeira década do século XXI surge uma mudança nesses aspectos, devido aos resultados inesperados em relação ao genoma, sinalizados nas pesquisas pós-genômicas pela apropriação da noção de redes complexas na compreensão dos processos de expressão gênica (KELLER, 2005; LEITE, 2007).

Na genética apresenta-se uma nova roupagem nas pesquisas intituladas como pós-genômicas. Contudo, para autores como Keller (2005), isto não seria nada do que talvez uma nova abordagem para uma mesma maneira ou método de se fazer pesquisa.

Esse cenário parece ser tecido também entre os acadêmicos. No que se refere aos valores imbuídos nos discursos dos acadêmicos, pode-se evidenciar a presença de um insistente determinismo, que em alguns momentos chega a dar espaço para uma visão

mais complexa, voltada à noção de redes de funcionamento para a compreensão da relação entre genes.

Essa transitoriedade entre os discursos foi retratada principalmente em relação à apropriação da produção científica, ou seja, em relação às produções científicas que poderiam alcançar os entrevistados como seres sociais e não apenas críticos da ciência. Esse deslocamento de valores em relação à ciência é compreensível, uma vez que, o fascínio pela possibilidade de utilização da produção de um conhecimento, desloca as pessoas de posicionamentos estanques. Ora, como não se apropriar da possibilidade de uma técnica como o teste pré-implante?

Contudo, esse cenário pós-genômico com suas produções e o alcance de possibilidades traz a baila vários questionamentos éticos e sociais envolvidos, uma vez que, acoplam pesquisas e os ingredientes dos cenários sociais. Para tanto, remete a necessidade de mais discussões sobre essas produções científicas, seus desdobramentos e limites dentro da academia e no ensino médio, de modo a não tornar tais técnicas científicas apenas como mais uma produção científica a ser apropriada pelo público leigo sem possibilidades de escolhas, discussões e conscientização de suas repercussões.

Foi possível identificar também essa transitoriedade nos acadêmicos em relação aos valores científicos sobre o material genético. Possivelmente isso se justifique entre outros fatores, pelo fato de que, a partir dos desdobramentos das pesquisas pós-genômicas, apareceram transitoriedades nos valores epistemológicos identificados nos discursos científicos desdobrados pelas divulgações midiáticas e recontextualizações acadêmicas.

Parece ainda perdurar valores deterministas, baseados em modelos cientificistas em várias pesquisas pós-genômicas, bem como nas recontextualizações midiáticas. Afinal, alguns projetos ainda possuem objetivos um tanto quanto cientificistas, utilizando-se de um híbrido entre noções de redes e visões deterministas em suas pesquisas (KELLER, 2005). Possivelmente, o cenário atual represente um período transitório entre a apropriação de visões deterministas e complexas nas pesquisas e nas recontextualizações acadêmicas, ou ainda represente nada menos do que a noção de que essa relação dicotômica entre modernidade e pós-modernidade fique na via do discurso.

Referências

ALVARENGA, M.; COTTA, A. C.; DUFLOTH, R.M; F.C. SCHMITT. Contribuição do patologista cirúrgico para o diagnóstico das síndromes do câncer hereditário e

avaliação dos tratamentos cirúrgicos profiláticos. **J. Bras. Patol. Med. Lab.**, v.39, n.2, p.167-177, 2003.

ANDERSON, V; JOHNSON, L. **Systems thinking basics**: from concepts to causal loops. Cambridge, MA: Pegasus Communications, 1997.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? **Ensaio**, v. 3, n.1, p. 1-13, 2001.

AUTHIER-REVUZ, J. Hétérogénéité montrée et hétérogénéité constitutive: éléments pour une approche de l'autre dans l'être. DRLAV – **Revue de Linguistique**, n. 26, p.91 – 15, 1982.

BASSI, C. L.; MELLO, S. S.; CARDOSO, R. S.; GODOY, P. D. V.; FACHIN, A. L.; JUNTA, C. M.; SANDRIN-GARCIA, P.; CARLOTTI, C. G.; FALCAO, R. P.; DONADI, E. A.; PASSOS, G. A. S.; SAKAMOTO-HOJO, E. T. Transcriptional changes in U343 MG-a glioblastoma cell line exposed to ionizing radiation. **HUMAN & EXPERIMENTAL TOXICOLOGY**, v. 27, n. 12, p. 919-929, 2008.

BURBANO, Héran A. Epigenetics and genetic determinism. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 13, n. 4, p. 851-63, 2006.

CHLEBOWSKI, R. T. Primary care: Reducing the risk of breast cancer. **N. Engl. J. Med**, v.343, n. 3, p. 191-198, 2000.

CORNISH-BOWDEN, A.; CARDENAS, M. L. Systems biology may work when we learn to understand the parts in terms of the whole. **Biochemical Society Transactions**, v. 33, n. 3, p. 516-519, 2005.

DAVIES, K. **Decifrando o genoma**: corrida para desvendar o DNA humano. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

DULBECCO R. A turning point in cancer research: sequencing the human genome. **Science**, v. 231, p.1055-56, 1986.

EL-HANI, C. N. **O Insustentável Peso dos Genes**. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal da Bahia – Salvador: FAGED-UFBA, 1995.

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

FONTES, M. Uma leitura do culto contemporâneo ao corpo. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 1, p. 117-136, 2006.

FOUCAULT, M. **Vigiar e Punir**: história da violência nas prisões. Petrópolis: Vozes, 1987.

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

- _____. The century beyond the gene. **Journal of Biosciences**, v. 30, n. 1, p. 3-10, 2005.
- KITANO, H. Systems Biology: A Brief Overview. **Science**, v. 295, n.5560, p. 1662-1664, 2002.
- LEITE, M. **Promessas do Genoma**. São Paulo: Editora UNESP, 2007.
- LATOUR, B. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: UNESP, 2000.
- LEVINS, R.; LEWONTIN, R. Dialectics and reductionism in ecology. **Synthese**, v. 43, n.1, p. 47-78, 1980.
- LEWONTIN, R.C; ROSE,S; KAMIN, L.J. **Not in our Genes**: Biology, Ideology, and Human Nature. New York: Pantheon Books, 1985.
- LYOTARD, J.F. **A condição pós-moderna**. Rio de Janeiro: José Olympio, 2006.
- MARTINS, J. **Um enfoque fenomenológico do currículo**: educação como poésis. São Paulo: Cortez, 1992.
- MOORE, D. S. **The Dependent Gene**: The Fallacy of “Nature vs. Nurture”. New York: Times Books, 2002.
- OYAMA, S. **The Ontogeny of Information**. Developmental Systems Evolution. Durham, EUA: Duke University Press, 2000.
- SCHWARZ, U. **Systems biology**, 2004. Disponível em: <http://www.mpikg-golm.mpg.de/th/people/schwarz/SystemsBiology/>. Acesso em: 16/07/2008.
- ROBERTS, L. Controversial from the start. **Science**, v. 291, n. 5507, p. 1182-1188, 2000.
- VENTER, G.; *et al.* The sequence of the human genome. **Science**, v.291, n.5507, p. 1304 – 1351, 2001.
- WATSON, J. D.; BERRY, A. **DNA**: o segredo da vida. São Paulo: Companhia das letras, 2005.
- WESTERMEIER, R. **Electrophoresis in practice**. Germany: VHC, 1997.
- WILKINS, M. R.; WILLIAMS, K. L.; APPEL, R. D.; HOCHSTRASSER, D. **Proteome research**: new frontiers in functional genomics. Germany: Springer-Verlag, 1997.
- WOLFFE, A. P.; MATZKE, M. A. Epigenetics: regulation through repression. **Science**, v. 286, n. 5439, p. 481-6, 1999.
- ZATZ, M. Projeto Genoma Humano e Ética. **São Paulo em Perspectiva**. São Paulo: v. 14, n. 3, p 47-52, 2000.