

VERÔNICA FREITAS DA SILVA

**INVESTIGANDO ESTRATÉGIAS E APORTES TEÓRICOS
PARA A APROPRIAÇÃO DO CONCEITO DE EXPRESSÃO
GÊNICA**

RECIFE, 2011

VERÔNICA FREITAS DA SILVA

**INVESTIGANDO ESTRATÉGIAS E APORTES TEÓRICOS
PARA A APROPRIAÇÃO DO CONCEITO DE EXPRESSÃO
GÊNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ensino das Ciências, área de concentração: Ensino de Biologia.

Orientadoras: Prof^a Dr^a Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão

Prof^a Dr^a Zélia Maria Soares Jófili

RECIFE, 2011

Ficha Catalográfica

S586i Silva, Verônica Freitas da
Investigando estratégias e aportes teóricos para a
apropriação do conceito de expressão gênica / Verônica
Freitas da Silva. -- Recife, 2011.
200 f. : il.

Orientador (a): Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão.
Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências)
– Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento
de Educação, Recife, 2011.
Referências.

1. Professores – Formação 2. Expressão gênica
3. Complexidade 4. Interações 5. Flexibilidade cognitiva
6. Conceitos – Formação I. Carneiro Leão, Ana Maria dos
Anjos,
Orientador II. Título

CDD 370

VERÔNICA FREITAS DA SILVA

**INVESTIGANDO ESTRATÉGIAS E APORTES TEÓRICOS
PARA A APROPRIAÇÃO DO CONCEITO DE EXPRESSÃO
GÊNICA**

Dissertação defendida em dependências do Departamento de Educação da UFRPE em 30/08/2011 e aprovada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Dra Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão
Orientadora – UFRPE

Dra Marília de França Rocha
Examinadora Externa – UPE

Dra Anna Paula Brito Avelar
Examinadora Interna – UFRPE

Dra Zélia Maria Soares Jófili
Examinadora Interna – UFRPE

Kleber, Isabel e Gabriel. Por tudo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, a Deus, por estar sempre comigo.

Aos meus pais, que a vida toda me incentivaram a buscar sempre mais, ensinando-me que a educação faz toda a diferença em nosso futuro.

À minha família, por todos os momentos subtraídos e a Kátia, pelo estímulo, correções e constantes contribuições.

À professora e Orientadora Ana Maria, por ter acreditado e assumido minha orientação sem pestanejar, compartilhando comigo sua preciosa sabedoria, tornando-se alguém muito querido e especial para mim. Nossas conversas foram muito preciosas, me proporcionaram crescimento sem igual.

À professora coorientadora Zélia, por toda a sua bondade, paciência, humanidade e incentivo, sempre disposta a ajudar e compartilhar seu conhecimento. Tornou-se inesquecível.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, por todas as contribuições e carinho.

À professora Marília, por caminhar inicialmente comigo, problematizando, sugerindo, estimulando, dividindo. Por tudo, muito obrigada.

À Alba, que esteve muito presente e pela amizade que nasceu no transcorrer da pesquisa. Palavras não podem expressar a pessoa maravilhosa que é, sentimos verdadeiramente no coração.

À Riso, pelas sugestões e conselhos, pelas discussões, pelo que compartilhou. Ensinou muito. Tornou-se essencial. Seu olhar abriu caminhos e novas perspectivas.

À Elizabeth, Fernanda, Adelmo, Pedro, Michele, Abreu, Anita e Katarina por se mostrarem sempre disponíveis, partilharem comigo da intervenção e contribuírem com todo empenho para o alcance do objetivo. Sem vocês a pesquisa não teria acontecido.

À Eleny, Fábio e Edvania, pela amizade e apoio em todos os momentos e a todos aqueles que participaram direta ou indiretamente desta conquista.

E se diz do Uno que é, e Uno, do ser que é uma unidade; e se não são idênticos o Ser e o Um, o Ser e o Uno pertencem àquilo mesmo que supusemos, a saber, o Um que É. Será então, forçoso constituir esse Uno que é, vindo a ser, justamente, suas partes tanto o Uno como o Ser?

Platão, Parmênides

RESUMO

O processo de ensino-aprendizagem de conceitos abstratos constitui-se num grande obstáculo, tanto para os estudantes quanto para os educadores. Buscando analisar estratégias capazes de contribuir de maneira positiva com esta aprendizagem, a presente pesquisa buscou focar as contribuições do jogo didático enquanto alternativa metodológica e instrumento rico em signos passíveis de interagir com a estrutura cognitiva dos sujeitos. Espera-se favorecer a construção do conceito de expressão gênica numa perspectiva sistêmica e o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva. Foram sujeitos desta pesquisa nove professores, licenciados e bachareis em Ciências Biológicas, dos quais sete (7) ingressos e dois (2) egressos de um programa de pós-graduação *stricto sensu*. Tomando como base a Teoria Histórico-Cultural de Vigotski (as interações e a mediação) e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva, proposta por Spiro e colaboradores, nosso estudo envolveu a construção de um jogo de dominó (*Dominando a Expressão Gênica*), cuja aplicação foi dividida em três etapas em uma sequência de atividades. Os resultados apontaram significância na articulação entre uma proposta lúdica, pautada nas interações sociais, como mediadora de uma construção inter e intrapessoal, a partir de preceitos da Teoria da Flexibilidade Cognitiva, contribuindo para a formação de conceitos da genética em uma perspectiva sistêmica.

Palavras-chave: mediação, formação de conceitos, interações sociais, flexibilidade cognitiva, perspectiva sistêmica, expressão gênica.

ABSTRACT

The process of teaching and learning of abstract concepts constitutes a major obstacle for both the students and for educators. Seeking to analyze strategies that can positively contribute to this learning, this study aimed to analyze the contributions of the game while teaching methodological alternative instrument rich in signs and likely to interact with the cognitive structure of the subject. Expected to favor the construction of the concept of gene expression in a systemic perspective and the development of cognitive flexibility. The subjects of this study nine teachers, graduates and bachelors in Biological Sciences, of which seven (7) tickets and two (2) graduates of a program of post-graduate studies. Based on the Historic-Cultural Theory of Vygotsky (interactions and mediation) and Cognitive Flexibility Theory, proposed by Spiro and colleagues, our study involved the construction of a domino game (Mastering the Gene Expression), whose implementation has been divided into three steps in a sequence of activities. The results showed significance in the interaction between a playful proposal, based on social interactions as a mediator of inter-and intrapersonal construction, from the precepts of Cognitive Flexibility Theory, contributing to the formation of concepts of genetics in a systemic perspective.

Key Words: mediation, concept formation, social interactions, cognitive flexibility, systems perspective, gene expression.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fenilalamina hidroxilase	55
Figura 2 – Metabolismo da fenilalamina	56
Figura 3 – Comparação das rotas do metabolismo de fenilalamina entre indivíduos “normais” ou fenilcetonúricos	57
Figura 4 – Transmissão do alelo recessivo da fenilcetonúria	57
Figura 5 – Cromossomo 11	60
Figura 6 – Formação de uma hemoglobina normal	61
Figura 7 – Transmissão dos alelos para anemia falciforme	62
Figura 8 – Hemácias falcêmicas	63
Figura 9 – Hemácias normais e falcêmicas na circulação sanguínea	64
Figura 10 – Metabolismo da insulina no organismo	66
Figura 11 – Cromossomo 6	68
Figura 12 – Estrutura da lactase	70
Figura 13 – Micrografia do intestino delgado	70
Figura 14 – Normalidade e deficiência na atividade da lactase	72
Figura 15 – Desenvolvimento e instalação do câncer	73
Figura 16 – Predisposição genética ao câncer	74
Figura 17 – Cromossomo 13 e 17	75
Figura 18 – Mapa das interações do BRCA1 em diferentes eventos celulares ..	76
Figura 19 – Etapas vivenciadas na metodologia	82
Figura 20 – <i>Dominando a Expressão Gênica</i> (Kit)	84
Figura 21 – Cartas-descrição e Cartas-imagem	85
Figura 22 – Pedras de associação do jogo	87
Figura 23 – Cartas-objetivo	88
Figura 24 – Sequência de atividades durante a construção do jogo	89
Figura 25 – Etapas vivenciadas pelos grupos	93
Figura 26 – Fenocópias de Michael Jackson mimetizando o genótipo caucasiano	108
Figura 27 – Relação entre tema, casos e mini-casos na pesquisa	113
Figura 28 – Sequências das etapas da expressão gênica propostas pelos Grupos A e B	117
Figura 29 – Jogadas categorizadas como “Associação e conectores corretos” do Grupo A	129
Figura 30 – Jogadas do Grupo A categorizadas como “Associação e conectores corretos”	133
Figura 31 – Sequências de jogadas categorizadas como “Associações e conectores corretos” do Grupo A	133
Figura 32 – Jogadas Propostas pelo Grupo A categorizadas como “Associações e conectores corretos”	135
Figura 33 – Jogadas categorizadas como “Associações e conectores corretos” do Grupo B	136
Figura 34 – Jogadas do Grupo B categorizadas como “Associações e conectores corretos”	137
Figura 35 – Jogadas categorizadas como “Associação correta e conector incorreto” do Grupo A	138
Figura 36 – Sequência de jogadas do Grupo A categorizadas como	

“Associação e conector parcialmente Correto”	139
Figura 37 – Jogadas categorizadas como Associação parcialmente correta e conector Incorreto do Grupo A	140
Figura 38 – Jogadas categorizadas como Associação e conector Incorretos do Grupo A	143
Figura 39 – Sequências de jogadas categorizadas como “Associação incorreta e conector correto” do Grupo A.....	144
Figura 40 – Jogadas categorizadas como “Associação correta e conector parcialmente Correto para ambos os Grupos	145
Figura 41 – Sequências de jogadas do Grupo B categorizadas como “Associação correta sem conector”	146
Figura 42 – Jogadas de Identificação dos eventos da expressão gênica no Jogo	147
Figura 43 – Articulação entre os eventos da expressão gênica e o jogo	149
Figura 44 – Eventos da expressão gênica e sua relação no jogo	152
Figura 45 – Contextos selecionados pelos grupos A e B respectivamente	157
Figura 46 – Funcionalidade do jogo	162
Figura 47 – Resultados esperados a partir das hipóteses levantadas	177

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre casos, mini-casos e o conteúdo expressão gênica ...	39
Quadro 2 – Posicionamento científico frente aos conceitos abordados na pesquisa	52
Quadro 3 – Objetivos esperados para cada etapa do jogo <i>Dominando a Expressão Gênica</i>	85
Quadro 4 – Perfil dos participantes na amostragem.....	90
Quadro 5 – Organização dos grupos de trabalho	92
Quadro 6 – Sumário das associações estabelecidas na etapa 2 pelos grupos A e B	126
Quadro 7 – Relação da hierarquia proposta pelos sujeitos do grupo B	152
Quadro 8 – Comparação entre os resultados alcançados pelos grupos A e B ...	155

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA
AGRADECIMENTOS
LISTA DE FIGURAS
LISTA DE QUADROS
RESUMO
ABSTRACT

INTRODUÇÃO	15
Objetivos	18
CAPÍTULO I – A COMPLEXIDADE NA FORMAÇÃO DE CONCEITOS	23
1.1 O Pensamento Sistêmico na Formação de Conceitos Complexos da Biologia	22
1.2 Vigotski e a Mediação na Formação de Conceitos	26
1.3 A Importância da Flexibilidade Cognitiva (TFC) na Formação de Conceitos Sistêmicos	31
1.3.1 As Analogias	34
1.3.2 A Desconstrução	34
1.3.3 Os Casos	35
1.3.3.1 Travessias Temáticas	36
1.3.3.2 Os Mini-casos	37
1.4 O Jogo Mediando a Formação de Conceitos Sistêmicos	40
CAPÍTULO II – A VISÃO SISTÊMICA DA FORMAÇÃO DE CONCEITOS EM GENÉTICA	43
2.1 Caso 1: Fenilcetonúria	54
2.2 Caso 2: Anemia Falciforme	59
2.3 Caso 3: Diabetes Mellitus Tipo 1	64
2.4 Caso 4: Intolerância à Lactose	69
2.5 Caso 5: Câncer de Mama	72
2.6 Caso 6: Saúde e Bem-Estar	77
CAPÍTULO III – METODOLOGIA	81
3.1 A Construção do Jogo	82
3.2 Os Sujeitos de Pesquisa	89
3.3 Seqüência de Atividades	92
3.3.1 Materiais e Método	92
3.3.2 Aplicação do Jogo	94
3.3.2.1 A Relação Micro/Macro-Universo	95
3.4 Transcrição dos Registros e Análise dos Dados	95
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
4.1 Entendendo as Regras	99
4.2 A Relação Micro e Macro-Universos	111
4.2.1 O Jogo de Cartas	112
4.3 Dominando a Expressão Gênica	122
4.3.1 Articulação e Sobreposição dos Conceitos: O Jogo	123
4.3.1.1 Arranjos Propostos Pelos Grupos Durante as jogadas	125
4.3.1.2 Articulando os Conceitos Científicos	128
4.4 Contextualização	146
4.4.1 Estabelecendo jogadas de Associação entre os Eventos da	

Expressão Gênica e o Jogo	147
4.4.2 Aplicando Conceito aos Mini-Casos	156
4.5 As Interações Durante a Aplicação do Jogo Dominando a Expressão Gênica	161
4.5.1 A Importância de um Processo Mediado	163
4.5.2 Interações no Jogo	165
CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	179
6.1 Conclusão	182
REFERÊNCIAS	184
APÊNDICES	
Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	191
Apêndice B – Ficha Perfil do Professor	192
Apêndice C – Regras do <i>Dominando a Expressão Gênica</i>	193
Apêndice D – Conectores Disponibilizados no Jogo	196
Apêndice E – Validação do <i>Dominando a Expressão Gênica</i>	197

INTRODUÇÃO

O ensino-aprendizagem é uma preocupação contínua dos estudiosos da educação e da psicologia cognitiva. A formação de conceitos que se tornem úteis à vida dos aprendentes requer práticas pedagógicas diferenciadas, com foco à contextualização, assim, inúmeros documentos são publicados ao longo dos anos, com vistas a salientar as habilidades e competências necessárias à aprendizagem de conceitos na escola e aplicáveis à vida.

Apontamos para um número crescente de diretrizes disponíveis à consulta dos educadores, tentativas de estimular a articulação das situações de ensino a eventos que possam favorecer que os estudantes compreendam que aquilo que aprendem é verdadeiramente útil, tornando tais conceitos significativos. Entre estes documentos encontramos os PCN (BRASIL, 2000); PCN+ (BRASIL, 2006) e ainda, as OCEM (BRASIL, 2004), que sugerem a organização nas respectivas áreas do conhecimento, além das habilidades e competências essenciais a cada uma delas.

Nas diretrizes e parâmetros que organizam o ensino médio, a Biologia, a Física, a Química e a Matemática integram uma mesma área do conhecimento. São ciências que têm em comum a investigação da natureza e dos desenvolvimentos tecnológicos, compartilham linguagens para a representação e sistematização do conhecimento de fenômenos ou processos naturais e tecnológicos. As disciplinas desta área compõem a cultura científica e tecnológica que, como toda cultura humana, é resultado e instrumento da evolução social e econômica, na atualidade e ao longo da história (BRASIL, 2000; p. 23).

De acordo com este documento, dentre as competências docentes esperadas para o exercício do professor, encontramos:

[...] orientar e mediar o ensino para aprendizagem do aluno; comprometer-se com o sucesso da aprendizagem dos alunos; assumir e saber lidar com a diversidade existente entre os alunos; incentivar atividades de enriquecimento cultural; desenvolver práticas investigativas; elaborar e executar projetos para desenvolver conteúdos curriculares; utilizar novas metodologias, estratégias e materiais de apoio; desenvolver hábitos de colaboração e trabalho em equipe (BRASIL, 2004; p. 192).

Infelizmente, tais diretrizes salientam a necessidade, mas não apontam “caminhos” e fundamentos para se atingir os objetivos, ficando a prática cotidiana das salas de aula exclusivamente a cargo dos professores. Estes, por sua vez, geralmente não conseguem articular o conteúdo às habilidades e competências esperadas e isto acaba por se espelhar no processo de aprendizagem. Devido a esta situação

recorrente, encontramos, muitas vezes, estudantes que apresentam um conjunto de informações “soltas”, descontextualizadas e sem significação real, uma vez que, as dificuldades práticas para desenvolver estratégias didáticas que possibilitem uma compreensão contextualizada e sistêmica da Biologia persistem (CARNEIRO-LEÃO, 2009).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000) sinalizam para os desafios enfrentados pelos professores, e apontam para o fato de que:

O professor não aprende a criar situações didáticas eficazes nas quais sua área de conhecimento surja em contextos de interesse efetivo de seus estudantes. Sendo essa herança histórica, não há dúvida de que tais deficiências estão hoje dificultando o trabalho escolar e, portanto, demandam ações no próprio âmbito escolar, já que há consenso de que a formação é mais eficaz quando inserida na realidade em que o professor atua cotidianamente, como prática diária, e não à distância, em caráter eventual (BRASIL, 2004; p. 192).

Os problemas existem e são reconhecidos, porém, não há um avanço significativo na solução dos mesmos. Assim, os PCN sugerem que os desafios nos processos de ensino devem ser alvo de soluções propostas pela própria comunidade escolar. Este texto busca dialogar com os profissionais da educação, “tornando menor a distância entre a proposição das ideias e a sua execução” (BRASIL, 2006; p. 17).

As dificuldades se devem à fragmentação imposta pela grade curricular, na qual os conceitos são ensinados por “partes”, que parecem não se conectar entre si. Sob esse prisma, a Biologia vem ocupando posição de destaque, uma vez que faz parte do cotidiano das pessoas. Sendo seus conceitos fundamentados em situações reais, requer abstração por parte do estudante para que seja possível alcançar uma sólida compreensão e conseqüentemente a formação do conhecimento.

Apesar de tantas sugestões acerca do estabelecimento de conexões, identificando as relações que tornam os conceitos aproximados:

[...] no aspecto cognitivo persistem lacunas entre as diferentes áreas conceituais da Biologia que dificultam ao educando perceber que está diante de uma única realidade, que é o estudo da vida. Uma conseqüência disso é que os professores, nos diferentes níveis de escolaridade, enfatizam um ensino voltado para a memorização de estruturas e processos em detrimento de uma real compreensão dos conceitos biológicos, só possível de ser desenvolvida por meio de uma abordagem sistêmica de ensino. (CARNEIRO-LEÃO *et al.*, 2009; p. 197).

E ainda:

Os problemas relacionados ao ensino da Biologia comportam uma complexidade intrínseca que é a inseparabilidade do ser humano como ente natural e, ao mesmo tempo, social. A disciplinaridade, baseada na visão cartesiana, que fragmenta a realidade para poder conhecê-la (análise) e pressupõe que a junção de suas partes corresponda ao todo fragmentado (síntese), não parece ser adequada para dar as respostas aos grandes problemas da Biologia (id.; p. 199).

Sob este ponto de vista, refletimos sobre a necessidade de propiciar transformações necessárias a uma mudança de paradigma e, conseqüentemente, da prática pedagógica do professor, principalmente quando os conteúdos passíveis de abordagem, abstratos por natureza, estiverem intimamente relacionados com o real, não o imaginário. Frente a este aspecto, salientamos os conceitos relacionados ao ensino da Genética, que abordam aspectos relacionados à manutenção e perpetuação das espécies, numa relação íntima entre os macro e micro-universos, como no caso dos alelos, genes, expressões, supressões, genótipo, DNA, RNA, características dominantes e recessivas, fenótipo, e, ainda, conceitos articulados a hereditariedade e probabilidade, entre outros (PEREIRA, 2008).

Em nossas salas de aula, quando se ensina Genética, busca-se familiarizar os estudantes com os diferentes códigos apresentados por esta disciplina, além de seus métodos experimentais, porém, geralmente se estaciona por aí. Não se busca contextualizar tais códigos com os fenômenos que mantêm os organismos vivos, com a hereditariedade, com a evolução, de maneira contextualizada. Mantém-se o ensino literalmente instrumental, ou seja, baseado em descrições, em testes (BRASIL, 2000; 2006).

Diversas pesquisas vêm apontando para dificuldades na compreensão e articulação dos conceitos que fundamentam esta ciência, oriundas de uma metodologia de ensino reducionista e descontextualizada, que favorece a formação de concepções simplificadas que desconsideram as relações entre as partes e o todo, fragmentando de tal forma a visão, que os conteúdos estudados desarticulam-se da realidade vivida. Os processos, então, se limitam a reproduzir situações de aprendizagem que não contribuem a aprendizagem conceitual, uma vez que permanecem “presos” a uma metodologia de ensino tradicional, preocupando-se em chegar às respostas, sem analisar a situação sob diferentes focos ou pontos de vista (PEREIRA, 2008).

Com tantas dificuldades aparentes, o que se poderia fazer? Construir propostas inovadoras e articuladas, que estimulem e inquietem os estudantes de modo que estes busquem solucionar a situação que ora se apresente. Tal perspectiva baseia-se nas tendências de contextualização de situações que apresentem relevância para que os alunos ampliem seus conhecimentos, inserindo-os em sua realidade, pois, se considerarmos a realidade dos estudantes como o ponto de partida, “o ensino da Biologia fará sentido” e assim, “a compreensão dos processos e fenômenos biológicos será possível e efetiva” (BRASIL, 2006; p. 34).

Considerando o uso de jogos nas salas de aula como situações didáticas inovadoras, nos questionamos: *se o lúdico favorece a aprendizagem, seria o jogo um instrumento capaz de possibilitar, através das interações com signos, articulação e sobreposição de conceitos básicos da genética, a compreensão sistêmica da expressão gênica e sua aplicação a outras situações?*

Nesta linha de pensamento, apontamos para a importância do contexto em que se dá a aprendizagem e assim, desenvolvemos e aplicamos um jogo de dominó focando a articulação e sobreposição de conceitos envolvendo os eventos responsáveis pelo fenômeno da expressão gênica. Este jogo fundamenta-se em três vertentes: 1, o jogo como instrumento mediador da formação de conceitos numa perspectiva sistêmica, 2, o jogo como mediador das interações entre os pares, e, por fim, 3, o jogo como articulador de conceitos numa perspectiva sistêmica estimulando a flexibilidade cognitiva.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Investigar o potencial de um jogo educativo em diagnosticar lacunas conceituais e mediar a compreensão sistêmica do conceito de expressão gênica de forma a favorecer a aplicação deste conceito em outras situações.

Objetivos Específicos

- Construir e validar o jogo *Dominando a Expressão Gênica* como instrumento mediador da formação de conceitos;

- Identificar, a partir das interações estabelecidas entre os pares, se a perspectiva presente nas concepções dos sujeitos é linear ou sistêmica;
- Identificar a formação conceitual prévia dos sujeitos frente aos conceitos básicos da Genética e afins, numa perspectiva do micro ao macro-universos;
- Avaliar a evolução das jogadas a partir do estabelecimento de associações entre palavra-conceito-imagem tendo como base as negociações e argumentações durante a partida;
- Analisar a funcionalidade do jogo *Dominando a Expressão Gênica*.

Este trabalho foi estruturado da seguinte maneira: o Capítulo 1 aborda a fundamentação teórica em relação à formação de conceitos complexos da Biologia numa abordagem lúdica, baseando-se nos preceitos da Teoria Histórico-Cultural (VIGOTSKI, 2002; 2006; 2007; 2009) - que ressaltam a importância das interações sociais e das mediações - e da Flexibilidade Cognitiva (SPIRO, 1988; SPIRO *et al.*, 1988; 1989; 1990; 1992). O Capítulo 2 trata dos conceitos específicos da Genética envolvidos com o fenômeno da expressão gênica, numa perspectiva sistêmica. O Capítulo 3 apresenta a metodologia da pesquisa, descrevendo sua sequência de atividades. O Capítulo 4 apresenta os resultados e discussão. Para finalizar apresentamos, no Capítulo 5, as considerações finais.

CAPÍTULO I – A COMPLEXIDADE NA FORMAÇÃO DE CONCEITOS

A busca constante por melhores estratégias para a aprendizagem de conceitos biológicos nos coloca frente a inúmeras questões: o que é Ciência? Como seu desenvolvimento vem ocorrendo ao longo da história? Como os saberes científicos são sistematizados na escola?

Durante anos a Ciência vem tentando explicar os fenômenos naturais partindo de diferentes pressupostos sejam estes indutivistas ou falsificacionistas, racionalistas ou objetivistas, ou ainda, anarquistas ou realistas (CHALMERS, 1993). Tais tentativas de esclarecimento culminaram em diferentes paradigmas, que vêm tentando explicar, sob diferentes pontos de vista, a natureza dos diversos fenômenos, sejam estes internos ou externos ao organismo.

A visão de mundo e o sistema de valores que estão na base da nossa cultura foram elaborados entre os séculos XVI e XVII, ou seja, entre os anos 1500 e 1700. Nesse período, podem ser percebidas mudanças drásticas na maneira de pensar e de descrever o mundo (CAPRA, 2006). A princípio, a visão predominante se encontrava pautada nas relações orgânicas da natureza com interdependência dos fenômenos espirituais e materiais. Esta visão foi substituída radicalmente pela visão mecanicista, na qual o mundo era comparado a uma máquina e a “máquina do mundo” converteu-se na metáfora dominante da modernidade.

Esse desenvolvimento foi ocasionado por mudanças revolucionárias na física e na astronomia, culminando nas realizações de Copérnico, Galileu e Newton. A ciência do século XVII baseou-se num novo método de investigação, defendido vigorosamente por Francis Bacon, o qual envolvia a descrição matemática da natureza e o método analítico de raciocínio concebido pelo gênio de Descartes. Reconhecendo o papel crucial dessas importantes mudanças, os historiadores chamaram os séculos XVI e XVII de “a Idade da Revolução Científica” (CAPRA, 2006; p. 51).

A Ciência do século XVII passou a usar uma descrição matemática, isto é, objetiva, considerando essencialmente a natureza dos corpos materiais (forma, quantidade e movimento), que podiam ser medidas e quantificadas. O som, a cor, o sabor e o odor eram considerados projeções mentais subjetivas e, portanto, deveriam ser excluídas do domínio da Ciência, pois nesta só poderia haver conhecimento certo, evidente e comprovado. Descartes (CAPRA, 2006; p. 53) afirmava que na Ciência “rejeitamos todo conhecimento que é meramente provável e consideramos que só

se deve acreditar naquelas coisas que são perfeitamente conhecidas e sobre as quais não pode haver dúvidas”.

A Ciência enquanto verdade absoluta fundamentou o paradigma cartesiano-linear, trazendo em sua natureza a certeza e a linguagem matemáticas. Este pensamento forneceu subsídios para a exploração dos ambientes naturais. Tornou-se o paradigma predominante da nossa cultura, a partir do momento em que Descartes estendeu a visão mecanicista aos organismos vivos, afirmando não reconhecer “qualquer diferença entre as máquinas feitas pelos artífices e os vários corpos que só a natureza é capaz de criar” (CAPRA, 2006; p. 56). Esta forma de pensamento influenciou de forma decisiva a dicotomização do conhecimento científico, estabelecendo o surgimento de duas grandes áreas para o ensino das Ciências: as ciências exatas e as ciências humanas.

Unificando a experimentação sistemática e a análise matemática, Isaac Newton (1643-1727) desenvolveu a metodologia para estudar as ciências naturais, sendo a física a base de todas as ciências (CAPRA, 2006). Desde então, esta perspectiva vem servindo de modelo para os sistemas educacionais de ensino e, conseqüentemente, para as suas práticas cotidianas. A Biologia passou, então, a pautar seu ensino em mecanismos celulares e moleculares bem descritos e definidos e, ao longo de trezentos anos, tem sido tarefa dos biólogos, médicos e psicólogos, descrever os mecanismos que compõem os organismos vivos. No entanto, enquanto estes se mantinham fundamentados na percepção reducionista, ignoraram inúmeros fatos e conseqüências, pois a adesão ao modelo cartesiano do corpo humano como um mecanismo de relógio impediu a compreensão de muitos processos (CAPRA, 2006).

O paradigma cartesiano-linear é ideal para lidar com situações que envolvem questões tecnológicas ou exatas, isto é, objetivas. Porém, não se mostra capaz de solucionar questões que envolvam subjetivismo, como emoções e sentimentos. Este paradigma é empirista e afirma que a realidade é única, logo, deve ser compreendida por todos da mesma maneira. Algumas características complementam a lógica linear e, dentre elas, podemos citar a causalidade simples, a coerência, a objetividade, a quantificação, o utilitarismo e o imediatismo. Sob a ótica cartesiana, as hipóteses formam bases para as percepções com o objetivo de

reforçar os dados levantados. Assim, tal paradigma se apresenta simplificador, excludente e fragmentador, sendo alvo de constantes questionamentos (CAPRA, 2006; MARIOTTI, 2007; 2008; 2010; SANTOS, 2009).

Em meados do século XX, a própria física, base histórica de todas as ciências, demonstrou de maneira efetiva que não existe verdade absoluta, mas que todos os conceitos são apenas aproximados e, desta maneira, limitados. Enfatizando mais as relações do que as entidades isoladas, a física se aproximou da teoria geral dos sistemas, indicando as relações observadas como dinâmicas. A partir de então, “lacunas” que levavam a incertezas diante de inúmeros fatos foram percebidas e assim, começou a se estruturar uma nova maneira de ver o mundo, uma nova visão (CAPRA, 2006).

A Biologia é uma área que precisa transitar continuamente entre elementos do micro ao macro-universo, o que requer abstração, dificultando a compreensão integrada de seus conteúdos. Em paralelo, a convivência com estratégias de ensino fragmentadas, com conteúdos independentes, nos levou a pensar o mundo por “pedaços”, de modo separado, prejudicando nossa capacidade de estabelecer articulações entre as coisas ou situações, dificultando, assim, a construção de um pensamento de processo, onde tudo está interligado, onde tudo interage.

A nova visão da realidade, de que vimos falando, baseia-se na consciência do estado de inter-relação e interdependência essencial de todos os fenômenos – físicos, biológicos, psicológicos, sociais e culturais. Essa visão transcende as atuais fronteiras disciplinares e conceituais [...] (CAPRA, 2006; p. 259).

Estabelecer relações entre as coisas é a essência do pensamento sistêmico. Através deste paradigma, podemos ser capazes de perceber como as partes se interligam estruturalmente, constituindo um sistema. É a organização do sistema que confere a identidade do conjunto, ou seja, a organização intra-específica é responsável pela determinação das características peculiares dos sistemas. Vale salientar, que mesmo que esta conformação seja alterada, enquanto as mudanças forem compatíveis, a identidade do sistema será mantida e que, embora aparentemente antagônicos, o pensamento sistêmico não é independente do linear, posto que ambos podem conviver de forma complementar (MARIOTTI, 2008).

A maneira sistêmica de perceber o mundo continua se disseminando e muitos dos envolvidos nos processos educativos estão modificando sua maneira de pensar e, conseqüentemente, de ensinar. Considerando-se a interdependência entre a sistemicidade e a linearidade, estrutura-se uma nova percepção: a complexidade. Este pensamento “deve operar a rotação da parte ao todo, do todo à parte, do molecular ao molar, do molar ao molecular, do objetivo ao sujeito, do sujeito ao objeto” (MORIN, 2001; p. 433).

A complexidade fundamenta-se na obra de diversos autores com aplicações em diferentes áreas do conhecimento, entre elas as ciências biológicas. Nesta perspectiva não há como fragmentar, reduzir, simplificar. Para Mariotti (2008), o pensamento complexo “corresponde à multiplicidade, ao entrelaçamento e à contínua interação da afinidade de sistemas e fenômenos que compõem o mundo natural. Os sistemas complexos estão dentro de nós e a recíproca é verdadeira”. Ainda segundo o autor, a complexidade só pode ser compreendida por um pensamento complexo, abrangente, que aceita e tenta entender as mudanças da realidade, sem negar a contradição, a multiplicidade, a aleatoriedade e a incerteza.

Em suma, o pensamento linear é pautado na “ordem”, onde cada coisa apresenta uma explicação lógica e na análise matemática; o sistêmico não é capaz de compreender esta ordem lógica sem estabelecer relações com “aquilo que o rodeia”, ou seja, com o ambiente – algo que pode ser entendido como um tipo de “desordem”, se interpretada como oposição ao pensamento linear. O pensamento complexo, por sua vez, é capaz de compreender a complexidade dos fatos, pois lida tanto com a “ordem” quanto com a “desordem”, pois não existe percepção apenas objetiva ou exclusivamente subjetiva. Em outras palavras, é necessária uma complementaridade entre a linearidade e a sistemicidade, entre o reducionismo e o holismo, entre a análise e a síntese para ser capaz de perceber a complexidade das coisas.

1.1 O Pensamento Sistêmico na Formação de Conceitos Complexos da Biologia

Os sistemas naturais são totalidades em que as estruturas específicas resultam de interações e interdependência de suas partes. Estes sistemas se encontram em

não-equilíbrio interno por estarem em constante transição, ou seja, interagindo continuamente, de forma simultânea, interdependente e dinâmica entre múltiplos componentes do meio. Este não-equilíbrio (ou equilíbrio dinâmico) é responsável pela auto-regulação orgânica e, conseqüentemente, pela sua estabilidade, o que mantém a estrutura global apesar de mudanças e substituições contínuas em seus componentes (CAPRA, 2006).

Qualquer conteúdo da Biologia pode ser estudado de maneira reducionista, porém, o processo no qual o mesmo está envolvido não será compreendido, uma vez que os alunos formarão conceitos de maneira sincrética. Pedrancini *et al.*, (2007) nos diz que

Quando um sujeito se apropria de uma palavra não significa que se apropriou do conceito que esta palavra expressa, ele pode utilizar o mesmo termo, por exemplo, material genético, porém com significados diferentes. Por isso, o ensino centrado em definições, muitas vezes, pode resultar numa pseudo-aprendizagem, uma vez que o aluno se apropriou da palavra, mas não necessariamente do conceito (PEDRANCINI *et al.*, 2007; p. 304).

Formar conceitos requer um grande exercício cognitivo e, por esse motivo, inúmeros pesquisadores tentam explicar os meios para se chegar a este fim. Estes estudos fundamentam cada vez mais propostas pedagógicas estimuladoras do pensamento, uma vez que para formar um conceito são necessárias operações de abstração e generalização de relações hierárquicas, inter-relações com diferentes níveis de organização, subordinação e supra-ordenação, expressos em princípios, leis e teorias (NUNEZ, 1998)

Na maioria das vezes, durante a aprendizagem de conteúdos, os estudantes partem de concepções próprias para que seja possível explicar o objeto de estudo. Tais concepções se constituem a partir das interações dos indivíduos com o real, ou seja, partem do concreto para o abstrato e se colocam opostamente aos conceitos científicos, que partem do abstrato para o concreto. Os conceitos são generalizações cuja origem encontra-se na palavra que, internalizada, se transforma em signo mediador, uma vez que todas as funções mentais superiores são processos mediatizados e os signos são meios usados para dominá-los e dirigi-los (VIGOTSKI, 2009).

Estas concepções próprias, numa proposta construtivista de ensino, certamente servirão como “alavancagem” para uma re-elaboração e, conseqüentemente, reformulação dos conceitos, pois uma vez mescladas a fatos e fundamentos contextualizados com a realidade, serão capazes de levar os aprendizes à reflexão e formação de conceitos científicos numa perspectiva sistêmica. Sobre esta relação entre os conceitos espontâneos e científicos, Vigotski (2009) nos diz que

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos – cabe pressupor – são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. Por um lado – assim devemos desenvolver as nossas hipóteses –, o desenvolvimento dos conceitos científicos deve apoiar-se forçosamente em um determinado nível de maturação dos conceitos espontâneos, que não podem ser indiferentes à formação de conceitos científicos simplesmente porque a experiência imediata nos ensina que o desenvolvimento dos conceitos científicos só se torna possível depois que os conceitos espontâneos da criança atingiram um nível próprio do início da idade escolar. (VIGOTSKI, 2009; p. 261).

Nesta perspectiva, podemos perceber que a formação de conceitos deve-se pautar naquilo que o estudante já sabe e direcioná-lo, a partir daí, para o que ele precisa saber. Em outras palavras, o aprendiz só será capaz de formar, por exemplo, o conceito de célula quando este, partindo da sua concepção de que “célula é a unidade morfo-fisiológica de todo ser vivo” for provocado e levado a refletir sobre “o onde, o como e o porquê”, de forma que sua concepção espontânea seja fortalecida, reformulada ou mesmo refutada, dando espaço para a consolidação de um conceito profundo, embasado e de processo, ou seja, sistêmico.

Segundo Carneiro-Leão *et al.*, (2010), o processo de formação de conceitos resulta de metodologias diferenciadas capazes de acionar mecanismos para uma aprendizagem efetiva. De acordo com as autoras:

A compreensão dos processos que resultam na formação de conceitos está relacionada aos mecanismos que o indivíduo é capaz de acionar diante de uma situação que exija o exercício de um trabalho mental. Significa entender quais são as relações necessárias para que se estabeleça uma dinâmica capaz de favorecer, de forma efetiva, a aprendizagem (CARNEIRO-LEÃO *et al.*, 2010; p. 2).

Na perspectiva sistêmica, estar vivo não é um estado, mas sim um fenômeno que depende da dinâmica dos organismos na manutenção da estabilidade. Esta estabilidade não é imposta pelo ambiente, mas sim pelas relações entre sistema e indivíduo. Isto reforça a ideia de que ambos se encontram em constante interação (CAPRA, 2006).

Neste contexto, acreditamos que para a formação de conceitos em consonância com o paradigma sistêmico, se faz necessária uma articulação entre diferentes teorias que possam servir de base para que o fenômeno, a partir de suas partes e sob diferentes contextos, seja profundamente compreendido. Nesta perspectiva, esta pesquisa encontrou fundamentos para uma proposta dinâmica, problematizadora e articuladora, nas Teorias Histórico-Cultural (VIGOTSKI, 2002) e da Flexibilidade Cognitiva (SPIRO, 1988; SPIRO *et al.*, 1989; 1992), mesclando-as através de um instrumento mediador: o jogo didático.

1.2 Vigotski e a Formação de Conceitos

Lev Semenovich Vigotski nasceu em Orsha, Bielo-Rússia em 1896. Advogado e filólogo, desenvolveu sua formação psicológica basicamente em Moscou, onde faleceu em 1934, aos 38 anos de idade. Em seus estudos, buscava identificar os mecanismos do desenvolvimento de processos psicológicos no indivíduo por meio da aquisição da experiência social e cultural, formulando, desta maneira, sua Teoria Histórico-Cultural (CAVALCANTI, 2005).

Para Vigotski, o ser humano é um ser biológico que se constroi, se reconstrói e se transforma historicamente no interior da cultura. Este ser é capaz de transformar o meio ambiente físico e cultural, que, ao mesmo tempo, tem a capacidade de transformá-lo num ser cultural e histórico, a partir da interação dialética com suas raízes biológicas. A relação existente entre sujeito e objeto, explicitada nesta teoria, não é a de interação, mas sim, dialética, contraditória e mediada semioticamente (CAVALCANTI, 2005; VIGOTSKI, 2007).

Para fundamentar sua pesquisa em formação de conceitos, Vigotski realizou estudos envolvendo crianças, adolescentes e adultos, comparando o desenvolvimento de conceitos espontâneos e científicos. A partir daí, Vigotski e seus colaboradores concluíram que a formação de conceitos está diretamente relacionada às etapas do desenvolvimento biológico do sujeito passando por três estágios de pensamento bem definidos: sincrético, complexo e conceito (PEDRANCINI *et al.*, 2011).

Em suas pesquisas, Vigotski apontou que no estágio do pensamento sincrético as informações na estrutura cognitiva são “soltas” e não apresentam conexões ou

estabelecimento de relações, pois resultam de “tentativas e erros”. Em outras palavras, há vínculos entre os elementos, mas estes vínculos não são baseados em fatos. No pensamento por complexos estão presentes generalizações, ordenação e sistematização, mas ainda não há a capacidade de abstração, que só pode ser alcançada no último estágio, quando o pensamento por conceitos está consolidado (VIGOTSKI, 2009).

Neste estágio, o conceito torna-se instrumento do pensamento do sujeito permitindo que este estabeleça combinações, generalizações, discriminações, abstrações, isolamentos, decomposições, análises e sínteses, fundamentais na formação de conceitos científicos e das capacidades psicológicas superiores (PEDRANCINI *et al.*, 2011).

De acordo com Vigotski, há diferenças entre o desenvolvimento dos seres primitivos, onde o pensamento era claramente baseado em complexos e o do desenvolvimento dos seres modernos, que desenvolvem seu pensamento por conceitos (VIGOTSKI, 2009), pois na modernidade, a mediação é fator determinante na evolução dos indivíduos, principalmente pela constante interação com a tecnologia (COSTAS *et al.*, 2011).

O aprender vai além das palavras e, para Vigotski, trata-se de um fenômeno social. O desenvolvimento está diretamente relacionado à internalização da cultura. É uma prática que necessita de contextualização e de mediação, uma vez que aquele que aprende não tem acesso direto ao objeto de estudo, mas sim, a um acesso mediado, por um adulto ou por um parceiro mais experiente. Vigotski chama de mediação a interação do homem com elementos (instrumentos) criados pelo próprio homem para facilitar sua sobrevivência.

Os instrumentos materiais podem ser diversos, por exemplo: um livro, uma música ou um jogo. Além destes instrumentos materiais, o homem criou ainda os psicológicos (os signos) e através destes é que é possível “controlar” a atividade psicológica. Os signos são “pontes” na mobilização do pensamento. Em suma, enquanto os instrumentos mediam externamente o processo, os signos, por sua vez, mediam internamente a formação dos conceitos. De acordo com Vigotski

A função do instrumento é servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade; ele é orientado *externamente*; deve necessariamente levar a mudanças nos objetos. Constitui um meio pelo qual a atividade humana externa é dirigida para o controle e domínio da natureza. O signo, por outro lado, não modifica em nada o objeto da operação psicológica. Constitui um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo; o signo é orientado *internamente* (VIGOTSKI, 2007, p. 55).

O signo mais importante e instigador da estrutura cognitiva daquele que aprende é a *palavra* e por ela nos comunicamos, portanto, interagimos e é aí que aprendemos. Portanto, se a palavra é o principal signo construído pelo homem, a linguagem é o seu principal instrumento. Os instrumentos e os signos interagem com o sujeito, mobilizando o pensamento a partir de recortes do real, operados pelos sistemas simbólicos de que dispõe (VIGOTSKI, 2007).

Para se compreender a importância dos signos na formação de conceitos, recorreremos a Vigotski quando o mesmo nos diz que:

O uso de instrumentos e o uso de signos compartilham algumas propriedades importantes: ambos envolvem uma atividade mediada. Porém, eles também se distinguem; os signos são orientados internamente; [...] os instrumentos, por outro lado, são orientados externamente, visando ao domínio da natureza (VIGOTSKI, 2007; p. 159).

E, sobre a relação entre os signos e a fala, o autor nos aponta para o fato de que:

A fala humana é de longe o comportamento de signos mais importante [...]. A fala também é um exemplo excelente do uso de signos, já que, uma vez internalizada, torna-se uma parte profunda e constante dos processos psicológicos superiores; a fala atua na organização, unificação e integração de aspectos variados do comportamento [...] tais como percepção, memória e solução de problemas. [...] Assim como as palavras, os instrumentos e os signos não verbais fornecem ao aprendiz maneiras de tornar mais eficazes seus esforços de adaptação e solução de problemas (id.; p. 158).

Assim, o autor considera que o conhecimento é o resultado da mediação realizada por outros sujeitos e pelo meio, representantes do mundo que envolve aquele que aprende (CAVALCANTI, 2005).

No processo de mediação, o homem altera o meio que, por sua vez, altera o homem. Sobre isso, Vigotski (2007) afirma que

O controle da natureza e o controle do comportamento estão mutuamente ligados, assim como a alteração provocada pelo homem sobre a natureza altera a própria natureza do homem (VIGOTSKI, 2007; p. 55).

A mediação da aprendizagem provoca três mudanças psicológicas distintas nos sujeitos. A primeira relaciona-se aos diálogos, pois estes permitem que os aprendizes possam interagir com objetos e seres exteriores ao processo, uma vez que a linguagem aproxima elementos presentes e não presentes no momento da atividade. A segunda refere-se ao processo de abstração, pois é neste momento que ocorre a consolidação dos conceitos. A terceira, remete ao processo de comunicação, sendo este evento ímpar na assimilação, na preservação e, conseqüentemente, no compartilhamento de informações e experiências entre os participantes. Neste contexto, a linguagem é um sistema conceitual que organiza o pensamento (REGO, 2003).

A relação existente entre o pensamento e a palavra, e conseqüentemente, a linguagem, é ressaltada por Vigotski quando este nos diz:

A relação entre o pensamento e a palavra é um processo vivo; o pensamento nasce através das palavras. Uma palavra vazia de pensamento é uma coisa morta, e um pensamento despido de palavras permanece uma sombra. A conexão entre ambos não é, no entanto, algo de constante e já formado: emerge no decurso do desenvolvimento e modifica-se também ela própria. [...] A palavra não é o ponto de partida – a ação já existia antes dela; a palavra é o termo do desenvolvimento, o coroamento da ação. (VIGOTSKI, 2002; p. 151).

Assim, o autor considera que com a evolução e o desenvolvimento, os processos mediados vão sendo internalizados, ou seja, passam a fazer parte da estrutura cognitiva dos sujeitos, uma vez que a internalização é “a reconstrução interna de uma operação externa” (VIGOTSKI, 2007, p. 56). Desta forma, as ideias, os valores da cultura e das práticas passam do plano social (interpsicológico) para o plano individual (intrapsicológico). Portanto, os “sistemas simbólicos” construídos por estes, organizam os signos em estruturas complexas e articuladas. A partir de então, o conceito poderá ser mobilizado em diferentes situações ou contextos (VIGOTSKI, 2007).

Podemos perceber, diante deste contexto, que a formação de um conceito é um ato extremamente complexo e dependente de muitos elementos. Um conceito não é uma simples evolução de conceitos anteriores. É um novo modo de conduta, um novo mecanismo de pensamento. Vigotski (2006) aponta para o fato de que

El concepto no es tan sólo un grupo enriquecido de asociaciones, internamente relacionadas. Se trata de una formación cualitativamente nueva, que no puede reducirse a los procesos más elementales que caracterizan el desarrollo del intelecto en sus etapas tempranas. El pensamiento en conceptos es una nueva forma de actividad intelectual, un modo nuevo de conducta, un nuevo mecanismo intelectual (VIGOTSKI, 2006, p. 60).

Em seus escritos, Vigotski apontava para uma construção conceitual sistêmica, mesmo que tal perspectiva tenha ganhado força e importância nos dias atuais. O autor nos diz que *“conceito se diferencia e muda inteiramente sua natureza psicológica tão logo o tomam isoladamente, o arrancam do sistema”* (p. 291).

Salientamos a importância dos envolvidos no processo de formação de conceitos e, portanto, das interações estabelecidas entre estes, que são extremamente construtivas. Para nós, é clara a importância da interação entre os pares (estudantes, aprendizes), pois aqueles que apresentam maior experiência e desenvolvimento podem colaborar de maneira ímpar durante atividades/problemas que envolvam raciocínio. Estas interações promoverão, certamente, reformulações nas concepções prévias dos envolvidos, por movimentar diretamente o ato de pensar estimulado pelo uso contínuo da linguagem (diálogos). O uso de um instrumento rico em signos, em conjunto com a proposta de uma atividade cooperativa, certamente resultará em excelentes resultados. Sobre este instrumento, Vigotski nos chama ainda a atenção para o “brincar” (o brinquedo), pois esta ação estimula o imaginário e este, por sua vez, passa a dirigir o comportamento do sujeito através da percepção imediata dos objetos em uso, tornando o contexto significativo (VIGOTSKI, 2007).

Na perspectiva Histórico-Cultural o professor, representante da cultura, é o mediador da aprendizagem dos alunos e o será com êxito se mantiver uma proposta de ensino problematizadora e articulada, utilizando para este fim diferentes instrumentos, como os tecnológicos, por exemplo, mas não esquecendo sua principal ferramenta: a possibilidade de estimular o diálogo entre seus aprendizes. Só desta maneira os estudantes serão capazes de lidar com os elementos não presentes no momento da proposta, mobilizando o pensamento, através da interação com instrumentos e signos, com pares mais ou menos aptos, mas capazes de aprender e evoluir,

formando, de maneira compartilhada e cooperativa, conceitos significativos para a vida.

1.3 A Importância da Flexibilidade Cognitiva (TFC) na Formação de Conceitos Sistêmicos

Uma proposta de trabalho pautada na mediação necessita ser minuciosamente planejada para que seu objetivo seja verdadeiramente alcançado: formar conceitos. Nesta perspectiva, a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) mescla-se aos fundamentos que norteiam as interações sociais e aos jogos didáticos, somando-se em busca de resultados que possam vir a fundamentar e contribuir com melhores estratégias de ensino e, especialmente, de aprendizagem. Tal teoria foi proposta na década de 80 por Rand Spiro e seus colaboradores, fundamentando-se em pressupostos construtivistas.

Podemos apontar a flexibilidade como uma ação interna (intrapicológica) onde o conhecimento adquirido pelo sujeito é articulado de tal maneira que seja capaz de solucionar, inferir, refutar ou mesmo modificar seu ponto de vista, sob diferentes domínios, fazendo uso de um único conceito, sem que para isso haja um pedido explícito. Assim, a flexibilidade cognitiva caracteriza-se pela habilidade do sujeito em aplicar um mesmo conceito em diferentes situações, resolvendo, desta maneira, problemas diferentes, mas com um fim previsto: a mobilização deste único conceito.

Em termos de ensino, é possível desenvolver esta flexibilidade em sala de aula, mas para isso, se faz necessário propiciar condições específicas que permitam aos estudantes mobilizarem o pensamento e, conseqüentemente, o conceito necessário à solução dos problemas apresentados. O professor, entretanto, como mediador deste processo, deve evitar ser claro (ou óbvio) em suas sugestões, pois a flexibilidade é construída e não adquirida. Assim, é importante que os estudantes sejam estimulados a construir percepções próprias a respeito das informações disponibilizadas. Nesta perspectiva, é necessário considerar o nível de conhecimento que se quer atingir durante o processo: básico, avançado (complexo) ou de especialização (CARVALHO, 2002; 2004).

Segundo a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), consideram-se conhecimentos básicos aqueles que apresentam noções gerais, introdutórias e compreendem

diferentes componentes de estudo. Já o nível de conhecimento avançado requer que o estudante apresente uma maior compreensão em cada um dos componentes básicos, de modo que os sujeitos deverão ser capazes de raciocinar e aplicar flexivelmente cada componente de estudo em diferentes situações, reestruturando assim, este conhecimento. O nível de especialização requer muita experiência, que só é adquirida através da prática cotidiana. Enfim, o interesse desta teoria direciona-se aos domínios complexos e pouco estruturados. A TFC foi elaborada por Spiro (et al., 1988; 1989; 1992) quando os autores perceberam as dificuldades enfrentadas por alunos de medicina em solucionar problemas quando colocados frente a novas situações.

Sobre a aprendizagem de conceitos de domínios complexos e pouco-estruturados, Spiro *et al.*, (1988) afirmam que sete princípios são necessários:

[...] O primeiro, um princípio geral, salienta a necessidade de (1) demonstrar a complexidade e a irregularidade, evidenciando situações que parecem semelhantes e que quando analisadas se revelam diferentes (2) utilizar múltiplas representações do conhecimento, perspectivando-o em diferentes contextos; (3) centrar o estudo no caso; (4) dar ênfase ao conhecimento aplicado a situações concretas em vez de conhecimento abstrato; (5) proporcionar a construção de esquemas flexíveis através da apresentação de situações a que determinados conceitos se aplicam; (6) evidenciar múltiplas conexões entre conceitos evitando compartimentar o conhecimento e, por fim, (7) participação ativa do aprendente.

Esta teoria acabou apresentando dois caminhos distintos e, para nós, inseparáveis: a construção de conceitos em domínios avançados (complexos), portanto, pouco estruturados e ainda, a aplicação destes conceitos em diferentes contextos ou situações. Sendo assim, esta teoria é interessante por sugerir uma transcendência do conhecimento para além das salas de aula, de modo que o estudante seja capaz de resolver, inclusive, problemas do seu cotidiano, compreendendo e vivendo melhor no mundo que o cerca. Sobre isso, os PCN+ (BRASIL, 2006) apontam para o fato de que:

O objetivo da educação escolar deve ser o de dotar os alunos da competência de compreender, utilizar e transformar a realidade. De posse dessas habilidades eles serão capazes de procurar, selecionar e utilizar qualquer informação de que tenham necessidade no decorrer de suas vidas (PCN+, 2006; p.66).

Assim, compreendemos que as diretrizes de ensino prevêm que a aprendizagem “melhore” a qualidade de vida dos indivíduos.

Spiro *et al.*, (1988) indicam alguns princípios como essenciais para facilitar a aprendizagem de conteúdos complexos e pouco estruturados. Segundo os autores sete princípios devem ser observados e respeitados para que a flexibilidade cognitiva seja alcançada: (a) evitar a simplificação e a irregularidade do conteúdo; (b) utilizar múltiplas representações; (c) centrar o estudo em casos; (d) enfatizar o conhecimento a partir do concreto e não do abstrato; (e) montar esquemas da rigidez à flexibilidade; (f) evitar compartimentar conceitos e casos (múltiplas conexões); e, (g) participar ativamente com suporte e orientação para lidar com a complexidade.

Promover uma situação de ensino pautada na TFC é criar situações que possibilitem desconstruções daqueles conceitos já incorporados à estrutura cognitiva do sujeito, com o objetivo de suscitar uma reconstrução (e possível reformulação) e, em consequência, uma compreensão mais profunda. Desta maneira, será possível atravessar tal conceito em diferentes direções, processo este denominado pelos autores de “travessia de paisagem em várias direções”. Por esta metáfora, o conceito é abordado constantemente em diferentes direções (SPIRO *et al.*, 1987 *apud* CARVALHO, 2000; 2004).

Seguindo a mesma linha de pensamento encontramos, há décadas atrás, Vigotski (2007) afirmando algo muito similar, que aproxima, de certa forma, a Teoria Histórico-Cultural da TFC:

O aprendizado é mais do que a aquisição de capacidade para pensar; é a aquisição de muitas capacidades especializadas para pensar sobre várias coisas. O aprendizado não altera nossa capacidade global de focalizar a atenção; em vez disso, no entanto, desenvolve várias capacidades de focalizar a atenção sobre várias coisas (VIGOTSKI, 2007 p. 93).

E ainda,

[...] a influência do aprendizado nunca é específica. [...] o processo de aprendizado não pode, nunca, ser reduzido simplesmente à formação de habilidades, mas incorpora uma ordem intelectual que torna possível a transferência de princípios gerais descobertos durante a solução de uma tarefa para várias outras tarefas (VIGOTSKI, 2007 p. 93).

Portanto, percebemos que há muito Vigotski já se preocupava com os caminhos e percursos da aprendizagem. Não era importante apenas que os estudantes aprendessem, mas que esse aprendizado gerasse competências necessárias à compreensão de algo muito mais amplo e aberto. Em outras palavras, para ele o

conhecimento gerado a partir da sala de aula deve ser apreendido de tal maneira que leve o estudante a compreender o mundo que o rodeia de diversas formas, melhorando assim sua própria relação com este. Em nossas palavras, uma proposta formativa que estimule a construção de um pensamento sistêmico, pois apenas este é capaz de perceber diferentes situações para um mesmo contexto, ou seja, um pensamento que percebe as interações, as conexões, é abrangente e, conseqüentemente, flexível.

1.3.1 As Analogias

As analogias são continuamente utilizadas nas salas de aulas, mesmo que de maneira imperceptível pelos educadores. A preocupação constante em facilitar a compreensão dos estudantes sobre determinado conteúdo, faz com que se busque relacionar o abstrato a algo concreto, de modo que haja um ponto de “partida”, para apoiar a construção do conhecimento.

Spiro *et al.*, (1989) e Feltovich *et al.*, (1989) alertam para o cuidado que se deve ter com o uso de analogias no processo de ensino, pois apesar de serem capazes de auxiliar na formação de conceitos, podem também, fortalecer as concepções alternativas se forem utilizadas de maneira indevida. De acordo com os autores, a utilização de uma simples analogia poderá provocar impedimentos sérios na compreensão de um conceito complexo, além de que uma única analogia pode não esclarecer todos os pontos do mesmo (SPIRO *et al.*, 1988; p. 4). Utilizar uma analogia de maneira adequada requer salientar as semelhanças e diferenças entre esta analogia e o assunto em estudo, evitando as concepções prévias (CARVALHO, 2000).

Sendo assim, é importante que para cada conceito estudado se utilizem variadas analogias, de modo que estas possam “dar conta” de diferentes aspectos do objeto de estudo. Desta maneira, os estudantes serão capazes de compreender o “todo” e evitar a fragmentação e simplificação do referido conceito.

1.3.2 A Desconstrução

A desconstrução abre espaço para outra ação: a reconstrução. Sendo possível, portanto, esta reconstrução certamente será mais “sólida” e mais significativa após um processo intrapsicológico mediado por elementos do meio: a internalização.

A desconstrução de um determinado conceito permite que este seja analisado de maneira minuciosa, criteriosa. Para isso, é importante a análise de uma determinada situação, sob diferentes focos ou pontos de vista. Esta situação precisa ser envolvente e complexa, de modo que seja difícil sua fragmentação em partes dissociadas através de uma abordagem simplista, uma vez que o excesso de simplificação certamente atrapalhará a compreensão que o estudante deverá alcançar do todo. Para alcançar o objetivo, o estudante deverá ser previamente apresentado à complexidade, mesmo que esta venha a provocar sensações de insegurança pela falta de domínio inicial. Além desta abordagem complexa, é muito importante que os estudantes sejam confrontados com analogias, evidenciando as semelhanças e diferenças entre o conteúdo em estudo, para que não se formem concepções alternativas (FELTOVICH, 1989 *apud* CARVALHO, 2000; 2002).

Para alcançar a desconstrução, Spiro *et al.*, (1988) propõem abordagens baseadas no caso, preferivelmente um caso concreto, real, evitando o abstrato. Quando os estudantes se encontram em um nível de conhecimento complexo ou pouco-estruturado, diferentes conceitos interagem na aplicação de um determinado caso, mas quando estes conceitos são aplicados a contextos similares (casos de mesmo contexto) se apresentam inconsistentes. Assim, na perspectiva desta teoria, espera-se que diante de um caso concreto os estudantes possam mobilizar regras e princípios gerais para solucioná-lo, de modo que a complexidade do caso seja compreendida na medida em que se fizerem diferentes esboços, esclarecendo, desta maneira, aqueles aspectos ainda obscuros. Assim, o caso não será fragmentado já que estará sendo analisado sob diferentes perspectivas (SPIRO *et al.*, 1988; 1989; 1990).

1.3.3 Os Casos

Um caso é uma “unidade complexa e plurissignificativa” (CARVALHO, 2002; p. 27) que apresenta situações concretas, reais, para que o conceito seja aplicado, ou seja, o *tema*. Um caso é composto da “fragmentação” de algo maior, sem perder a inter-relação com o todo. Isto quer dizer que um caso pode ser “um trecho de um filme, o capítulo de um livro, um acontecimento, uma notícia” (CARVALHO, 2000; p. 174; 2004; p. 2).

Os casos devem ser subdivididos em unidades menores, denominadas mini-casos, que serão o universo da desconstrução dos conceitos e o ponto de partida para a análise dos *temas* (conceitos, princípios, pontos de vista e perspectivas). Através desta análise é possível a compreensão de como o tema se encontra presente no mini-caso. Os autores da TFC denominam esta análise de *comentário temático*, que apesar de ser extremamente trabalhoso para o professor é componente ímpar para a compreensão dos estudantes.

Para desconstruir e analisar os mini-casos é necessário selecionar previamente os *temas* (princípios e conceitos pertinentes) relevantes para a compreensão do conteúdo em estudo. Os mini-casos são responsáveis pela aquisição da experiência, portanto, quanto mais mini-casos se analisar, mais experiência será adquirida, aumentando, desta maneira, as possibilidades de “transferir” o conhecimento adquirido para outras situações. Os *temas*, portanto, são “condição para dominar a complexidade” (CARVALHO, 2000; 2002).

É importante salientar que cada caso deve constituir uma entidade integral, ou seja, cada caso não deve ser a continuidade daquele que o precede, caso contrário, a semelhança possibilitará o surgimento de generalizações, pois isto certamente será prejudicial na aprendizagem do conceito em estudo. Os casos precisam apresentar um equilíbrio entre continuidade e descontinuidade, de modo que os *temas* sejam mobilizados para a compreensão do caso e, conseqüentemente, do contexto no qual o mesmo se apresenta.

1.3.3.1 Travessias Temáticas

A Teoria da Flexibilidade Cognitiva se apoia na metáfora da “*travessia de paisagem em várias direções*” (ou *travessia temática*), está centrada num tema ou conjunto de temas e apresenta aos estudantes os mini-casos de diferentes casos. Este “passeio” aos mesmos pontos são sempre salientados, abordados. Assim, compreende-se que há uma conformidade e que os mini-casos, mesmo distintos, se interligam. Segundo os autores desta teoria, aprende-se ao atravessar o conceito em várias direções. Carvalho (2002) nos relata que:

O termo paisagem em várias direções é utilizado como sinônimo de conhecimento. Assim, a referida metáfora reporta-se ao conhecimento (mini-casos) que deve ser perspectivado segundo diferentes temas, facultando cada um uma travessia em determinada direção. Ao atravessar a “paisagem em várias direções” alcança-se o duplo objectivo de salientar as múltiplas facetas de um tema e estabelecer múltiplas ligações entre mini-casos de diferentes casos (CARVALHO, 2002; p. 28).

Os temas (conceitos, perspectivas ou princípios) são o eixo do processo de desconstrução e facultarão a cada mini-caso uma visão diferente, dentro do mesmo conceito. O conjunto dos comentários temáticos referentes aos mini-casos contribuirá para que os estudantes compreendam cada mini-caso com profundidade e depois o reconstrua, praticando com as situações propostas pelos mini-casos. Ao reconstruir, os estudantes estarão internalizando tal conceito e assim, serão capazes de aplicá-lo em diferentes contextos. Vale salientar que a seleção dos temas é muito importante devido às suas implicações diante da compreensão do conteúdo (CARVALHO, 2002).

Desconstruções e reconstruções sucessivas levam os sujeitos a alcançarem à flexibilidade cognitiva, que, segundo Spiro e Jehng (1990 *apud* Carvalho, 2000) apresentam-se como:

[...] a capacidade que o sujeito tem de, perante uma situação nova (ou problema), reestruturar o conhecimento para resolver a situação (ou o problema) em causa. A flexibilidade cognitiva resulta, não só do modo como o conhecimento é representado, sugerindo os autores múltiplas dimensões conceptuais (temas) e múltiplas travessias da paisagem, mas também da análise de muitos casos, desenvolvendo, deste modo, a capacidade de constituir esquemas. Spiro e Jehng (1990 *apud* CARVALHO, 2000, 173).

O objetivo da travessia de paisagem é confrontar o estudante com a complexidade do conteúdo, levando-o a perceber sua amplitude e profundidade, permitindo a compreensão do conceito no contexto. Ao compreender a aplicabilidade concreta de um conceito, os estudantes serão capazes de “transferir” esse conhecimento a outras situações sempre que necessário.

1.3.3.2 Os Mini-casos

Os mini-casos (recortes do caso) são construídos com o intuito de estimular a mobilização dos conceitos pertinentes ao conteúdo em estudo, focando a “travessia de paisagem em todas as direções”. Em nossa pesquisa o conteúdo focalizado é a *expressão gênica*,

Os mini-casos estão entre os componentes principais da TFC e são essenciais ao processo de aprendizagem em domínios complexos e pouco-estruturados, além de serem uma excelente maneira de “praticar” uma evolução dos eventos do micro ao macro-universo de forma que os estudantes percebam, em cada mini-caso de diferentes casos, que os conceitos são recorrentes, se sobrepõem e, desta maneira, a compreensão de todo o processo é certamente alcançada. A partir daí, aplicar tais conceitos em diferentes situações que envolvam uma solução dentro de tal conteúdo será uma atividade “normal”, visto que o conceito formado e internalizado passa a fazer parte da estrutura cognitiva do sujeito e, sempre que necessário, será mobilizado por este.

Organizar uma proposta pautada no estudo de casos e mini-casos requer muito estudo para que a articulação entre estes seja perfeita a fim de estimular a estrutura cognitiva dos estudantes durante a atividade. Nossa proposta de estudo se pautou no conteúdo expressão gênica, por este ser um conteúdo essencialmente abstrato e que requer grande esforço tanto do aluno quanto do professor, portanto, caracteriza-se como um domínio complexo e pouco-estruturado. A relação entre o conteúdo expressão gênica e os casos e os mini-casos propostos no jogo *Dominando a Expressão Gênica*, construído pela autora como um instrumento mediador da formação de conceitos sistêmicos em busca da flexibilidade cognitiva, podem ser acompanhados no Quadro 1.

Quadro 1. Relação entre casos, mini-casos e o conteúdo expressão gênica

Caso	Mini-Caso	Relação com o conteúdo específico “Expressão Gênica”
Fenilcetonúria	Indivíduo com tendências a alterações no metabolismo da fenilalanina hidroxilase podendo apresentar retardo mental.	Mutação no loco gênico da enzima PAH, que efetivada leva a uma transcrição do “trecho incorreto” e consequente tradução e pós-tradução de uma proteína alterada e não-funcional.
Anemia Falciforme	Indivíduo que em condições de hipóxia poderá apresentar falcização das hemácias provocando dor e dificuldades respiratórias.	Mutação no loco gênico da hemoglobina, a qual sendo transcrita , traduz e pós-traduz a proteína Hb ^S em lugar da Hb ^A , levando a falciformização das hemácias, prejudicando o transporte de oxigênio no organismo.
Diabetes Mellitus tipo I	Indivíduo acometido de doença autoimune com destruição de células β do pâncreas, prejudicando a síntese de insulina e o metabolismo da glicose.	Causa multifatorial. Entre suas causas, a predisposição <i>Genética</i> . loco gênico IDDM1 pode interagir com o meio ambiente provocando transcrição, tradução e pós-tradução de proteínas que desencadeiam processos auto-imunes, prejudicando a síntese de insulina e, conseqüentemente, o controle glicêmico do organismo.
Intolerância à lactose	Indivíduo com incapacidade de aproveitamento da lactose, decorrente de deficiência na síntese da enzima β-galactosidase (lactase).	Origem adquirida ou congênita, mas de traço recessivo. Interações do loco gênico LCT com o meio ambiente podem levar a uma variação no genótipo e consequente transcrição e tradução de uma lactase alterada, provocando diminuição da capacidade de hidrolisar a lactose, além de interferência no metabolismo de cálcio.
Câncer de Mama	Indivíduo que apresenta distúrbio na síntese da proteína supressora interferon-gama, com prejuízo à regulação do ciclo e da apoptose celular, levando à formação e instalação de tumores.	Predisposição <i>Genética</i> provocada pelo gene BRCA, que quando expresso, traduz proteínas capazes de regular a transcrição , reparo e recombinação do DNA , estabilidade genômica, controle do ciclo celular, etc., ou ainda através de mutações causadas por interação com o ambiente. Em ambos os casos o organismo apresenta desorientação e crescimento desordenado de células, com consequente formação de tumores.
Saúde e Bem Estar	Indivíduo em completo estado de bem estar físico e emocional, com as funções orgânicas, físicas e mentais em situação de funcionamento normais.	Deve-se considerar que os genótipos dos indivíduos podem apresentar diversos “erros” ou “falhas” que podem ou não vir a ser expressos através de interações com o ambiente, com o social e o psicológico, ou seja, uma interação bio-psico-social. Tais “falhas” podem ser responsáveis pela transcrição , tradução e pós-tradução de sub-tipos de proteínas, as quais não interferem no funcionamento do organismo, porém, também podem levar a síntese de proteínas parcialmente funcionais ou não-funcionais, capazes de alterar o funcionamento deste.

Fonte: Dados coletados e organizados pela Autora.

Todos os casos e mini-casos devem apresentar situações concretas e/ou, fatos reais, onde o conteúdo possa ser mobilizado a partir de contextos diferenciados,

mas que necessitam de um mesmo encaminhamento: o domínio, importância e aplicabilidade do conceito.

Para favorecer a abordagem, os casos e mini-casos foram inseridos na última etapa do jogo didático, com a finalidade de estimular a “aplicação prática” do conteúdo abordado durante as duas primeiras etapas do jogo a fim de “provocar” a aplicação dos conceitos (temas) mobilizados em diferentes situações, como recomenda a Teoria da Flexibilidade cognitiva.

1.4 O Jogo Mediando a Formação de Conceitos Sistêmicos

O ato de jogar em atividades específicas nas salas de aula tem se tornado uma estratégia recorrente nas metodologias de ensino devido as suas possibilidades frente à aprendizagem dos estudantes. Há muito que o jogo não vem sendo considerado apenas um brinquedo, mas sim, um instrumento construtivista de ensino. Podemos perceber a importância do jogo quando Costikian (1994 *apud* PFUTZENREUTER, 2008; p.2) nos diz que os jogos “mudam de acordo com a ação dos jogadores”, portanto, esta afirmação já nos aponta para a interatividade promovida pelos jogos se inseridos nos contextos escolares de maneira intra-específica.

O jogo é um instrumento rico em signos e o deve ser, pois só assim será capaz de interagir com a estrutura cognitiva dos sujeitos de maneira tal que os conceitos sejam mobilizados, lembrados e reestruturados. Além disso, o jogo instiga o debate, o diálogo e, nesse contexto, é capaz de “mexer internamente”, pois os pares em debate levantam questões provocativas que contribuem essencialmente para a formação do sujeito, após a internalização das situações estabelecidas.

Para Vigotski, num jogo, quanto mais rígidas as regras, maior será a exigência de atenção, maior a regulação da atividade, mais tenso e agudo torna-se, permeando as atitudes em relação à realidade. Enfim, a essência do “brincar” é a criação de uma nova relação entre a percepção visual e o significado, ou seja, entre situações do pensamento e situações reais (VIGOTSKI, 2007).

O autor ainda aponta para o fato de que todo processo de aprendizagem precisa considerar, antes de tudo, aquilo que o sujeito já sabe, denominando esta

apropriação de Zona de Desenvolvimento Real (ZDR). O professor, mediador da aprendizagem, precisa investigar e apontar o “nível” de aprendizagem em que o sujeito se encontra, para então proporcionar situações que atuem sobre esta, estimulando o sujeito a aprender. A distância entre a ZDR e o potencial de aprendizagem, ou seja, aquilo que o sujeito é capaz de aprender foi definida por Vigotski como Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

A ZDP carrega em sua essência a ideia de transformações que acontecem por meio da ação intencional do professor, passíveis de promover construtos que antes não seriam possíveis. Sendo assim, uma proposta adequadamente organizada, resultará em desenvolvimento mental e isto quer dizer que o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas, assim, o desenvolvimento conceitual será sempre resultado de intensa e complexa operação com palavras e signos, participando desta “interação” todas as funções intelectuais básicas do indivíduo (SCHROEDER, 2007; VIGOTSKI, 2007).

Neste contexto, podemos apontar o jogo como um instrumento onde é possível a realização de “operações” envolvendo signos e palavras. O jogo apresenta-se, assim, como mediador da aprendizagem dos estudantes por instigar a mobilização de conceitos e as interações sociais entre os seus participantes, pois “os jogos longe de serem considerados como um fim em si mesmos, devem ser vistos como meio de favorecer o encontro de sujeitos que se constroem e constroem seus saberes” (PFUTZENREUTER, 2008; p. 5). O jogo então é o eixo que conduz ao conteúdo didático específico, emprestando sua ludicidade para a aquisição de informações (KISHIMOTO, 1996).

O jogo estimula à prática “virtual” da aplicabilidade dos conceitos por ser um instrumento mediador das interações entre o real e o abstrato. A mediação promove mudança por sua capacidade de intervir na relação entre o sujeito que aprende e o conteúdo a ser aprendido e o faz através das interações dialógicas e dos signos presentes no contexto. O jogo, portanto, é um instrumento que mediará a relação entre o sujeito e a realidade (pré-selecionada) estimulando a compreensão dos conceitos envolvidos aplicáveis à solução de diferentes problemas, de modo que os

aprendentes sejam capazes de perceber que um mesmo conceito pode ser a solução para diferentes situações.

Nesta perspectiva, o jogo é um instrumento não-linear uma vez que

[...] o jogo não é uma história, uma narrativa, pois esta é linear e o jogo é não-linear, uma vez que a ordem dos acontecimentos depende das tomadas de decisão do jogador (PFUTZENREUTER, 2008; p. 2).

Segundo o autor, a relação estabelecida entre o jogo e o jogador é rica em operações cognitivas uma vez que durante o jogar os sujeitos precisam: (a) Identificar o mundo do jogo, os recursos e também o objetivo; (b) decodificar símbolos para compreender o que as peças representam; (c) comparar sua situação atual com aquela que deseja alcançar; (d) analisar os diversos passos para chegar a esse objetivo e sintetizar essa análise; (e) representar mentalmente os diversos elementos do jogo; (f) fazer raciocínio divergente, para ter ideia de como alcançar seu objetivo, e convergente, para tomar as decisões necessárias; e, (g) raciocinar hipoteticamente para testar mentalmente diferentes jogadas.

Sendo assim, Pfutzenreuter (2008) aponta o jogo como um instrumento “exigente”, ou seja, capaz de exigir esforços cognitivos necessários à identificação, à decodificação, à comparação, à análise, à síntese, à representação mental, ao raciocínio divergente, ao raciocínio hipotético, à curiosidade e ao engajamento, fundamentais à construção do conhecimento.

Para finalizar, salientamos que o aprender vai muito além de simples palavras. O jogo envolve elementos internos e externos ao sujeito. É uma ação que depende do social e das interações e é capaz de estabelecer uma relação com o universo real, e com a complexidade da realidade. Desta maneira, é também capaz de levar os envolvidos à compreensão de fatos até então imperceptíveis, bem como, à resolução de diferentes situações. Enfim, compreendemos que o jogo apresenta um potencial intrínseco e que a presente pesquisa amplia nossos horizontes para uma análise deste potencial sobre a ZDR e também ZDP, porém, o jogo é também um instrumento mediador, não apenas da aprendizagem, mas, no contexto desta pesquisa, aquele capaz de equilibrar a Teoria Histórico-Social com a Flexibilidade Cognitiva. E é na proposta do jogo como mediador da formação de conceitos que a presente pesquisa se fundamentará.

CAPÍTULO II – A VISÃO SISTÊMICA DA FORMAÇÃO DE CONCEITOS EM GENÉTICA

A vida começa a partir de uma interação. Esta, por sua vez, vai se disseminando, pouco a pouco, num processo contínuo e termina por inter-relacionar o macro e o micro universos. Daí, ao analisarmos os fenômenos que nos rodeiam, percebemos que esse processo possui simultaneamente amplitude e especificidade, em que todos os fenômenos estão intimamente ligados e são interdependentes, ou seja, nada ocorre por si mesmo, mas devido a necessidades do sistema.

Quando analisamos o caminho percorrido por um espermatozóide, por exemplo, muitas vezes não pensamos no que está acontecendo no ambiente do contexto, apenas na importância do momento: a concepção da vida. Porém, se aprofundarmos o nosso pensamento, em uma análise biológica profunda, chegaremos ao ponto da primeira interação: o momento da “união das características”, processo em que duas células haplóides “associarão” seus fatores hereditários (genes), possibilitando que uma nova vida se inicie.

Estamos aqui frente a um importante fenômeno da Genética, a hereditariedade, a respeito da qual Brown nos diz que *“o conceito central da Genética é que a hereditariedade é controlada por um grande número de fatores, os genes, e que estes são pequenas partículas físicas presentes em todos os organismos vivos”* (BROWN, 1999; p. 3).

O objetivo da união de gametas é a perpetuação da espécie. Pensando neste contexto, começamos a refletir que os fenômenos não acontecem e nem podem ocorrer isoladamente. Se a hereditariedade está diretamente relacionada aos genes, estes por sua vez são partes da estrutura das moléculas de DNA. Como este último é perpetuado em uma espécie através da reprodução, percebemos que o ciclo da vida é muito maior do que um dia chegamos a imaginar. Continuamos a nossa reflexão e então, compreendemos que tudo parte de uma interação mediada pelo meio.

Neste contexto, a interação e a mediação são os principais instrumentos que impulsionam a vida em todos os sentidos. Fechando os olhos e tentando visualizar

uma sequência lógica nos eventos da hereditariedade, percebemos que estes são fragmentos de um todo, de algo muito complexo. São inúmeros os eventos que, a exemplo deste, ocorrem de forma inter-relacionada com o ambiente, auxiliam o organismo a manter-se em equilíbrio – princípio da homeostase e da saúde.

É importante salientar que tal equilíbrio é dinâmico e pode sofrer alterações provocadas por eventos do próprio meio em interação com o indivíduo. Os genes podem ter seu comportamento alterado, o que se reflete na estrutura e funcionamento das células. Neste momento, o organismo “reage”, acionando diferentes mecanismos numa tentativa de “conter” tal situação que, quando bem sucedida, volta-se à “normalidade” e quando não, propaga-se, diferenciando-se, desorganizando-se, fugindo do esperado, podendo apresentar funções similares, manter as esperadas ou ainda, apresentar novas funções ou estruturas (ALBERTS, 2009). Estamos frente a outro importante evento biológico e genético, com consequências hereditárias ou não: a mutação. Esta tem uma conotação extremamente prejudicial às funções orgânicas, divulgada pelo senso comum. Entretanto, ao longo da evolução, nos mostrou ser a maneira mais eficiente de interação do organismo com o ambiente, resultando em situações prejudiciais ou não, porém, essenciais na diversificação das espécies por ser capaz de provocar variabilidade (MAYR, 2006). Outra vez fica-se diante da complexidade da vida, complexidade esta que na maioria das vezes ignoramos.

Pensar o organismo de maneira interligada não é tarefa fácil, mas necessária. Considerar os diversos eventos possíveis e necessários à manutenção da vida incluindo o ambiente no qual estamos inseridos é considerar toda a riqueza e diversidade que nos rodeia. Caso contrário, estaremos com os olhos fechados para a realidade e ignoraremos a essência do que é estar vivo e manter-se assim. O que acontece em meu corpo todos os dias? O que possibilita o acordar todos os dias, o alimentar-se, o saciar-se? Que reações são essas que me fazem sentir felicidade ou tristeza, que permitem lágrimas em meu rosto?

Compreender a vida em toda a sua amplitude, relacionando eventos do micro ao macro universo requer flexibilidade cognitiva capaz de articular diferentes situações e resolver problemas aplicando o conhecimento adquirido em diferentes contextos (SPIRO, 1988; SPIRO *et al.*, 1988; 1989; 1990; 1992). Para isso, é necessário um

pensamento abrangente, aberto, complexo, uma interação constante das partes para compreender o todo (CAPRA, 2006; MARIOTTI, 2007, 2008; 2010). Só se é capaz de enxergar as relações ao ser capaz de modificar a forma de ver e pensar o mundo ao nosso redor, partindo dos elementos mais simples até chegarmos ao todo, ou seja, de uma linha até o tecer da rede, das partes para o todo, pois a complexidade não é um fato, mas sim, um modo de vida (MARIOTTI, 2008).

Contrapondo-se a esta linha de pensamento sistêmico, a realidade escolar é outra. Os estudantes continuam a sair das salas de aula sem uma organização conceitual coerente, sem compreender o significado dos eventos que estudam na Biologia e o porquê desta se encontrar entre as disciplinas escolares (PCN (BRASIL, 2000); PCN+ (BRASIL, 2006); OCEM (BRASIL; 2004). Estas orientações são pertinentes, na medida em que compreender o equilíbrio no organismo não é um fato, mas sim, um fenômeno mundialmente denominado de saúde e bem estar, ou seja, uma relação íntima e harmoniosa entre o indivíduo e o ambiente.

O paradigma dominante em nossa cultura é o linear-cartesiano, que pauta há longos anos nossos métodos e práticas de ensino. Para se compreender a Biologia (e, conseqüentemente, o campo disciplinar da Genética) são necessários o pensamento sistêmico, a percepção das interações e o estabelecimento de redes conceituais. A Biologia não é linear, como há muito se pensava; pelo contrário, é sistêmica por natureza. Na maioria das vezes, não é possível perceber as relações entre os eventos necessários à manutenção da vida. Talvez isso aconteça por causa da existência de lacunas conceituais, decorrentes de um conhecimento fragmentado. Estuda-se o universo micro, outras vezes, apenas o macro e, desta maneira, não se percebe que as interações entre os sistemas vivos fazem toda a diferença. Tais interações são bem definidas por Capra (2005) quando relata:

Não existe nenhum organismo individual que viva em isolamento. Os animais dependem da fotossíntese das plantas para ter atendidas as suas necessidades energéticas; as plantas dependem do dióxido de carbono produzido pelos animais, bem como do nitrogênio fixado pelas bactérias em suas raízes; e todos juntos, vegetais, animais e microorganismos, regulam toda a biosfera e mantêm as condições propícias à preservação da vida (CAPRA, 2005, p. 23).

Sendo assim, pode-se apontar para o fato de que a grande dificuldade na compreensão de conceitos abstratos da Biologia, e da Genética especialmente,

muito tem a ver com interações não salientadas, que levam os estudantes à incompreensão do contexto e assim, a se depararem com uma gama enorme de conteúdos (CARNEIRO-LEÃO *et al.*, 2009; 2010).

Mayr (1998), ao discorrer sobre o desenvolvimento do pensamento biológico, relata que o caminho da ciência nunca é linear e, portanto, a maior dificuldade na construção de uma estrutura conceitual na Biologia se deve à imensa disponibilidade de material a ser estudado. Segundo o autor:

A maior dificuldade no esforço de identificar o vasto número de problemas da Biologia e de reconstituir o desenvolvimento da sua estrutura conceitual reside na quantidade imensa de material a ser estudado. Este consiste, em princípio, no inteiro acervo dos conhecimentos em Biologia, incluindo todos os livros e artigos periódicos publicados por biólogos, as suas cartas, as suas biografias [...] e muito mais. [...] A situação é agravada pela aceleração exponencial da proporção de produções científicas atuais. Num período de anos espantosamente curto, publicam-se mais trabalhos (e páginas!) do que em toda a precedente história da ciência (MAYR, 1998; p. 31).

Compreender e estruturar conceitos não são tarefas fáceis, principalmente quando os conteúdos são trabalhados de modo descontextualizado em suas relações micro e macroscópicas. Pereira (2008) afirma que:

Compreender os conceitos que emanam o princípio da vida e sua relação com os diversos ramos da Biologia e áreas afins parece insuficiente quando não são estabelecidas relações com o macro-universo. Desde as versões mais ingênuas até as publicações mais técnicas e sofisticadas, mas de caráter simplista e linear, observa-se uma estratificação de conceitos que vai contra as próprias leis da natureza (PEREIRA, 2008, p. 38).

Se para o aprendente é difícil, é importante ressaltar que, para quem ensina esta afirmativa é verdadeira, pois este último precisa se pautar em objetivos pré-definidos que, muitas vezes não condizem com a realidade onde está inserido (MAYER *et al.*, 2000). Buscando as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM), são encontrados dois grandes desafios para o ensino da Biologia. O primeiro seria possibilitar aos alunos participação nos debates contemporâneos, que exigem conhecimentos biológicos e, no segundo, a formação do indivíduo com um sólido conhecimento de Biologia e com raciocínio crítico. Mais adiante, este mesmo documento salienta o ensino da Biologia como “distanciado da realidade”, que não permite perceber o vínculo estreito entre o que é estudado e o cotidiano, dificultando a compreensão das inter-relações entre os universos micro e macroscópicos, levando os estudantes a uma visão dicotômica, que impossibilita o estabelecimento

de relações entre a ciência e o seu contexto. Prejudica-se, assim, a visão holística que deve pautar o ensino desta disciplina (BRASIL, 2006).

Considerando o campo disciplinar específico da Genética, a mesma questão reaparece. Há conceitos básicos que devem ser construídos pelos estudantes, permitindo que relações possam ser estabelecidas e compreendidas. Acreditamos que tal pensamento crítico só será possível quando os estudantes compreenderem os conceitos de tal modo que não os percebam, de forma alguma, distantes da realidade. Em paralelo, os debates são ímpar como instrumento facilitador desta contextualização.

As OCEM sugerem que é necessário propiciar condições para que o estudante compreenda a vida como manifestação de sistemas organizados e integrados, em constante interação com o ambiente físico-químico (BRASIL, 2004). Assim,

[...] É preciso compreender a célula como um sistema organizado, no qual ocorrem reações químicas vitais e que está em constante interação com o ambiente, [...] reconhecer os processos de reprodução e manutenção da célula (mitose e meiose) como forma de interligar a gametogênese e a transmissão dos caracteres hereditários, comparar e perceber semelhanças e diferenças entre os seres unicelulares e pluricelulares, [...] compreender como as informações *Genéticas* codificadas no DNA definem a estrutura e o funcionamento das células e determinam as características dos organismos. Deve também conhecer o princípio básico da duplicação do DNA e saber que esse processo está sujeito a erros – mutações – que originam novas versões (alelos) do gene afetado e podem, ou não, ser causadores de problemas para os diferentes organismos (BRASIL, 2004; p. 24).

Como sugerido anteriormente, conteúdos e conceitos precisam ser trabalhados de maneira contextualizada para que seja possível compreendê-los e integrá-los, pois a constante interação entre um organismo e o ambiente influencia diretamente a sua sobrevivência. Este fato precisa ser profundamente compreendido pelos estudantes, uma vez que os mecanismos Darwinianos da variação e da seleção, da especiação e da extinção são totalmente capazes de explicar todos os desenvolvimentos macro-evolutivos. Evolução não tem a ver apenas com modificações do fenótipo macroscópico, mas refletem interações de genes com aspectos da natureza e da geografia. Uma espécie prosperará sobre outra espécie pré-existente somente se ela produzir uma novidade evolutiva (MAYR, 2006), permitindo melhores condições de sobrevivência.

Assim, desenvolver uma perspectiva contextualizada possibilitará que cada indivíduo seja percebido como um sistema complexo, em constante equilíbrio com o meio, pois inúmeros eventos mantêm, modificam ou reestruturam funções vitais. Trabalhar a partir de contextos favorecerá que os estudantes atinjam a flexibilidade cognitiva necessária à resolução de diversas outras situações, possibilitando que os estudantes reformulem, desconstruam, reconstruam ou mesmo, que construam conceitos e os apliquem em diversas outras situações, inclusive do cotidiano (SPIRO, 1988; SPIRO *et al.*,1988; SPIRO, *et al.*,1992). Analisando as OCEM (BRASIL, 2004), percebemos que estas apontam para um trabalho de cunho sistêmico, de modo a compreender o todo e não apenas as partes que formam este todo. Esta percepção sistêmica é coerente com o pensamento de Capra (2006), no qual o autor nos diz ser:

[...] uma visão de mundo holística, que concebe o mundo como um todo integrado, e não como uma coleção de partes dissociadas. Pode também ser denominada visão ecológica, se o termo “ecológica” for empregado num sentido mais amplo e mais profundo que o usual. A percepção ecológica profunda reconhece a interdependência fundamental de todos os fenômenos, e o fato de que [...] estamos todos encaixados nos processos cíclicos da natureza e, em última análise, somos dependentes desses processos (CAPRA, 2006 p. 25).

O autor ainda relata, sobre os eventos genéticos, que para se compreender a enorme importância do DNA, poderíamos definir todos os seres vivos como “sistemas químicos que contém DNA” (CAPRA, 2005; p. 24). Entretanto, o problema com essa definição é que nas células mortas estas moléculas também são encontradas, uma vez que o DNA pode ser preservado por anos. Assim, as estruturas moleculares são essenciais, mas não são suficientes para proporcionar uma definição de vida. Precisa-se, para isso, descrever os processos metabólicos da célula, os padrões de relação entre suas macromoléculas e, desta forma, olhar para a célula como um todo, não apenas para suas partes (Id. p.24-25).

Entre os conceitos envolvidos com o ensino da Biologia, aqueles aplicados à Genética têm sido considerados como “extremamente difíceis” pela maioria dos estudantes e professores (MAYER *et al.*,2000). Esta disciplina exige maior empenho dos estudantes, pois para compreendê-la é necessária uma constante abstração, o que provoca desafios tanto ao seu ensino quanto a sua aprendizagem. Na maioria das vezes, seus conteúdos são trabalhados de modo descontextualizado, em partes

separadas que dificultam a compreensão do todo, levando o estudante a não alcançar a percepção sistêmica. Esta, necessária ao entendimento do micro e macro universos e suas possíveis interações, ainda não tem sido contemplada. Assim, o ensino da Genética continua linearizado, o que, a nosso ver, impossibilita uma construção conceitual em que os estudantes possam ser capazes de identificar a importância, compreender e relacionar fatos e aplicá-los a resolução de problemas que se apresentem no cotidiano atual (MAYR, 2006), a exemplo dos transgênicos, da clonagem e do diagnóstico genético de patologias (GRIFFITHS, 2008).

Entre os conceitos mais complexos da Genética está a expressão gênica, que se encontra diretamente relacionada à compreensão de diversos outros conceitos, a começar pelo de gene (EL-HANI, 2007). De acordo com Brown (1999):

Os genes são segmentos individualizados de moléculas de DNA separados por *DNA intergênico* [...] A informação biológica transportada por um gene está contida em sua sequência de nucleotídeos. Esta informação é essencialmente um conjunto de instruções para a síntese de uma molécula de RNA que poderá subsequentemente orientar a síntese de uma enzima ou de outra molécula de proteína ou poderá, por si só, ser funcional na célula. [...] a sequência de nucleotídeos do gene é o fator decisivo no que se refere à informação biológica (BROWN, 1999; p. 33).

Analisando as colocações do autor, parece-nos clara a função e o objetivo do gene, mas, sua expressão é um processo complexo envolvendo diversos outros que ocorrem em paralelo e que são biologicamente “controlados” pelo ciclo celular. O funcionamento do organismo tem relação direta com esta expressão, uma vez que as proteínas e enzimas, essenciais à vida, são produto das interações e expressões dos genes, de modo que diversas funções podem ser expressas, super-expressas ou suprimidas, alterando o metabolismo celular e se refletindo no equilíbrio orgânico do indivíduo. A expressão gênica não acontece de maneira linear, ela pode ser controlada durante a transcrição e pode resultar em expressão tecido-específica, sendo influenciada por hormônios, metais pesados e substâncias químicas, incluindo fármacos. Além do controle dos níveis da transcrição, a expressão gênica pode ser modulada por amplificação e rearranjo do próprio gene, por modificações pós-transcricionais e estabilização do RNA (MURRAY *et al.*, 2009).

Os defeitos específicos na expressão dos genes e, conseqüentemente, na síntese de proteínas estão entre as patologias associadas a padrões de hereditariedade simples que deram origem a uma base *Genética* conhecida como “erros inatos do

metabolismo”. Estes são normalmente causados por genes mutantes que frequentemente resultam na síntese de proteínas anormais, sendo muito comuns em enzimas. Estas “falhas” podem se expressar como perda total da atividade enzimática ou, com maior incidência, como uma deficiência parcial da atividade catalítica. Na ausência de diagnóstico e tratamento, tais erros quase sempre resultam em retardo mental ou outras anormalidades do desenvolvimento, devido ao acúmulo de metabólitos. A maioria destas doenças são raras, ocorrendo em cerca de 1 em cada 30.000 recém nascidos. Dezenas de erros inatos do metabolismo e seus efeitos moleculares foram descritos e são amplamente estudados e conhecidos (BAYNES & DOMINICZAK, 2007; VILARINHO, 2006; CHAMPE *et al.*, 2009).

A expressão dos genes é referida como um conteúdo complexo, seja pelo número de conceitos envolvidos, seja pelo grau de dificuldade subjacente, pois requer um alto nível de abstração. Exige também a inter-relação entre diversos conceitos da Genética, estabelecendo relações em rede. Assim, exige tanto o conhecimento linear, específico e verticalizado de cada conceito, como a compreensão da rede de conexões entre eles. Assim, é um conteúdo que pode ser compreendido como de natureza complexa, de acordo com Mariotti (2000):

O pensamento complexo resulta da complementaridade (do abraço, como diz Edgar Morin) das visões de mundo linear e sistêmica. Essa abrangência possibilita a elaboração de saberes e práticas, que permitem buscar novas formas de entender a complexidade dos sistemas naturais e lidar com ela. O que, evidentemente, inclui o ser humano e suas culturas. As consequências práticas dessa visão bem mais ampla são óbvias (p. 349).

De acordo com a Teoria da Flexibilidade Cognitiva proposta por Spiro *et al.*, (1988), a complexidade de um conceito é mais facilmente compreendida quando se expõe o aluno a um contexto em que seja possível a aplicação daquilo que foi estudado. Esta teoria não pode ser aplicada em qualquer nível de conhecimento, pois seus fundamentos são adequados à construção de conhecimentos em um nível avançado, em domínios complexos e pouco-estruturados.

O que seriam, então, estes domínios complexos e pouco estruturados? E como a expressão gênica pode ser enquadrada nesta classificação?

A ideia de “complexo” atende a inúmeras concepções, muitas delas vinculadas ao senso comum. É frequente utilizar-se este termo para sugerir que algo é “difícil” ou

“que contem grande número de elementos” (HOUAISS, 2009). Entretanto, pode-se referir também ao paradigma da complexidade, ou seja, a um assunto que necessite da complementarização entre uma perspectiva cartesiana (conteudista, cartesiana, linear) e um olhar sistêmico (enfatizando as inter-relações e o todo, de forma não linear). O “complexo”, nesta perspectiva é um somatório entre dois paradigmas superficialmente antagônicos, mas que se completam.

Por outro lado, domínios pouco estruturados são, segundo Spiro *et al.*, (1992, p. 60), aqueles que atendem a duas propriedades:

(a) cada caso ou aplicação do conhecimento envolve tipicamente a interação simultânea e interativa de estruturas conceituais múltiplas e de ampla aplicação (esquemas, perspectivas, princípios organizacionais, entre outros); e (b) o padrão de incidência conceitual e interação variam substancialmente em casos do mesmo tipo (isto é, o domínio envolve irregularidades em cada caso).¹

A expressão gênica é um processo vital na interação indivíduo/meio-ambiente. Partindo da premissa sistêmica de que há interações entre indivíduos de espécies diferentes e da mesma espécie, devemos considerar como estas interações ocorrem.

Torna-se difícil perceber que as células e tecidos respondem a demandas do meio via sinalização química ou elétrica. Os hormônios, os sinalizadores mais bem estudados, atuam através de segundos mensageiros intracelulares (AMPc, fosfatidilinositol), causando respostas mais ou menos imediatas no metabolismo celular. Entretanto, a médio e longo prazo, precisa haver uma adaptação da célula às alterações do meio, o que ocorre por regulação da expressão gênica. Os obstáculos didáticos surgem como consequência das dificuldades epistemológicas do professor – é difícil buscar recursos e estratégias que contemplem uma perspectiva não alcançada pelo docente. Assim, os problemas e as dificuldades se perpetuam.

Compreender a expressão gênica de forma linear não é difícil, ainda que muitos conceitos sejam necessários a sua compreensão (Quadro 2). *Transcrição, splicing, tradução e pós-tradução* ocorrem sequencialmente durante as fases G1 e G2 do ciclo celular (Intérfase). Entretanto, a irregularidade do conceito se manifesta ao

¹ Tradução da Prof. Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão.

analisarmos situações, em que cada uma dessas etapas poderá se sobressair às demais seja por hiper-expressão ou supressão da expressão.

Quadro 2. Posicionamento científico frente aos conceitos abordados na pesquisa

Conceitos	Posicionamento Científico	Referências
DNA	Uma cadeia dupla de nucleotídeos ligados (tendo desoxirribose como seu açúcar); a substância fundamental da qual são compostos os genes.	Griffiths, 2008; p. 700
Cromatina	Complexo DNA-proteínas (histonas) localizado no núcleo, que se cora por corantes básicos e corresponde aos cromossomos da célula, quando esta não está em divisão.	Griffiths, 2008; p. 699 Junqueira & Carneiro, 2004; p. 286
Gene	A unidade física e funcional fundamental da hereditariedade, que leva informações de uma geração para a seguinte; um segmento de DNA composto de uma região transcrita e uma sequência regulatória que possibilita sua transcrição.	Griffiths, 2008; p.703
Éxon	Uma das regiões codificantes de um gene descontínuo. Qualquer trecho não íntron da sequência codificante de um gene; juntos, os éxons correspondem ao mRNA que é traduzido em uma proteína. A sequência de DNA que é expressa como uma sequência de mRNA.	Brown, 1999; p. 317 Griffiths, 2008, p. 702 Campbell, 2000 p. 724
Íntron	Sequência intercalar – um íntron; um segmento de função amplamente desconhecida dentro de um gene. Este segmento é inicialmente transcrito, mas o transcrito não é encontrado no m RNA funcional. As partes da molécula de um pré-RNA mensageiro, ou seu equivalente no DNA, que são removidas por “splicing”, para possibilitar a junção dos éxons que irão constituir a molécula do RNA mensageiro.	Griffiths, 2008; p. 713 Junqueira & Carneiro, 2004; p. 289
RNA	Um ácido nucléico filamentar similar ao DNA, mas tendo o açúcar ribose e não a desoxirribose e uracila ao invés de timina como uma das bases nitrogenadas. Ácido ribonucléico, uma das duas formas de ácido nucléico nas células vivas.	Griffiths, 2008; p. 712 Brown, 1999; p. 327
Ribossomo	Uma das estruturas feitas de RNA e proteína que participam da tradução. Uma organela complexa que catalisa a tradução do RNA mensageiro em uma sequência de aminoácidos. Composto de proteínas mais RNA.	Brown, 1999; p. 327 Griffiths, 2008; p. 712
Proteína	É uma longa cadeia de aminoácidos ligados através de ligações peptídicas covalentes. São polímeros que consistem de aminoácidos ligados por ligações peptídicas covalentes.	Alberts, 2009; p. 125 Campbel, 2000 p. 120
Enzima	Uma proteína que funciona como catalisadora de reações. Proteína que catalisa uma reação química específica.	Griffiths, 2008; p. 701 Alberts, 2009; G12 (p. 1613)

Ciclo Celular	Um conjunto de eventos que ocorrem nas divisões das células mitóticas. O ciclo celular oscila entre mitose (fase M) e interfase. A interfase pode ser subdividida na ordem G1, fase S e G2.	Griffiths, 2008; p. 697
Intérfase	Período da vida da célula entre duas divisões mitóticas. O estágio do ciclo celular entre as divisões nucleares, quando os cromossomos estão distendidos e funcionalmente ativos.	Junqueira & Carneiro, 2004; p. 289 Griffiths, 2008; p. 706
Fenótipo	A forma adotada por alguma característica (ou grupo de características) em um indivíduo específico. (2) As manifestações externas de um genótipo específico. As características observáveis de uma célula ou organismo (em grande parte, depende do genótipo).	Griffiths, 2008; p. 703 Junqueira & Carneiro, 2004; p. 287
Genótipo	A composição alélica específica de uma célula, seja de toda a célula ou, mais comumente, de um certo gene ou um grupo de genes.	Griffiths, 2008; p. 704
Mutação	(1) O processo que produz um gene ou um conjunto cromossômico que difere do tipo selvagem. (2) O gene ou o conjunto cromossômico que resulta de tal processo.	Griffiths, 2008; p. 708
Transcrição	A síntese de RNA a partir de um molde de DNA. Síntese de RNA sobre um molde (<i>template</i>) de DNA, catalisado pelas enzimas denominadas RNA-polimerases ou transcriptases.	Griffiths, 2008; p. 715 Junqueira & Carneiro, 2004; p. 293
Splicing	Processo que tem lugar na molécula de um RNA precursor, pelos quais os íntrons são removidos e os éxons são soldados para formar uma molécula de RNA.	Griffiths, 2008; p. 292
Tradução	A produção mediada por ribossomo e tRNA de um polipeptídeo cuja sequência de aminoácidos é derivada da sequência de códons de uma molécula de mRNA. Síntese de uma molécula protéica sob o comando da informação contida na molécula de um RNA mensageiro.	Griffiths, 2008; p. 715 Junqueira & Carneiro, 2004; p. 292
Pós-Tradução	Processo em que as proteínas nascentes são dobradas corretamente com a ajuda das chaperonas, Algumas podem ter seus aminoácidos modificados quimicamente por quinases, fosfatases e peptidases. Tais eventos são fundamentais para o funcionamento da proteína.	Griffiths, 2008; p. 280-283

Fonte: Dados organizados pela Autora a partir da bibliografia referenciada.

Para que fosse possível o alcance do objetivo, na terceira etapa do jogo apresentamos aos sujeitos seis mini-casos, onde cada dupla ou trio de participantes deveria, a partir das discussões durante o jogo e, conseqüentemente, da vivência do conteúdo partilhado nas jogadas, pôr em prática o conhecimento a respeito do tema, explicando o contexto a partir da inter-relação dos casos (eventos) solucionando assim, as situações relatadas nos mini-casos.

Tanto os casos quanto os mini-casos tiveram como principal objetivo possibilitar, durante a execução do jogo, que as interações entre os participantes e entre estes e o meio (em nosso caso, o jogo) mediassem uma reformulação, uma reconstrução ou mesmo, a construção do conceito-tema a partir dos diálogos estabelecidos, de forma que fosse possível a aplicação do deste em diferentes contextos (VIGOTSKI, 2007; SPIRO, 1988; CARVALHO, 2000).

Os casos e mini-casos a seguir ressaltam as propriedades de um domínio pouco-estruturado.

2.1 Caso 1: A Fenilcetonúria

Incapacidade de sintetizar a enzima *fenilalanina hidroxilase* que transforma o aminoácido fenilalanina em tirosina, acumulando toxinas em forma de fenilcetonas que, por sua vez, afetam o tecido nervoso prejudicando também a síntese de melanina e causando clareamento de pele e pelos. Sua causa deve-se a uma mutação no loco do gene PAH. A tirosina é degradada a substâncias importantes para o bom funcionamento cerebral, entre elas os neurotransmissores dopamina e noradrenalina.

Mini-caso 1

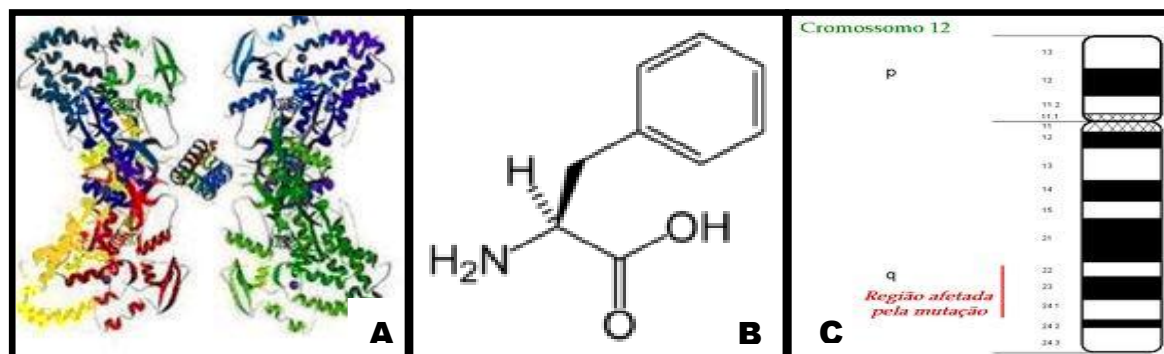
Indivíduo com tendências a alterações no metabolismo da fenilalanina hidroxilase podendo apresentar retardo mental.

De acordo com Champe (2005), doenças *Genéticas* são distúrbios nos quais os sintomas estão ligados a alterações no **DNA**. Segundo o autor, no passado, os esforços para definir como ocorria a interrupção do fluxo normal de informações do **DNA** à **proteína** foram confundidos pelo imenso tamanho do **DNA**. Hoje, já é possível, através do Projeto Genoma Humano, determinar a sequência de nucleotídeos das longas fitas de **DNA**, possibilitando a compreensão de muitas doenças *Genéticas*, sendo a fenilcetonúria uma delas (CHAMPE *et al.*, 2009).

A fenilcetonúria é o erro congênito mais comum no metabolismo dos aminoácidos e resulta da deficiência da **enzima** fenilalanina hidroxilase (PAH), catalisadora da conversão da fenilalanina em tirosina. A PAH é codificada por um **gene** que se localiza no cromossomo 12 e que, após **splicing** e consequente retirada dos **íntrons**

(regiões não-codificantes), passa a apresentar 13 **éxons** que codificam um **RNA** mensageiro de 2,4 kb (VILARINHO *et al.*, 2006). A representação da fenilalanina hidroxilase, sua conformação química e a região cromossômica afetada pela **mutação** podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1. Fenilalanina hidroxilase



Legenda: A. Fenilalanina hidroxilase (PAH). Disponível em:

<http://pkubiobio.blogspot.com/2008/06/doena_15.html>

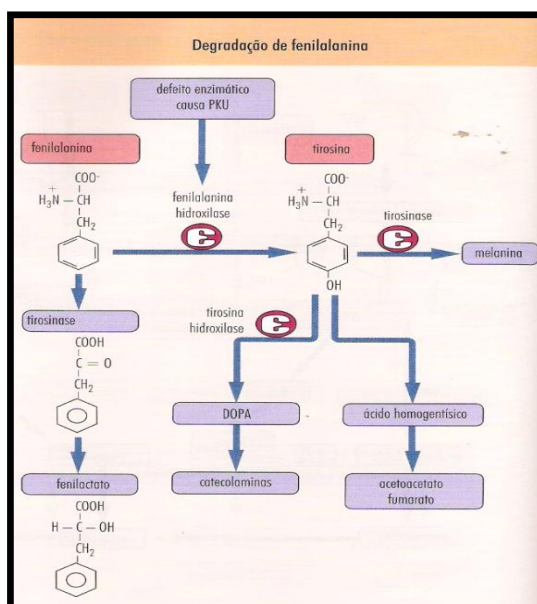
B. Conformação química do aminoácido fenilalanina (Phe). Disponível em:

<<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/42/L-phenylalanine-skeletal.png/118px-L-phenylalanine-skeletal.png>>

C. Cromossomo 12 e loco da PAH. Disponível em: <<http://www.virtual.epm.br/material/tis/curr-bio/trab99/fenilcetonuria/images/cromossomo.gif>>

A fenilalanina, após ser degradada em tirosina, precisa ser metabolizada a acetoacetato e fumarato (Figura 2), sendo precursora também de outros hormônios e do pigmento melanina. Se a fenilalanina, que entra no corpo através dos alimentos, não for degradada, passa a se acumular e acaba por ser convertida em ácido fenilpirúvico que, transportado para o cérebro através do sistema circulatório, termina por impedir o desenvolvimento neurológico normal, provocando retardo mental por prejudicar a ação dos neurotransmissores (GRIFFITHS, 2008).

Figura 2. Metabolismo da fenilalanina

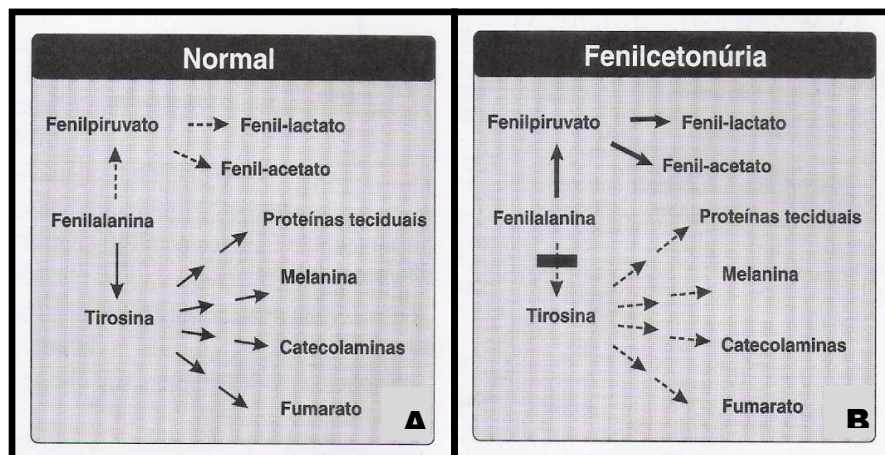


Fonte: (BAYNES & DOMINICZAK, 2007; p. 266)

Muitos estudos de sequenciamento de alelos em pacientes com fenilcetonúria apresentam grande número de **mutações** no **gene** que codifica a **enzima** PAH. A maioria das **mutações** se relaciona com substituições nucleotídicas, deleções ou inserções no **éxon 7**. A PAH é composta por apenas um polipeptídeo. As **mutações** podem ocorrer em qualquer parte do loco gênico, porém, as mais distantes do sítio ativo provavelmente são **mutações** silenciosas (a troca de um nucleotídeo por outro que codifica o mesmo aminoácido, pois o DNA é redundante), desta forma, não resultarão numa **proteína** defeituosa e, portanto, produzirão o **fenótipo** selvagem. Tais **mutações** variam de acordo com os grupos populacionais e as etnias (GRIFFITHS, 2008; VILARINHO, 2006).

Como doença autossômica recessiva, a fenilcetonúria é causada por um alelo "defeituoso" que, sendo expresso, leva a fenilalanina hidroxilase a não funcionar corretamente, provocando no organismo uma deficiência no metabolismo de degradação da fenilalanina. Comparando o metabolismo da fenilalanina entre indivíduos normais e indivíduos fenilcetonúricos (Figura 3) percebe-se que a "falha" no funcionamento da enzima interfere diretamente no metabolismo da tirosina, expondo o organismo a um acúmulo de substâncias tóxicas e incompatíveis com o desenvolvimento e funcionamento normal.

Figura 3. Comparação das rotas do metabolismo de fenilalanina entre indivíduos “normais” ou fenilcetonúricos

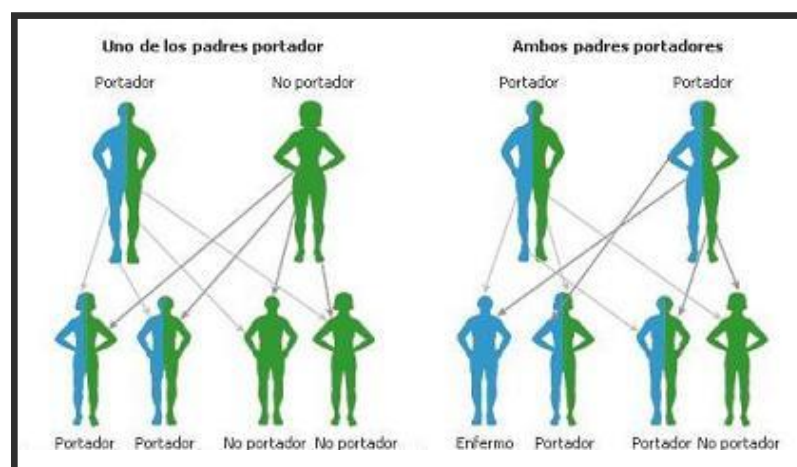


Legenda: A. Em indivíduos normais. B. Em pacientes que apresentam fenilcetonúria.

Fonte: Adaptado de Champe, 2009; p. 259.

A fenilcetonúria é herdada de modo mendeliano simples e geralmente aparece na prole de pais não afetados. O **gene** que a expressa se encontra em um autossomo, ou seja, pode ser encontrado tanto em homens quanto em mulheres assim, descarta-se a possibilidade da transmissão pelos cromossomos sexuais (GRIFFITHS, 2008). A Figura 4 apresenta a transmissão do alelo recessivo para a fenilcetonúria que possibilita sua expressão ou supressão.

Figura 4. Transmissão do alelo recessivo da fenilcetonúria



Fonte: <http://4.bp.blogspot.com/_yFhQBsuz1Uw/TUNgfJQkrcl/AAAAAAAAAIQ/sYvQ6WyFlg4/s1600/geneticamente.jpg>

A **mutação** no loco do **gene PAH**, **transcrita e traduzida** a uma **enzima** defeituosa acarretará não apenas o retardo mental, mas também um odor específico, uma

pigmentação cutânea muito clara, marcha alterada, posturas sentada e em pé incomuns e uma alta frequência de ataques epiléticos. Para evitar que tais sintomas se estabeleçam, é essencial um diagnóstico precoce de forma que as chances de vida (com qualidade) sejam alcançadas, evitando principalmente o retardo mental. Assim, realiza-se o rastreio neonatal, isto é, todos os recém-nascidos passam pelo “teste do pezinho” com o intuito de prevenir o aparecimento de sinais e sintomas inerentes a fenilcetonúria (baseando-se na detecção da hiperfenilalaninemia) e outras patologias (BAYNES & DOMINICZAK, 2007).

Podemos perceber, em uma sequência lógica de eventos que muitos conceitos elencados para esta pesquisa foram contemplados durante a descrição desta doença, embora outros não o tenham sido (tal situação vai de encontro aos preceitos da TFC, que aponta para o fato de que cada caso e, conseqüentemente, mini-caso não apresentará, em seu contexto, todos os conceitos pertinentes à compreensão do conteúdo em estudo, mas a mobilização de seus “pontos” principais). Assim, a compreensão do contexto se dará através da “soma” dos casos e mini-casos apresentados. Por isso, os autores desta teoria apontam para a utilização de diferentes mini-casos de um mesmo caso, uma vez que, nesta perspectiva, todos os conceitos serão certamente mobilizados durante as discussões entre os sujeitos, daí a importância das interações bem como da mediação (SPIRO, 1988; 1989; CARVALHO, 2000, 2004).

Uma proposta lúdica, mediadora, que busca alcançar a flexibilidade cognitiva em seus sujeitos aprendentes, precisa, portanto, estimular que um mesmo conteúdo seja visto e revisto sobre diferentes focos. Esta situação pode ser conquistada através de uma “travessia de paisagem em várias direções”, isto é, estimulando os estudantes a aplicar o conteúdo em diferentes situações, a fim de solucionar os problemas que se apresentem e, desta forma, aplicar este conhecimento em situações reais do cotidiano. Se os estudantes são estimulados a compreender a natureza do que verdadeiramente ocorre, isto vai torná-los aptos à aprendizagem (CARVALHO, 2000) e passíveis de aplicar tais conhecimentos em outros contextos ou situações.

2.2 Caso 2: A Anemia Falciforme

A anemia falciforme consiste numa deficiência no transporte do oxigênio para os pulmões. Decorre de uma mutação no gene da hemoglobina β a partir da “troca” de uma base nitrogenada (adenina) por outra (timina), ocasionando em sua tradução, a substituição do ácido glutâmico pela valina, favorecendo o surgimento da hemoglobina S, que modifica a forma redonda e flexível das hemácias para o formato rígido de “foice”. Atividade física em excesso e mudanças climáticas, entre outras condições, provocam a falcização das hemácias, que ao acumularem-se nos vasos sanguíneos causam vaso-obstrução, dificultando a chegada do oxigênio aos tecidos, acarretando dor. O tempo de vida das hemácias é mais curto e, por não serem produzidas em tempo hábil, provocam anemia.

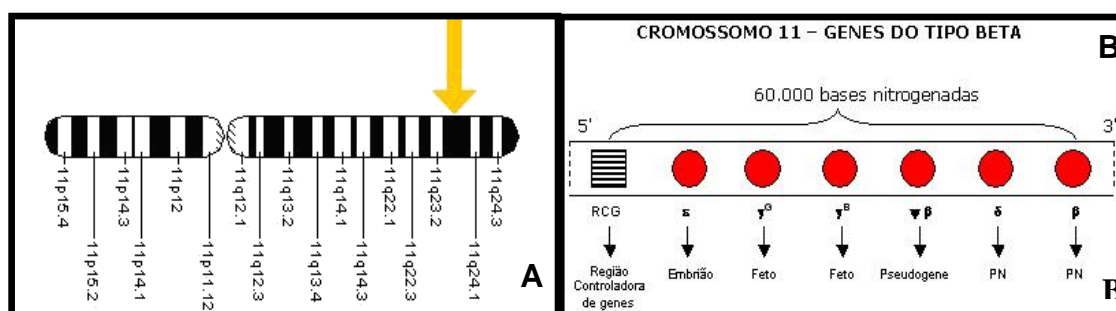
Mini-caso 2:

Indivíduo que em condições de hipóxia poderá apresentar falcização das hemácias provocando dor e dificuldades respiratórias.

Segundo Griffiths (2008) as **mutações** são responsáveis por um grande número de doenças. Por diversas vezes, a causa da **mutação** é a remoção de um sítio de restrição, que normalmente está presente. Em outras ocasiões, este processo acontece de modo reverso e, de forma ocasional, altera uma sequência normal criando um sítio de restrição, conveniente ao **genótipo** causador da doença.

Dentre as doenças *Genéticas* mais conhecidas se encontra a anemia falciforme, provocada por uma **mutação** bem caracterizada no loco gênico da cadeia beta da hemoglobina (Hb^S) que está localizada no cromossomo 11 (Figura 5). A Hb^S é responsável pelo transporte de oxigênio, sendo também a principal constituinte das hemácias. Indivíduos com este distúrbio são homozigotos para o alelo que codifica a hemoglobina S em lugar da hemoglobina normal (Hb^A).

Figura 5. Cromossomo 11

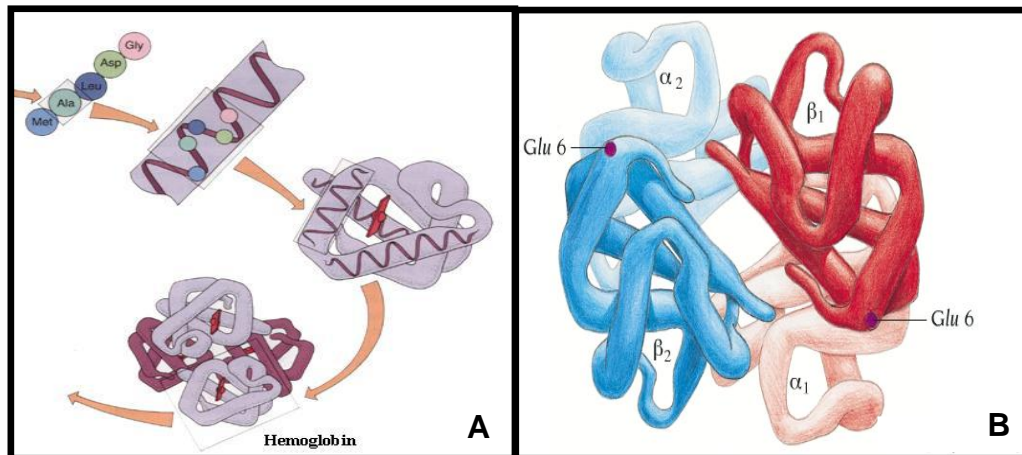


Legenda: A. Região normalmente afetada por mutações (seta amarela). B. Esquema para representação do agrupamento de genes de globinas do tipo beta, com destaque para a Região Controladora de Genes (RCG) e tamanho de cada agrupamento caracterizado pelo número aproximado de bases nitrogenadas. PN: pós-nascimento. Disponível em A. www.hepcentro.com.br/images/hmbsgene.gif e B. www.hemoglobinopatias.com.br/hemoglobina/sintese-gene.htm.

O alelo Hb^A produz hemoglobina funcional suficiente para evitar a anemia. Em relação à forma da hemácia, há uma dominância incompleta, pois muitas células apresentam a forma ligeiramente “afoçada” e, com relação a própria hemoglobina, há uma co-dominância. Esta doença resulta da substituição de uma *valina* por um *ácido glutâmico* na sexta posição de aminoácido da cadeia β -globina, de modo que ocorre uma mudança de GAG para GTG (guanina-adenina-guanina: valina para guanina-timina-guanina: ácido glutâmico), eliminando, assim, o sítio de corte da **enzima** de restrição *MstII* (GRIFFITHS, 2008). O esquema apresentado na Figura 6 representa a formação de uma hemoglobina normal.

A profilaxia da anemia falciforme é indispensável para que seu tratamento seja eficaz. Este processo inclui vários passos, sendo o diagnóstico nos recém-nascidos (“teste do pezinho”) o principal. Há ainda, caso necessário, a eletroforese de hemoglobina e o próprio hemograma. A partir do diagnóstico, se inicia um programa de educação familiar e acompanhamento médico regular, vacinação contra pneumococos e hepatite B quando em idade apropriada, pois diversos estudos demonstraram que os patógenos promotores destas doenças são comumente encontrados no sangue de indivíduos falcêmicos (BAYNES & DOMINICZAK, 2007; DI NUZZO e FONSECA, 2004, 2004). O **gene** da hemoglobina S apresenta alta incidência na África e em toda a América e, no Brasil, é encontrado com maior frequência nas regiões Sudeste e Nordeste.

Figura 6. Formação de uma hemoglobina normal

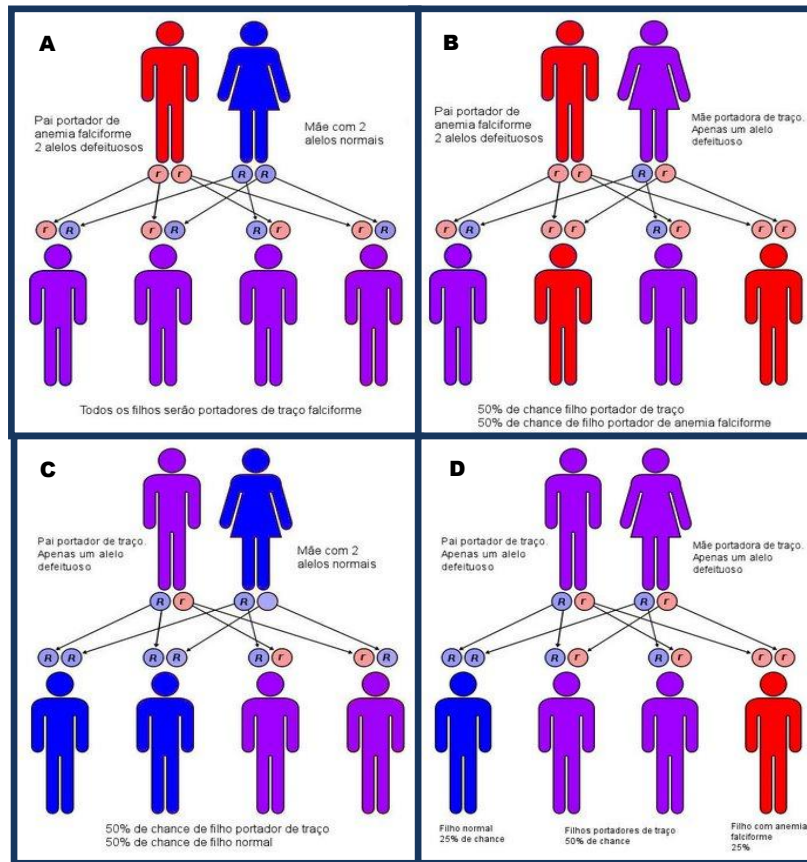


Legenda: A. Esquema da formação da hemoglobina normal (Hb). B. Estrutura quaternária da hemoglobina normal (Hb). Pode-se observar as duas cadeias em conjunto onde cada molécula de globina se comunica com as outras três, criando as subunidades.

Fonte: (A) <<http://medicina.med.up.pt/bcm/trabalhos/2006/aminhaproteinafavorita/estrutura.htm>> (B) <<http://fmc.unizar.es/people/fff/Jsancho3/falciforme1.JPG>>

A anemia falciforme é transmitida por cruzamento mendeliano simples (Figura 7D) e assim, num cruzamento entre um afetado ($Hb^A Hb^S$) e um indivíduo "normal" ($Hb^A Hb^A$), todos os nascidos desta prole serão heterozigotos e portanto, portadores do traço falciforme (Figura 7A). No caso de um cruzamento entre um afetado ($Hb^S Hb^S$) e um portador do traço ($Hb^A Hb^S$), aproximadamente metade dos nascidos desta prole apresentarão o traço enquanto que outra metade desenvolverá a doença (Figura 7B). O alelo responsável pela expressão da anemia falciforme é recessivo para esta característica.

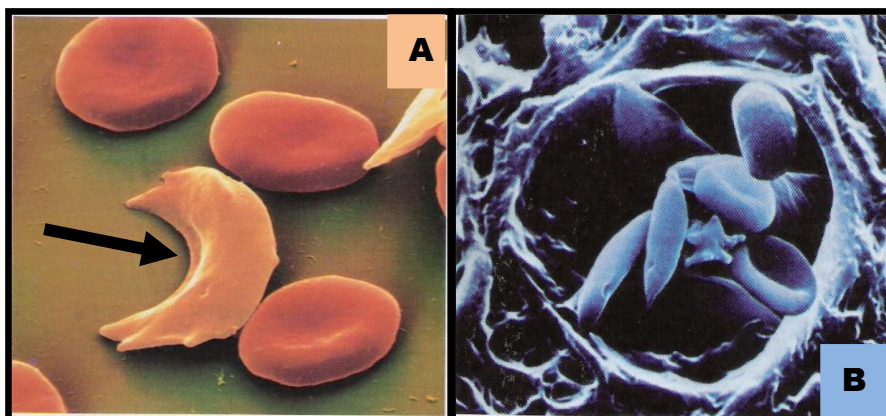
Figura 7. Transmissão dos alelos para a anemia falciforme



Legenda: Entre pai portador e mãe normal (A, C) ou entre pais portadores (B e D).

Fonte: <<http://www.mdsaude.com/2008/12/anemia-falciforme-drepanocitica-e-trao.html>>

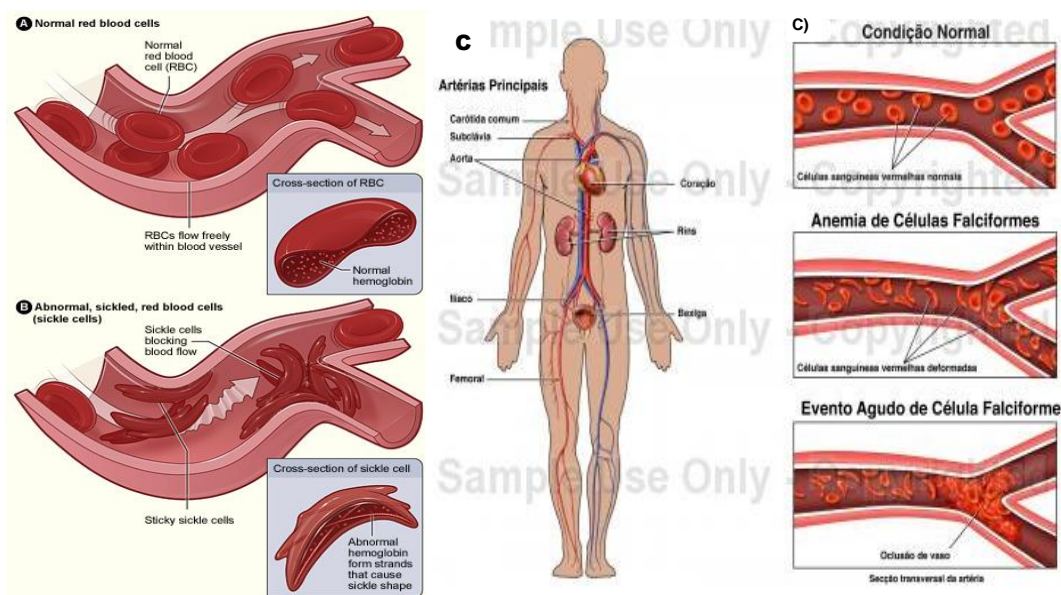
Os heterozigotos (Figura 7D) apresentam um **gene** normal e um **gene** falciforme. As hemácias destes heterozigotos contém ambas as hemoglobinas (Hb^A e Hb^S), assim, tais indivíduos apresentam traço falciforme, mas não desenvolvem a doença (BAYNES & DOMINICZAK, 2007; CHAMPE *et al.*, 2009).

Figura 8. Hemácias falcêmicas

Fonte: GRIFFITHS, 2008

Os eritrócitos falciformes (Figura 8A e B) são menos flexíveis do que os normais, assim, não se movem com facilidade e bloqueiam o fluxo sanguíneo, especialmente no baço e articulações. A meia-vida destas células é consideravelmente menor, o que leva à hemólise e, conseqüente, à anemia. Um indivíduo com anemia falciforme apresenta episódios de crises hemolíticas e vaso-oclusivas (Figura 9B e C) que provocam dor aguda nos ossos, tórax e abdome. Dentre os efeitos descritos para esta doença estão: o comprometimento do crescimento, a predisposição a infecções e danos em múltiplos órgãos (BAYNES & DOMINICZAK, 2007).

Figura 9. Hemácias normais e falcêmicas na circulação sanguínea



Legenda: A. Hemácias normais. B. Hemácias falcêmicas. C. Representação das condições normais e falcêmicas na circulação sanguínea.

Fonte: Disponível em: <http://catch-acure2009.com/images/bloodcells.jpg>

Ao discorrer sobre um tema tão relevante e atual, aponta-se para o fato de que diversos conceitos foram contemplados enquanto que outros não. De um modo geral, estes conceitos são semelhantes aos encontrados no primeiro mini-caso, uma vez que a importância real do mini-caso é favorecer à compreensão, pelo estudante, de que tais conceitos são recorrentes. Isto nos possibilita a percepção de que os conteúdos em diferentes ângulos, inseridos em contextos micro e macro, podem ser trabalhados numa perspectiva sistêmica, favorecendo o alcance da flexibilidade cognitiva.

2.3 Caso 3: O Diabetes Mellitus Tipo 1

Doença auto-imune provocada pelo “ataque” dos anticorpos do indivíduo às células β do pâncreas, destruindo-as, prejudicando desta maneira a síntese de *insulina*, que controla o metabolismo da glicose no organismo. Os sintomas mais frequentes são sede e fome intensas, aumento do volume de urina, perda de peso, tonturas, fadiga e turvação visual.

Mini-caso 3:

Indivíduo acometido de autoimunização provocada pelo ataque de anticorpos às células β do pâncreas, prejudicando a síntese de insulina e o metabolismo da glicose.

O termo diabetes mellitus (DM) tem origem do grego e significa “sifão doce como mel”. Tal termo começou a ser utilizado quando, para diagnosticar um paciente portador da doença, os médicos precisavam provar sua urina (DUGI, 2006).

Entre os sintomas da hiperglicemia estão poliúria, polidipsia, polifagia, perda de peso e visão turva e, ainda, complicações agudas que podem provocar a morte (GROSS, 2002; MARASCHIN *et al.*, 2010).

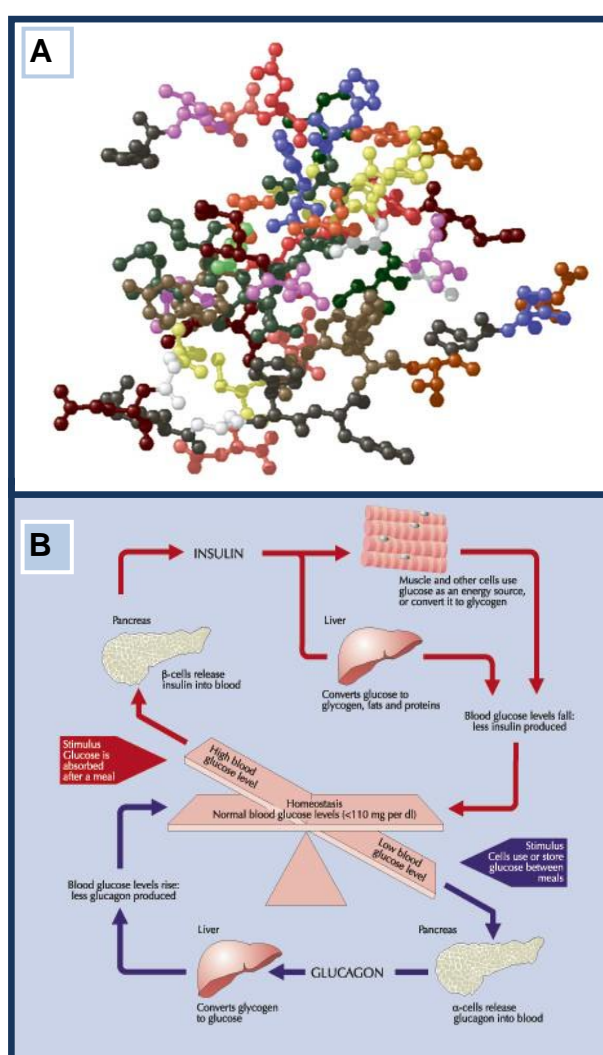
No Brasil, há grande incidência do diabetes mellitus tipo 1 (DM1), pois em nosso país há uma mistura *Genética* imensa, proveniente das nossas origens. Assim, **genes** herdados de caucasianos, africanos, índios e europeus tornam o nosso **genótipo** e, conseqüente **fenótipo**, diversificado. Este fator é determinante para a predisposição à doença, indo de encontro aos fundamentos da seleção natural e da evolução das espécies, uma vez que a mistura *Genética* surgiu a partir das interações entre diferentes povos, promovendo variações de etnias como o surgimento dos caboclos, mulatos e cafusos (DARWIN, 2009; SEMZEZEM & OLIVEIRA, 2009; MAYR, 2006).

De acordo com Gross *et al.*, (2002), o DM inclui um grupo heterogêneo de doenças metabólicas caracterizadas por hiperglicemia e que está diretamente relacionada com a síntese, a secreção ou ação do hormônio insulina (Figura 10A), além de complicações neurológicas e vasculares, a longo prazo (Figura 10B). O diabetes é classificado baseando-se nas necessidades metabólicas da insulina pelo organismo em: DM tipo 1, DM tipo 2, diabetes gestacional e outros tipos específicos (MARASCHIN *et al.*, 2010).

O DM é de uma etiopatogenia muito complexa, causada por inúmeros fatores genéticos e ambientais, considerada, desta forma, como multifatorial. O DM tipo 1 é uma doença órgão-específica e provocada pela destruição das células β do pâncreas, produtoras do hormônio insulina, desenvolvendo-se num processo de

auto-agressão lenta. Sem a insulina necessária ao “controle” da glicemia, num processo mediado pelo sistema imunológico, há um aumento hiperglicêmico permanente, levando os indivíduos a necessitarem de doses diárias deste hormônio para sua sobrevivência. Contextualizando de modo geral, a insulina é responsável pela inibição da secreção de glicose pelo fígado e assim estimula o acúmulo de glicogênio, interferindo diretamente neste metabolismo (ZECHIN *et al*, 2004; SESTERHEIM *et al.*, 2007; SEMZEZEM & OLIVEIRA, 2009).

Figura 10. Metabolismo da insulina no organismo



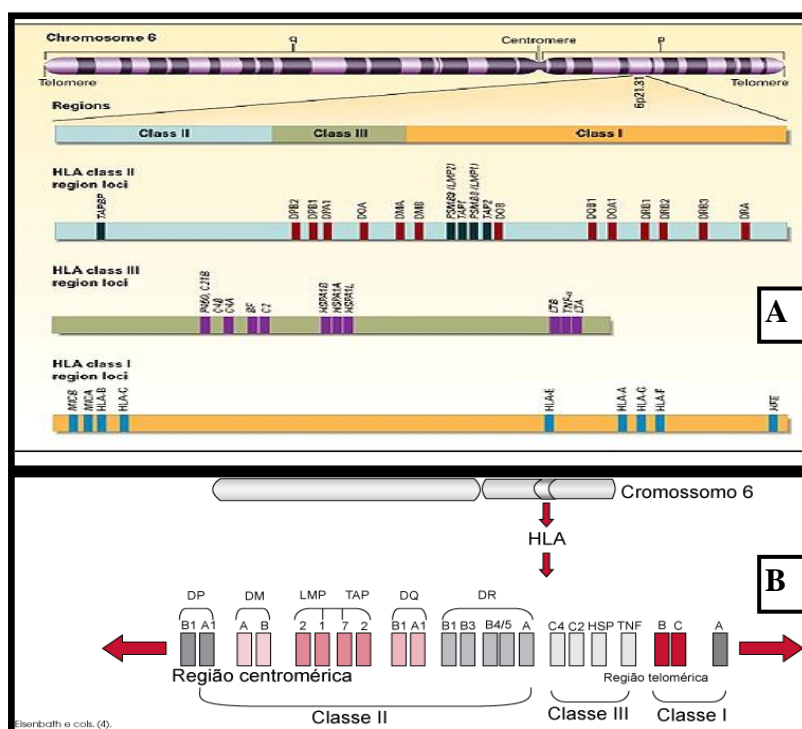
Legenda: A. Estrutura tridimensional da insulina. B. Metabolismo da insulina e do glucagon.

Fontes: A. <http://www.scienceinschool.org/repository/images/diabetes_structure_large.jpg> e B. <http://www.scienceinschool.org/repository/images/diabetes_glucose_large.jpg>

Diferentes genes contribuem para uma predisposição à DM tipo 1, sendo mais de vinte locos descritos como favoráveis à esta suscetibilidade. Estes foram denominados IDDM, estando os mais importantes localizados nos cromossomos 1, 2, 6 e 11. Os **genes** do complexo de histocompatibilidade principal (*Main Histocompatibility Complex*; MHC) compreendem aqueles que se encontram agrupados de acordo com a sua estrutura molecular, função biológica e distribuição tecidual em classes (Figura 11A e B). A classe I (genes teloméricos) é responsável pela codificação de moléculas presentes em praticamente todas as células nucleadas e em plaquetas. Estas moléculas apresentam os peptídeos para os linfócitos T CD8+, além de manterem uma interação com as células *natural killer* para inibição da resposta imune. A classe II (genes centroméricos) está envolvida com a codificação de células imuno-competentes, incluindo os macrófagos, as células dendríticas, os monócitos, os linfócitos T ativados e os linfócitos B, que apresentam peptídeos para os linfócitos T CD4+ (SILVA, MORY & DAVINI, 2008; SESTERHEIM *et al.*, 2007).

As classes de genes I e II estão separadas pela classe III (Figura 11B). Estes últimos, ao serem **transcritos** em um **RNAm**, participam da síntese de **proteínas** importantes à resposta imune, como as do choque térmico (loco HSP70) e do fator de necrose tumoral (loco TNF). A região do sistema antígeno leucocitário humano (HLA) se encontra localizada no complexo MHC e acaba por conferir maior risco ao desenvolvimento dos principais **genótipos** de predisposição (loco IDDM1) à doença. No entanto, deve-se ainda levar em conta as predisposições étnicas (SESTERHEIM *et al.*, 2007).

Figura 11. Cromossomo 6



Legenda: A. Localização das classes de genes. B. Estrutura gênica do MHC humano, identificando os genes HLA de classe I (HLA-A, B, C), de classe II (HLA-DR, DQ e DP) e os de classe III.

Fontes: A. <<http://www.abrale.org.br/imgs/grafico.jpg> e B. <http://www.scielo.br/img/revistas/abem/v52n2/04f2.gif>>

O DM1 é considerado como uma doença poligênica complexa, uma vez que há diferentes genes envolvidos em sua expressão. Assim, acredita-se que o DM seja um conjunto de distúrbios genéticos, que se expressam por fenótipos semelhantes em que a interação gênica com diferentes fatores ambientais podem vir a desencadear processos auto-imunes, principalmente infecções virais, dieta na infância, vacinas, estresse emocional, influências climáticas, sazonalidade e agentes sanitários. A presença de anticorpos (anti-ilhota, anti-insulina e descarboxilase ácido glutâmico) é indicativo deste tipo de diabetes, uma vez que funcionam como marcadores de auto-imunidade (SESTERHEIM *et al.*, 2007; SEMZEZEM & OLIVEIRA, 2009; MARASCHIN *et al.*, 2010).

Ao longo da descrição do diabetes, são apresentados diversos conceitos necessários à expressão desta doença, especialmente o **gene**, sendo este considerado um dos principais fatores para o desenvolvimento deste **fenótipo**, uma vez que se encontra envolvido com a predisposição. Apontamos ainda para a amplitude deste tema, uma

vez que o mesmo é decorrente de interações dos elementos micro e macroscópicos, sendo uma doença em crescente expansão, especialmente no Brasil.

Assim, a compreensão dos fatores responsáveis pelo seu desenvolvimento, “marcado” no genótipo humano, predispõe à doença, mas isso não quer dizer que a mesma se expresse, pois isso dependerá das interações biológicas com o ambiente. Sendo assim, destaca-se a importância das interações, especialmente entre os sujeitos, num trabalho em grupo, onde as relações estabelecidas e a contextualização do tema são facilitadores da compreensão dos processos (conceitos) micro e macro, numa perspectiva sistêmica que certamente contribuirá para a superação de conflitos em outras situações, que por ventura se apresentem aos estudantes.

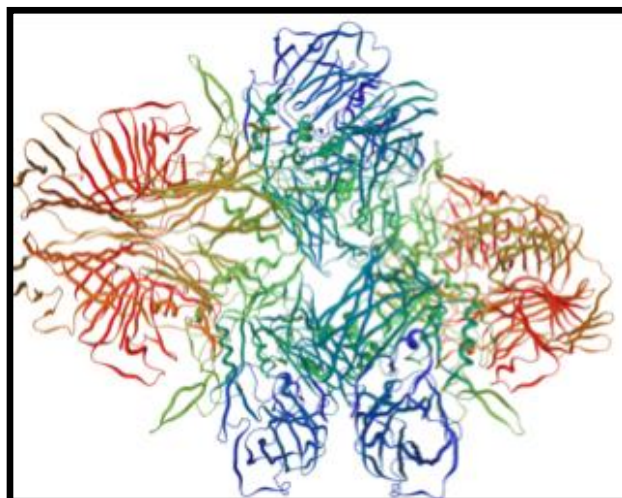
2.4 Caso 4: A Intolerância à Lactose

Incapacidade de aproveitamento da lactose decorrente de uma mutação no loco do gene LAC, que vem a causar uma deficiência na síntese da enzima β -galactosidase (lactase), responsável pela quebra da lactose em galactose e glicose. Esta deficiência provoca diarreia osmótica devido ao aumento da produção de gases e ácidos, acarretando grande perda intestinal de líquidos orgânicos.

Mini-caso 4:

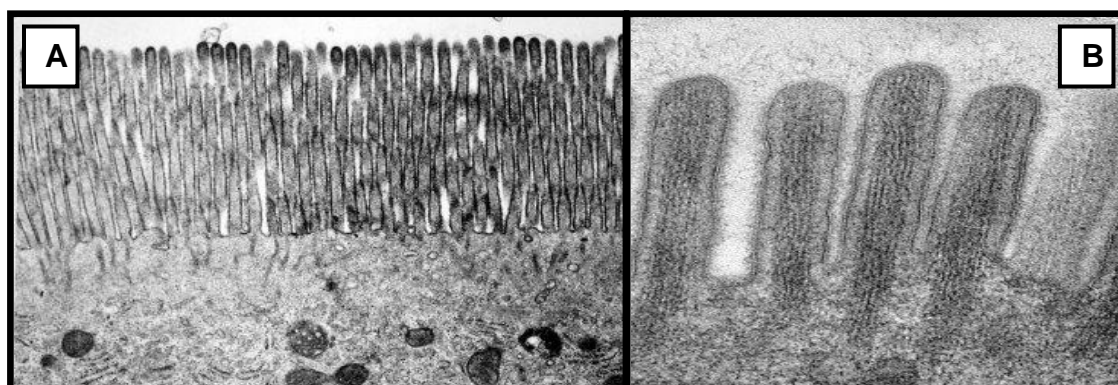
Indivíduo com incapacidade de aproveitamento da lactose, decorrente de deficiência na síntese da enzima β -galactosidase (lactase).

A intolerância à lactose vem sendo muito estudada desde que foi descoberta por volta dos anos sessenta. Pode ter origem congênita, primária ou *Genética* e secundária ou adquirida. A **enzima** D-galactosidase ou lactase (Figura 12) é responsável pela degradação da lactose, um dissacarídeo, liberando seus componentes monossacarídicos na corrente sanguínea. Esta **enzima** apresenta atividade extremamente alta nos neonatos e após o período de amamentação ocorre uma redução na absorção de lactose geneticamente programada e irreversível. Sendo assim, a intolerância à lactose é proveniente da diminuição da capacidade de hidrolisar a lactose ou **proteína** do leite, resultando numa hipolactasia.

Figura 12. Estrutura da lactase

Fonte: <http://www.10jahresib.ethz.ch/10_years_SIB/educational.html>

Uma má absorção e indigestão de lactose são consideradas como padrão fisiológico normal, mas também são indicativos do desenvolvimento desta doença, no entanto, a hipolactasia pode ser secundária, proveniente de organismos patógenos ou substâncias químicas que provoquem danos à borda em escova (microvilosidades) do intestino delgado (Figura 13) ou ainda, que aumentem o trânsito intestinal, como, por exemplo, nas enterites infecciosas ou de indução química, giardíase, doença celíaca e anemia. A hipolactasia primária é irreversível, mas, a secundária é reversível (MATTAR & MAZO, 2010; BARBOSA & ANDREAZZI, 2011).

Figura 13. Micrografia do intestino delgado.

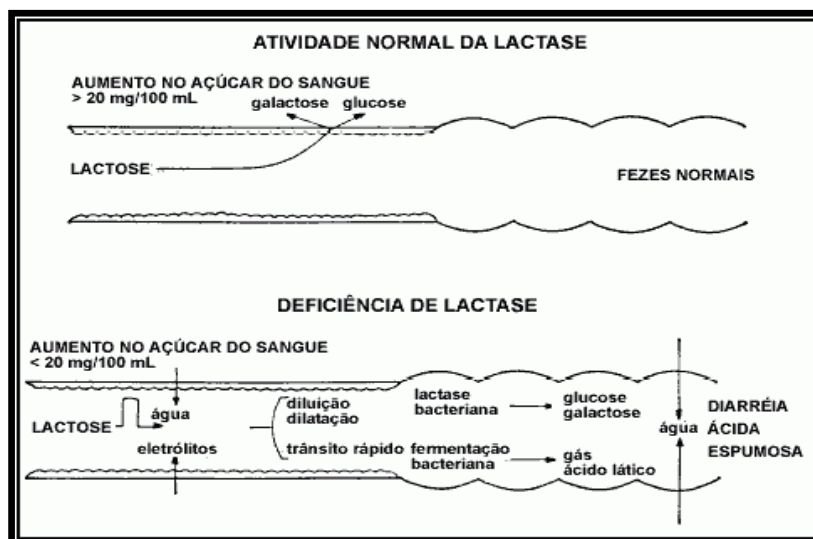
Legenda: A. Enterócito e no pólo apical as microvilosidades, local de ação da lactase. B. Microvilosidades em maior aumento.

Fonte: <<http://gastropedinutri.blogspot.com/2009/05/intolerancia-lactose-mitos-e-realidade.html>>

Estudos realizados por Sahi *et al.*, (1973 *apud* MATTAR & MAZO, 2010) apontaram para uma variação no **genótipo** de indivíduos de diferentes populações (França, América do Norte, Coreia e Alemanha). Tais indivíduos apresentavam os alelos CC, CT ou TT, sendo que o CC caracterizava intolerância à lactose e os alelos CT ou TT toleravam esta proteína, assim, os pesquisadores levantaram a hipótese de que a intolerância à lactose primária é um traço recessivo. Ainda hoje os mecanismos genéticos que levam à reversão da atividade da lactase ainda são desconhecidos, mas estão associados ao loco do **gene** LCT, localizado no braço longo do cromossomo 2. Este **gene** apresenta 17 éxons e após **transcrição** e **splicing**, sintetiza um **RNA** de 6Kb.

Em ausência de lactase, sendo a lactose não hidrolisada a monossacarídeos, esta se acumula e sofre fermentação pelos microrganismos presentes no intestino, sendo clivada a monossacarídeos, que não podem ser absorvidos pela mucosa do cólon. A lactose ainda pode ser fermentada pelas bactérias a ácido láctico, metano e gás hidrogênio, que levarão o indivíduo a um desconforto intestinal e flatulência. O ácido láctico é osmoticamente ativo e acaba retendo água no intestino, iniciando assim, um quadro diarréico (Figura 14). A deficiência na degradação da lactose pode ainda, influenciar a absorção de cálcio pelo organismo, pois indivíduos intolerantes à lactose precisam realizar dieta pobre em lácteos. O cálcio é responsável pela mineralização dos ossos e dentes, além de ser fundamental à coagulação sanguínea, à contração muscular, à secreção de hormônios e à transmissão de impulsos nervosos no organismo (BARBOSA & ANDREAZZI, 2011).

Figura 14. Normalidade e deficiência na atividade da lactase



Fonte: <http://www.milkpoint.com.br/mn/leite_saude/fotos/lc_260905_2.gif>

Em suma, perceber que para a compreensão da expressão gênica os mesmos conceitos são sempre mobilizados, sendo os casos e mini-casos responsáveis por esta compreensão uma vez que através destes se efetiva uma aplicação prática. Em outras palavras, uma vez que o estudante “aprendeu” as “partes” que formam o conceito, o mini-caso é a forma pela qual o estudante colocará em prática esta compreensão, sistematizando tal conceito através de uma aplicação e o fará em situações similares, sempre que necessário.

2.5 Caso 5: O Câncer de Mama

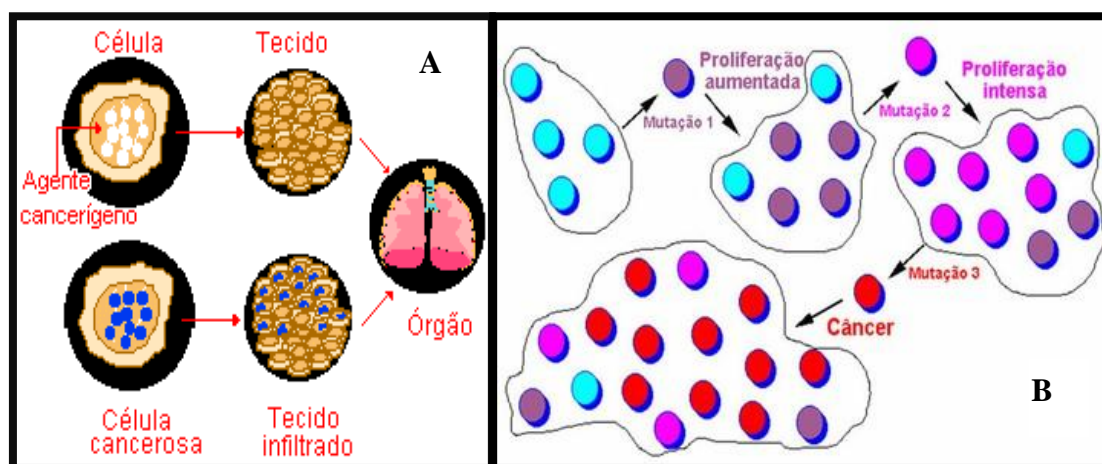
Decorrente da deleção de quatro pares de bases no éxon do gene BRCA1, supressor de tumor, resultado em um códon de parada. A mutação neste gene leva a um distúrbio na síntese de uma proteína supressora (*interferon-gama*), prejudicando a regulação do ciclo celular e à probabilidade da formação de tumores, uma vez que o *interferon-gama* localiza células defeituosas, levando-as à apoptose.

Mini-caso 5:

Indivíduo que apresenta distúrbio na síntese da proteína supressora interferon-gama, com prejuízo à regulação do ciclo e da apoptose celular, levando a formação e instalação de tumores.

A proliferação e a diferenciação celular são eventos essenciais e, assim, rigorosamente controlados para que as necessidades fisiológicas do organismo sejam atendidas. Qualquer alteração, por menor que seja, poderá ser capaz de alterar o funcionamento esperado de uma célula, levando-a a uma desorientação, acarretando crescimento desordenado, e, como consequência desse processo, formação de tumor. Na maioria das vezes, tal processo é desencadeado por uma mutação. **Mutações** provocadas por interações com agentes físicos, químicos ou biológicos (Figura 15) são as maiores responsáveis por provocar danos ao **DNA**. Os mecanismos de reparo de lesão são ativados e na, maioria das vezes, o problema é resolvido, porém, uma parcela diminuta não chega a ser reparada ou é reparada de forma incorreta, permitindo que a **mutação** se estabeleça. Uma vez estabelecida, a **mutação** é capaz de alterar a função do **gene** e, quando estes estão relacionados com a sobrevivência celular, como é o caso dos proto-oncogenes ou dos supressores de tumor, a transformação neoplásica se inicia (BRASIL, 2011).

Figura 15. Desenvolvimento e instalação do câncer



Legenda: A. Desenvolvimento do câncer. B. Mutação acarretando desenvolvimento de células "anormais" e desenvolvimento de câncer.

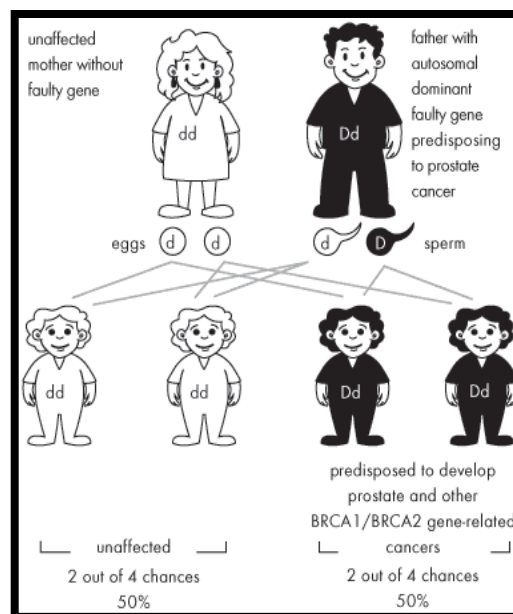
Fontes: A. <http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=322> e B. <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/imagens/esquemacancer.jpg>>

Os proto-oncogenes são os responsáveis pela regulação positiva da proliferação das células frente a estímulos fisiológicos. Já os supressores de tumor se encontram classificados em dois grupos distintos: os *gatekeepers* e os *caretakers*. Os genes *gatekeepers* são reguladores negativos (da proliferação celular) e também positivos (da apoptose ou morte celular). Os *caretakers*, por sua vez, são responsáveis pela supressão do crescimento desordenado de células e o fazem através da codificação

de proteínas capazes de atuar na manutenção do **DNA**. De forma contrária ao que ocorre aos oncogenes, para que o “novo” fenótipo se manifeste, é necessário que a mutação seja capaz de inativar os dois alelos dos genes *gatekeepers*, pois se apenas um dos alelos selvagens for inativado, o segundo alelo, por si só, será capaz de controlar a proliferação celular (AMENDOLA & VIEIRA, 2005).

Sendo assim, todo câncer provém de uma alteração nos **genes**, no entanto isso não quer dizer que este seja hereditário. As alterações nos genes estão diretamente relacionadas à **mutações**, como dito anteriormente, e estas podem provocar alterações numa sequência de eventos celulares, levando a formação de um tumor. Este tipo de alteração *Genética*, adquirida ao longo da vida, não é passada de pais para filhos, ou seja, seguindo os padrões de transmissão hereditária. Os cânceres de origem hereditária apresentam peculiaridades, entre elas a idade de acometimento da doença é consideravelmente menor em relação ao câncer adquirido. Nestes, dependendo do tipo de alteração *Genética*, a transmissão pode afetar de alguns até 100% dos indivíduos parentais diretos (Figura 16). As mutações podem estar relacionadas a grupos étnicos ou a distribuição geográfica dos indivíduos.

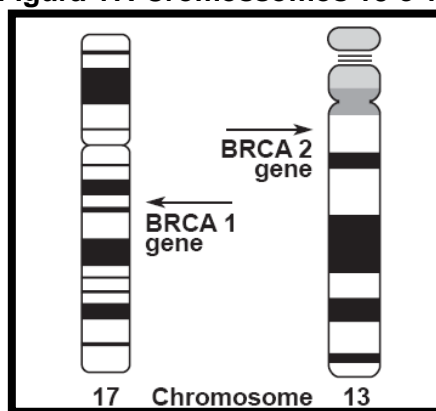
Figura 16. Predisposição Genética ao câncer



Fonte: Transmissão dos caracteres hereditários <<http://www.genetics.edu.au/images/factsheets/fs48-4.gif>>

Muitos **genes** podem ser responsáveis pelo desenvolvimento e instalação do câncer. Entre estes **genes** de predisposição *Genética* foram mapeados o *BRCA 1* e o *BRCA 2*, envolvidos na susceptibilidade ao câncer de mama (Figura 17). O gene *BRCA 1* localiza-se no braço longo do cromossomo 17, apresenta 24 **éxons**, sendo 22 deles responsáveis pela codificação de uma **proteína** composta de 1.812 aminoácidos. O *BRCA 2*, localiza-se no braço curto do cromossomo 13 e apresenta 27 **éxons**, sendo 26 deles responsáveis pela **tradução** de uma **proteína** constituída por 3.418 aminoácidos (HOSHINO *et al.*, 2007).

Figura 17. Cromossomos 13 e 17.



Legenda: Loco *BRCA 1* e *BRCA 2*, respectivamente.

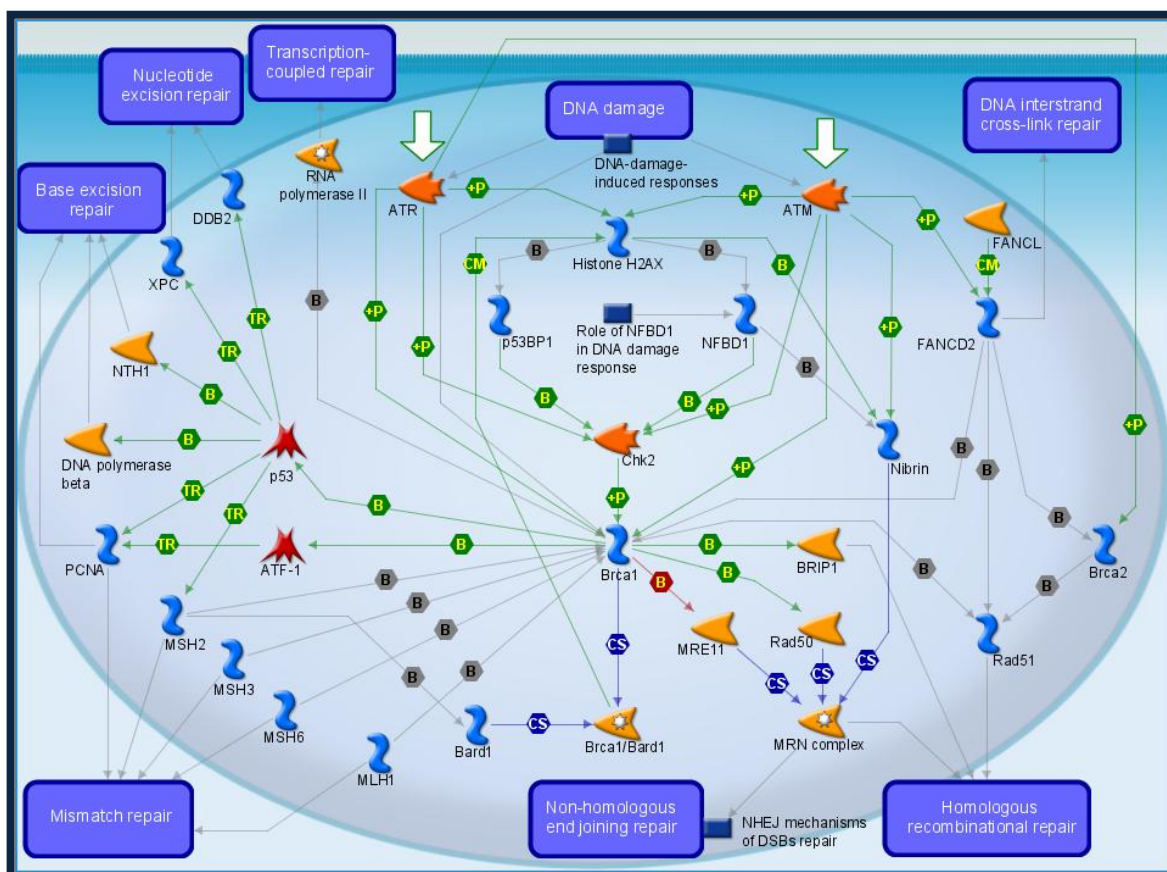
Fonte: <<http://img.medscape.com/fullsize/migrated/487/390/cc487390.fig5.gif>>

Os genes *BRCA 1* e *BRCA 2* codificam **proteínas** que estão envolvidas em importantes funções de diferentes processos da célula (Figura 18), entre estas: ativação e regulação da **transcrição**, reparo e recombinação do **DNA** e consequente estabilidade genômica, remodelagem da **cromatina**, controle do **ciclo celular**, a proliferação e a diferenciação da célula, regulação da resposta celular aos estrogênios, inibição de sinais iniciados pelo receptor de estrogênio (RE-a) durante a puberdade e a gestação e ainda, interação **proteína-proteína** indicadas pela presença do domínio *RING finger* (HOSHINO *et al.*, 2007; AMENDOLA & VIEIRA, 2005).

O câncer de mama é muito invasivo e acomete um grande número de mulheres no mundo inteiro. Estima-se que 46 mil novos casos são diagnosticados por ano, com um óbito aproximado de 10 mil mulheres. Os avanços nas áreas da Biologia molecular e da Genética foram capazes de esclarecer muitas dúvidas, em relação a

esta neoplasia, e foram essenciais para o diagnóstico e tratamento familiar daqueles com alta predisposição ao desenvolvimento neoplásico.

Figura 18. Mapa das interações do BRCA1 em diferentes eventos celulares



Fonte: <http://www.genego.com/maps/427_map.png>

Para compreender e, conseqüentemente, apresentar soluções para problemas envolvendo o câncer é necessário possuir, essencialmente, a compreensão de conceitos como o **DNA**, as **mutações** e seus efeitos, **transcrição** e **tradução**, estando imbuídos neste contexto diversos outros eventos como o **ciclo celular** e suas respectivas fases, **splicing** e a **pós-tradução**, esta última responsável pelo dobramento correto para um perfeito funcionamento das **proteínas**. É interessante associar a este contexto, que as **mutações** nem sempre são prejudiciais aos organismos vivos, muitas vezes a **mutação** é estabelecida, no entanto, a **proteína traduzida** pelo respectivo trecho de **gene** afetado, mesmo levando a um **fenótipo** diferenciado do tipo selvagem, permanece realizando as funções esperadas. Quando isto acontece, tais **proteínas** são classificadas como subtipos da **proteína** original.

O câncer de mama pode ser apontado como um evento sistêmico pela sua profundidade e complexidade e, mesmo sem nos darmos conta, percorre todos os eventos descritos anteriormente, através de interações entre os universos micro e macro, estando aí incluído o ambiente onde o indivíduo se encontra inserido e, conseqüentemente, seu modo de vida.

2.6 Caso 6: A Saúde e o Bem-estar

Estado de equilíbrio da relação do indivíduo com o ambiente, principalmente da qualidade de vida mantida por este. Fenômeno no qual o organismo convive “pacificamente” com diferentes “erros” em sua estrutura gênica, sendo, portanto considerado “normal”. Este equilíbrio envolve também os aspectos mentais e sociais que envolvem tal organismo.

Mini-caso 6:

Indivíduo em completo estado de bem estar, com as funções orgânicas, físicas e mentais em situação de funcionamento normais.

Apresentar uma definição de saúde para um organismo não é tarefa fácil. Tudo o que se pensava ou se esperava ser o correto pode ser equívoco; afinal, se parmos para analisar, partindo do ponto de vista genético, saúde pode ser uma “pacífica” convivência com diferentes “erros” em nossa estrutura gênica, resultado da supressão ou recessividade de **genes**, da relação com o ambiente, por exemplo, químicos, patógenos ou ainda, resultado da alimentação e conseqüente modo/qualidade de vida. A alimentação é fator primordial em diversas situações e tal fato pode ser percebido nos mini-casos descritos anteriormente.

A Organização Mundial de Saúde (OMS), órgão fundado em 1948, definiu há anos atrás a saúde como “estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente a ausência de enfermidade ou invalidez” (SÁ JÚNIOR, 2004). Tal estado foi considerado unilateral e, desde 1997, vem sendo revisto pela comunidade científica, que apresentou indícios de uma nova visão:

Esta definição, até avançada para a época em que foi realizada, é, no momento, irreal, ultrapassada e unilateral. [...] Trata-se de uma definição irreal porque aludindo ao “perfeito bem-estar” coloca uma utopia. O que é perfeito bem-estar? É por acaso possível caracterizar-se a “perfeição?”

(SEGRE & FERRAZ, 1997).

De acordo com o autor, para descrever o bem-estar deve-se considerar a qualidade de vida do indivíduo uma vez que este, em diversas situações e contextos, provoca sentimentos de “mal-estar” que podem provocar diferentes irritações a nível fisiológico, gerando, por exemplo, um cólon irritativo ou uma gastrite ou ainda quadros depressivos provocados por situações de extremo estresse. Sobre a afirmativa “saúde não é doença, saúde é qualidade de vida”, Minayo (2000) chama nossa atenção para o fato de que

[...] por mais correta que esteja, tal afirmativa costuma ser vazia de significado e, frequentemente revela a dificuldade que temos como profissionais da área, de encontrar algum sentido teórico e epistemológico fora do marco referencial do sistema médico que, sem dúvida, domina a reflexão e a prática do campo da saúde pública. Dizer, portanto, que o conceito de saúde tem relações ou deve estar mais próximo da noção da qualidade de vida, que saúde não é mera ausência de doença, já é um bom começo porque manifesta o mal-estar com o reducionismo biomédico. Porém, pouco acrescenta à reflexão (MINAYO, 2000; p. 8).

Podemos perceber em ambos os casos que o bem-estar mantém-se à frente desta discussão, encontrando-se diretamente relacionado à qualidade de vida, mesmo que tal relação seja considerada, para a comunidade médica, genérica devido ao seu nível de profundidade. Neste contexto, mantém-se a discussão entre a relação do psíquico com o somático (psicossomático), pois se o psíquico responde pelo corporal, o corporal responde pelo psíquico, assim, vem se falando em um estado onde não se delinea a divisão entre os dois. Sendo assim, muitos eventos, como, por exemplo, um nível elevado de raiva, quando não externalizados acabam por se refletir no corpo, provocando declínios na situação de equilíbrio do organismo.

Brito (2010) chama a atenção para a relação bio-psico-social, deixando clara a associação organismo-ambiente uma vez que o bem-estar, conseqüentemente a saúde, apresenta uma relação profunda com fatores individuais, genéticos, biológicos, ambientais, além daqueles que se relacionam com os estilos de vida,. Segundo o autor, os indivíduos não são saudáveis ou doentes, mas sim, aqueles que apresentam diferentes graus em sua condição de saúde. Ainda podem ser inclusas os fatores sexo e idade, uma vez que há muitos eventos recessivos que envolvem estes, as questões sociais, econômicas e culturais, estas últimas consideradas como subjetivas.

Soares Neto (2006, *apud* BRITO, 2010) complementa a relação bio-psico-social afirmando que “qualquer indivíduo está saudável quando funciona bem, sendo tal condição relacionada a ideia de equilíbrio, de felicidade, de vigor, de auto-realização no plano físico e psíquico” (p. 5). Neste contexto, a saúde é vista como um fenômeno e não como um evento estático.

A saúde é um processo complexo e não pode ser definida em poucas palavras, pois seu conceito é muito amplo e profundo. Podemos apontar a saúde como um fenômeno, um estado de equilíbrio e para isso, devemos observar diversos eventos do micro ao macro-universo. É necessário considerarem-se os processos ocorridos desde o interior das células, em seu núcleo, capazes de atingir o **DNA**, resultado de uma interação com o ambiente, seja de forma natural ou proveniente de efeitos de químicos ingeridos que podem vir a provocar variação no **genótipo**, sendo esta benéfica ou maléfica e resultando em expressões ou supressões de **genes** capazes de efetivar uma **transcrição** de **RNAm** mais curtos, **mutados** e, conseqüentemente à uma **tradução** de **proteínas** ou **enzimas** defeituosas ou “novas” capazes de realizar parcialmente suas funções, incapazes de realizá-las, ou ainda, que apresentam funções diferentes das proteínas originais, muitas vezes, não compatíveis com o funcionamento normal do organismo, acarretando prejuízos ao equilíbrio do mesmo.

As mutações são frequentemente associadas a eventos negativos, ou seja, sempre que uma mutação se instala, espera-se que um fenótipo patológico se expresse. Vale salientar que este efeito é evidenciado pelo poder da mídia em veicular tal negatividade, seja através de vídeos, de filmes ou de reportagens diversas, além de que tal conceito já faz parte do cognitivo dos estudantes internalizados a partir dos exemplos definidos nas aulas de *Genética* (MENDONÇA, 2010).

Sob este prisma, desconsidera-se a importância da mutação na diversidade biológica e, conseqüentemente na evolução das espécies. Com tantas patologias sendo atribuídas às mutações, o que se poderia dizer dos seus efeitos positivos? Poderíamos citar as variações de espécies de mesmo gênero, as variações protéicas, as resistências a determinadas patologias, entre outros. Assim, embora saibamos do elevado número de situações negativas prejudiciais à saúde e ao bem-estar, não podemos desconsiderar a importância biológica das mutações para a

dinâmica e evolução dos organismos vivos. Em suma, a desordem saudável que caracteriza a evolução biológica é definida pela variabilidade possibilitada pelas mutações (mutações induzíveis, aleatórias, rápidas mudanças genômicas e mudanças programadas no número de cromossomos) (MAYR, 2006).

Em nossa proposta de pesquisa, apresentamos casos e mini-casos veiculados aos efeitos negativos das mutações, porém, em nossas salas de aula não poderemos (nem deveremos) permitir que nossos estudantes transpassem os muros da escola, considerando as mutações como essencialmente eventos negativos e desconsiderando todos os benefícios possibilitados por estas incluindo no contexto a origem e evolução das espécies.

Desta maneira, para a resolução de um determinado problema envolvendo o conceito de saúde é necessário abstração por parte do estudante, a fim de que este possa estabelecer relações entre os diferentes eventos. Para isso, diversos conceitos (propostos nesta pesquisa) precisam ser mobilizados com a finalidade de relacionar os universos micro e macro, apontando para o fato de que um conceito é complexo e estritamente relacionado a diversos outros e que estes, sob focos diferentes, são capazes de solucionar problemas distintos, deixando claro para nós a essência e funcionalidade da flexibilidade cognitiva de um sujeito.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA

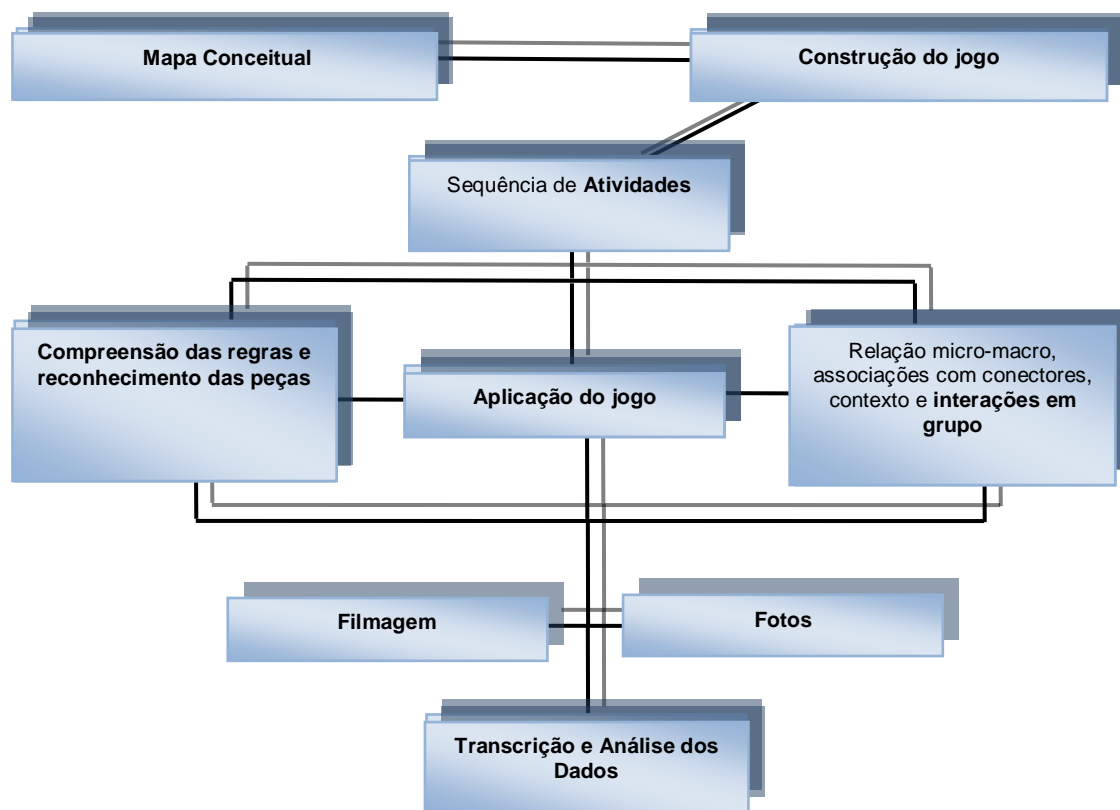
Considerando-se a natureza do problema e sua abordagem, optou-se pelo desenvolvimento de uma pesquisa de cunho qualitativo com elementos da pesquisa-ação. Neste contexto, tal proposta favorece maior interação com o problema proposto, uma vez que valoriza o sujeito informante inserido no processo, além de uma análise centrada, não admitindo visões isoladas. De acordo com Thiollent (2004), a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo onde os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

A pesquisa-ação como estratégia metodológica favorece uma ampla e explícita interação entre os sujeitos implicados na situação investigada, resultando numa ordem de prioridades dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas, apresentando como objetivo principal resolver, ou ao menos esclarecer, os problemas da situação observada (THIOLLENT, 2004).

Sendo assim, a pesquisa-ação apresenta-se como uma experimentação em situação real, na qual o pesquisador interfere constantemente no que está sendo observado. Segundo Thiollent (2004) a legitimidade desta pesquisa não é diminuída pelos raciocínios imprecisos, dialógicos ou argumentativos acerca dos problemas relevantes, uma vez que a metodologia deve incluir, entre seus registros análises da linguagem em situação e, assim, não se teme a imprecisão.

Thiollent afirma ainda que a argumentação orienta diversas formas de raciocínio e implica em um relacionamento entre os interlocutores no qual se pretende convencer o outro ou refutar seus argumentos. A argumentação então substitui a tradicional forma de demonstração e a busca pela racionalidade deve ser um objetivo constante na pesquisa. Ainda segundo o autor, o raciocínio hipotético não é dispensável e que neste tipo de pesquisa serão levantadas hipóteses, que vêm a se tornar objeto de verificação, discriminação e comprovação, em função das situações reconhecidas. Tais hipóteses passam a ser suposições que norteiam a pesquisa, inclusive em seu aspecto qualitativo. A sequência de atividades proposta para a pesquisa pode ser observada na Figura 19.

Figura 19. Etapas vivenciadas na metodologia



Fonte: Organizado pela Autora.

3.1 A Construção do Jogo

A proposta para o *Dominando a Expressão Gênica* foi baseada no *Dominogênio* (PEREIRA, 2008), construído a partir das estratégias de um dominó convencional. Segundo Pereira (2008 p. 59) “o jogo de dominó baseou-se em tópicos relevantes para o ensino da Genética, bem como em conceitos e imagens a serem relacionados. Cada carroça era formada por palavra e conceito referentes a um mesmo tópico”.

A princípio, foi necessário organizar previamente o conteúdo a ser trabalhado através de um mapa conceitual, uma vez que os diagramas hierárquicos procuram refletir a organização conceitual de um corpo de conhecimentos. Eles explicitam relações de subordinação e super-ordenação, sendo utilizados para integrar e reconciliar relações entre conceitos e promover a diferenciação conceitual (MOREIRA, 2006). A construção do mapa possibilitou-nos sequenciar cinco eventos-

chave para que a expressão gênica fosse compreendida. Em seguida, realizamos a análise do *Dominogênio*, levantando questões para a construção de um jogo que apresentasse possibilidades para interações sistêmicas, do micro ao macro-universo, na expressão dos genes.

Após a análise, partimos para uma rodada do Dominogênio (PEREIRA, 2008) a fim de compreendermos a estrutura deste jogo. Com os eventos da Expressão Gênica organizados numa sequência lógica, desenvolvemos um protótipo das pedras do dominó e dos conectores de associação, de modo a inserir os conceitos específicos da nossa proposta. Construímos, então, regras para a nova proposta de dominó. Após a primeira validação, o jogo foi subdividido em três etapas, considerando-se a proposta dos casos e mini-casos de Spiro (1988), assim, inserimos as *Cartas-Descrição*, as *Cartas-imagem* e as *Cartas-objetivo*, os pinos, as molas para conexão a longa distância, os indivíduos e o contexto no jogo, a fim de facilitar a compreensão e a resolução dos problemas. Depois dos ajustes, realizamos uma segunda validação e determinamos o jogo como pronto para a amostragem. É importante salientar que durante todo o processo de construção, as regras elaboradas (Apêndice C) foram vistas e revistas, com a finalidade de levar os jogadores a participarem de uma sucessão de etapas instigadoras do raciocínio, da logicidade, da posição e sobreposição dos conceitos da Genética e da interação no intra-grupo, em busca de uma solução coerente e, finalmente, da contextualização dos eventos apresentados durante o jogo a partir de situações reais, fisiologicamente determinadas.

Partindo do princípio de que a interação social e com o meio promove mudanças, o "*Dominando a Expressão Gênica*" foi construído para comportar um mínimo de 4 (quatro) e um máximo de 6 (seis) participantes, estes, de acordo com as regras, formando duplas de interação. O *dominó* não foi baseado em proposta competitiva, mas de cooperação entre os pares, podendo ser considerado, desta forma, como um jogo de cunho interacionista-construtivista. A Figura 20 apresenta o kit de manipulação presencial do *Dominando a Expressão Gênica*.

Figura 20. Dominando a Expressão Gênica (kit)



Legenda: A. Cartas-descrição. B. Cartas-imagem. C. Pedras de associação. D. Cartas-objetivo. E. Cartas de apoio ao contexto do jogo. F. Conectores das associações. G. Pinos-flor pequenos e grandes, molas de conexão e indivíduos do contexto.

O *Dominando* foi subdividido em etapas (ou jogos), para que através dos mesmos fosse possível estabelecer uma sequência compreensível, facilitadora, a fim de serem alcançados os objetivos propostos (Quadro 3).

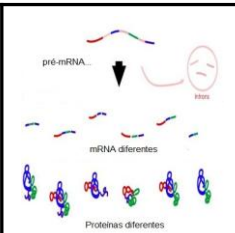
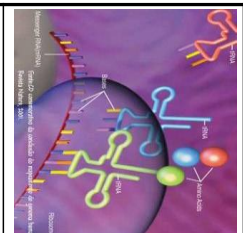
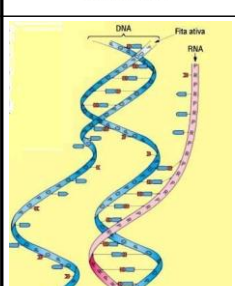

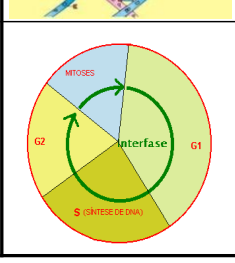
Para a primeira etapa, foram disponibilizadas 15 (quinze) cartas descrevendo os eventos da Expressão Gênica (*Cartas-Descrição*: Figura 20A) e 15 (quinze) cartas com representações gráficas de etapas da Expressão Gênica (*Cartas-Imagem*: Figura 20B). Os participantes, já dispostos em duplas, receberam 5 (cinco) *Cartas-Descrição* e 5 (cinco) *Cartas-Imagem*. As *Cartas-Imagem* apresentam eventos relativos ao *ciclo celular*, *síntese de RNA (transcrição)*, *splicing*, *tradução* e *pós-tradução*. Estas imagens deveriam ser dispostas numa sequência lógica, respeitando-se a ordem de ocorrência destes eventos numa situação real no organismo, sendo as mesmas dispostas do micro ao macro-universo. As *Cartas-Imagem* deveriam ser associadas aos textos descritos nas *Cartas-Descrição*, onde poderiam ser encontrados os significados de cada evento da Expressão Gênica

apresentado na proposta do jogo. As discussões dos intra-grupos e a sequência de organização das cartas escolhidas ou decididas pelas respectivas duplas foram registradas através de fotos e filmagem. Nas Figuras 21A e B podemos observar as cartas utilizadas pelos sujeitos durante a primeira etapa do jogo.

Quadro 3. Objetivos esperados para cada etapa do jogo *Dominando a Expressão Gênica*

ETAPAS	CONTEÚDO ESPECÍFICO	INTERAÇÕES
1	Estabelecer relações entre os eventos da expressão gênica apresentando uma organização hierárquica entre os mesmos (micro ao macro-universo).	Possibilitar a mediação sujeito-sigmo e sujeito-sujeito para uma construção coletiva.
2	Estabelecer o maior número de associações corretas possíveis, mobilizando para isso, os conceitos relacionados aos eventos da expressão gênica.	
3	Compreender a expressão gênica como um conjunto de ações interligadas e interdependentes. Contextualizar a expressão gênica com o mini-caso, explicando como, onde e por que a expressão fenotípica foi ou não estabelecida.	








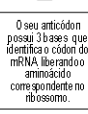
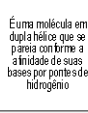


Figura 21 Cartas-descrição e Cartas-imagem




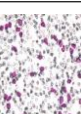


<p>INTÉRFASE</p> <p>Célula em plena atividade de síntese de proteínas durante as fases G1 e G2 do ciclo celular</p>	<p>TRADUÇÃO</p> <p>Processo no qual a sequência de nucleotídeos em uma molécula de mRNA direciona a incorporação de aminoácidos formando uma cadeia polipeptídica.</p>		
<p>TRANSCRIÇÃO</p> <p>Síntese de uma fita de RNA complementar a partir de uma fita de DNA molde pelas enzimas RNAs polimerases, originando mRNA, tRNA ou rRNA..</p>	<p>PÓS-TRADUÇÃO</p> <p>Proteínas nascentes são dobradas corretamente com a ajuda das chaperonas, formadoras do complexo máquina de dobramento chaperonina. Algumas podem ter seus aminoácidos modificados quimicamente pelas cinases, fosfatases e peptidases. Tais eventos são fundamentais para o funcionamento da proteína.</p>		
<p>SPLICING</p> <p>processo pelo qual sequências de introns são removidas dos transcritos de RNA por excisão no núcleo, durante a formação do mRNA, tRNA, rRNA e outros RNAs.</p>	<p>A</p>		<p>B</p>

Para a segunda etapa do dominó foram disponibilizados aos sujeitos 42 (quarenta e duas) pedras de associação (Figura 22). Estas foram subdivididas em 33 (trinta e três) pedras apresentando *conceito-conceito* ou *imagem-conceito* e ainda, 9 (nove) pedras apresentando *palavra-conceito*, estas definidas como *carroças*. Além das pedras de associação, foram disponibilizados 23 (vinte e três) diferentes “conectores das associações”, pequenas tarjetas em cores distintas com palavras de conceitos básicos da Genética. Desta forma, foram apresentados 22 (vinte e dois) Conector-Conceito e 01 (um) “Conector-Coringa”, tarjeta em branco onde a qualquer momento, as duplas poderiam associá-lo ao jogo, escrevendo no mesmo um conceito que considerasse necessário, não contemplado entre os demais conectores. Foram disponibilizados também 84 (oitenta e quatro) pinos em forma de botão de rosa, denominados por isso de pinos-flor e, ainda, 16 (dezesesseis) *molas de conexão* e alfinetes para sua fixação no tabuleiro durante o jogo.

O objetivo principal do *Dominando a Expressão Gênica* é levar os participantes a estabelecerem o maior número de associações corretas possíveis, utilizando não apenas as pedras em seu poder, mas também aquelas já disponíveis no tabuleiro pelas jogadas anteriores. Para associar as pedras já dispostas no tabuleiro, é necessária a utilização de “molas de conexão”, disponíveis no material de apoio ao jogo. As duplas escolheriam previamente uma cor de pino e a utilização desta cor seria o indicativo da sua jogada, de modo que fossem identificadas durante a análise. As pedras do dominó foram confeccionadas utilizando madeira, papel e cola branca. Os pinos-flor em acrílico foram adquiridos. No verso das pedras foi colado “velcro” para facilitar a fixação destas no tabuleiro e, este último, foi forrado em tecido do tipo flanela para melhor adesão das pedras para análise posterior.

Figura 22. Pedras de associação do jogo

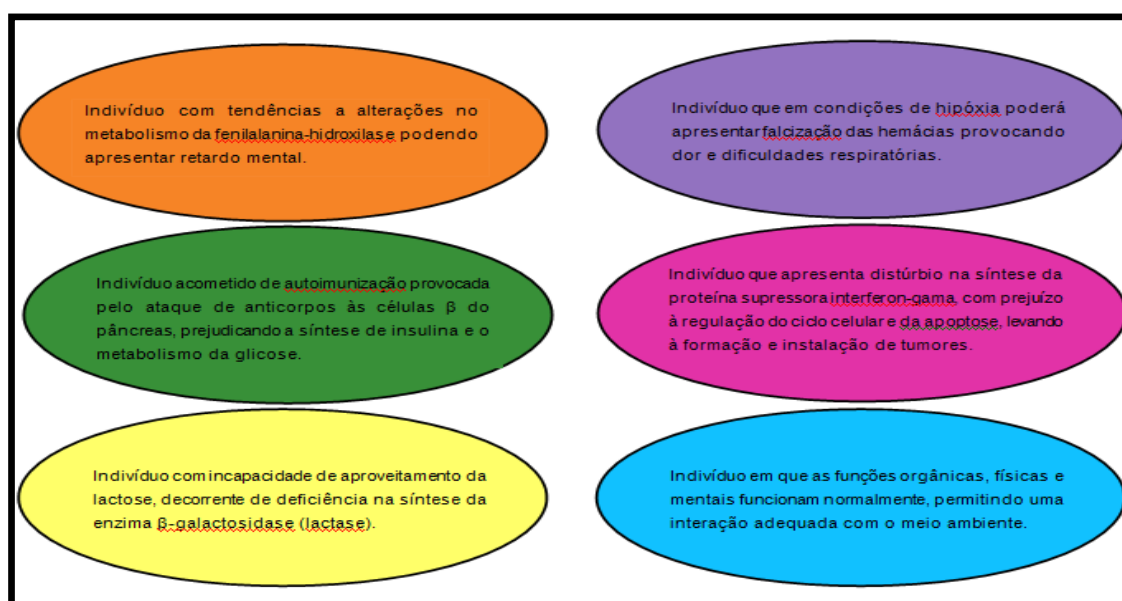
A						B					
GENE	Sequência de nucleotídeos presentes no DNA passíveis de serem transcritos em RNAs funcionais.	Trecho de uma molécula de ácido desoxirribonucleico capaz de promover a síntese de uma proteína.	Uma mutação na região intrínca pode alterar o ponto de corte do intron, acantonando um sinal de parada precoce para a proteína.	transportam apenas um aminoácido específico.	As sequências introns são seletivamente removidas	CICLO CELULAR	Sequência ordenada de eventos pelos quais uma célula duplica seu conteúdo e se divide.	Descreve todos os aspectos da morfologia, fisiologia, comportamento e relações ecológicas do indivíduo.	 O nucleossomo é a sua unidade estrutural básica.	PROTEÍNA	Molécula orgânica formada por cadeia polipeptídica com função catalítica e estrutural.
O alelo é uma das suas formas alternativas de manifestação	Processo em que a ordem das bases do DNA é transcrita em uma molécula de RNA complementar.		É o principal componente da cromatina e dos cromossomos	Genes eucarióticos transcritos estão dispostos em pedaços separados por trechos de DNA não-codificante chamados introns.	É controlado por adenina, citosina, guanina e uracila.	 Pode ser modulado pelo ambiente ao longo do tempo.	 As características adquiridas da interação com o meio não são necessariamente herdadas.	Posicionam-se de maneira tal que catalisam as ligações peptídicas entre os aminoácidos.		É produzido pela transcrição do DNA.	
 DNA GENE PROTEÍNA TRANSCRIÇÃO	Principal componente dos ribossomos.	É definido por uma sequência especial de nucleotídeos que, geralmente, expressa uma característica.	É organizado em diferentes fases: G1, Síntese, G2 e Divisão.	Podem sofrer mutação.	Sua organização é dinâmica, pois se altera de acordo com a fase do ciclo celular e como grau de atividades.	 A sua manifestação macroscópica depende das relações de dominância/recessividade e da interação com o meio.	 Tem como constituintes fundamentais um grupo fosfato, uma desoxribose e uma base nitrogenada purica ou pirimidica.	À medida que o organismo envelhece, sua atividade começa a diminuir.	FENÓTIPO	características macroscópicas manifestadas por um organismo.	
ENZIMA	Moléculas de natureza e geralmente proteica que atuam como catalisadores em reações químicas nos sistemas vivos.	Numa das extremidades localiza-se um aminoácido específico, na outra o anticódon que interage com o códon presente no mRNA.	Pode ser uma herança familiar.	Sua expressão é regulada por leis probabilísticas e fatores ambientais	Pode ocasionar a falta ou o acréscimo de um nucleotídeo em um éon, levando a uma alteração e possível síntese de uma proteína diferente da original.	 Os aminoácidos são constituintes essenciais delas.	É nas fases G1 e G2 que sequências nucleotídicas de codificam-se em sequências polipeptídicas.	Os pares terminada-adenina podem ser facilmente afetados por radiação ultravioleta.		Complexo DNA-proteína encontrado no núcleo interfásico da célula eucariota.	
Os polipeptídeos se dobram sob a influência de sua sequência de aminoácidos formando estrutura tridimensional.	Na fase de síntese o DNA é replicado.	Apresenta um códon formado por três bases nitrogenadas que determinam aminoácidos	As regiões codificantes (éxons), são unidas para formar um RNA funcional.			DNA	É uma molécula em dupla hélice que se aparea com firmeza a fim de assegurar a fidelidade de suas bases por ponte de hidrogênio	Um aminoácido é inserido na cadeia polipeptídica crescente.	 Cada trinca de bases pode corresponder a um aminoácido específico.	CROMATINA	Material parcialmente condensado, composto por uma associação entre DNA e proteínas

	Favorece a formação dos principais lipos: mensageiros, transportadores e ribossomos essenciais para a síntese proteica.			Retirada dos introns a partir da transferência da ligação fosfodiéster promovida pela ação das endonucleases e ligases, formando uma fila de mRNA.	Na linhagem de uma célula normal, vários acidentes raros e aleatórios, ao longo do seu ciclo, pode originar uma célula cancerígena.
Reúne aminoácidos para formar a sequência da proteína que será codificada em um mRNA.	Após seu processamento migra para o nucléolo, sendo componente principal da organela responsável pela tradução.	Pode sofrer reparos em caso de erros de associação e combinação.		RNA	É uma sequência simples de ácido ribonucleico
É constituído quimicamente por um grupo fosfato, uma ribose e uma base nitrogenada	Ocorre no núcleo celular e se processa de forma semelhante a replicação do DNA, sintetizando uma molécula de RNA complementar.		Ocorre nos ribossomos citoplasmáticos.	Enzimas realizam a sua transcrição.	Uma de suas regiões é denominada eucromatina, com baixo grau de compactação e alta atividade.
MUTAÇÃO	Qualquer alteração em uma sequência de nucleotídeos do material genético.	O transcrito possibilita a síntese proteica.		Após seu processamento migra para o citoplasma.	Tem um papel integral na estrutura e função do ribossomo.

Na terceira etapa, foram disponibilizados 24 pinos-flor grandes em quatro cores, 6 (seis) cartas descrevendo expressões fenotípicas (*Cartas-Objetivo*) e 6 (seis) bonecos em acrílico representando indivíduos, estes nas mesmas cores das *Cartas-Objetivo*. Nesta fase, o objetivo a ser atingido era o de que os participantes pudessem apresentar uma sequência dos eventos da Expressão Gênica, identificando-os com os pinos grandes. Cinco eventos foram pré-determinados e já descritos anteriormente. Após a identificação, no jogo, das etapas da expressão gênica, cada dupla escolheria uma *Carta-objetivo*(fenótipo-doença) e, partindo desta, socializaria no intra-grupo, respeitando as etapas identificadas no tabuleiro do

jogo e/ou outros possíveis eventos, o que poderia estar a ocorrer com o indivíduo durante a expressão ou supressão de um determinado fenótipo. No caso proposto pelo *Dominando*, foi uma doença de origem *Genética*, apresentada na *Carta-objetivo* da dupla. As *Cartas* de contexto podem ser visualizadas na Figura 23.

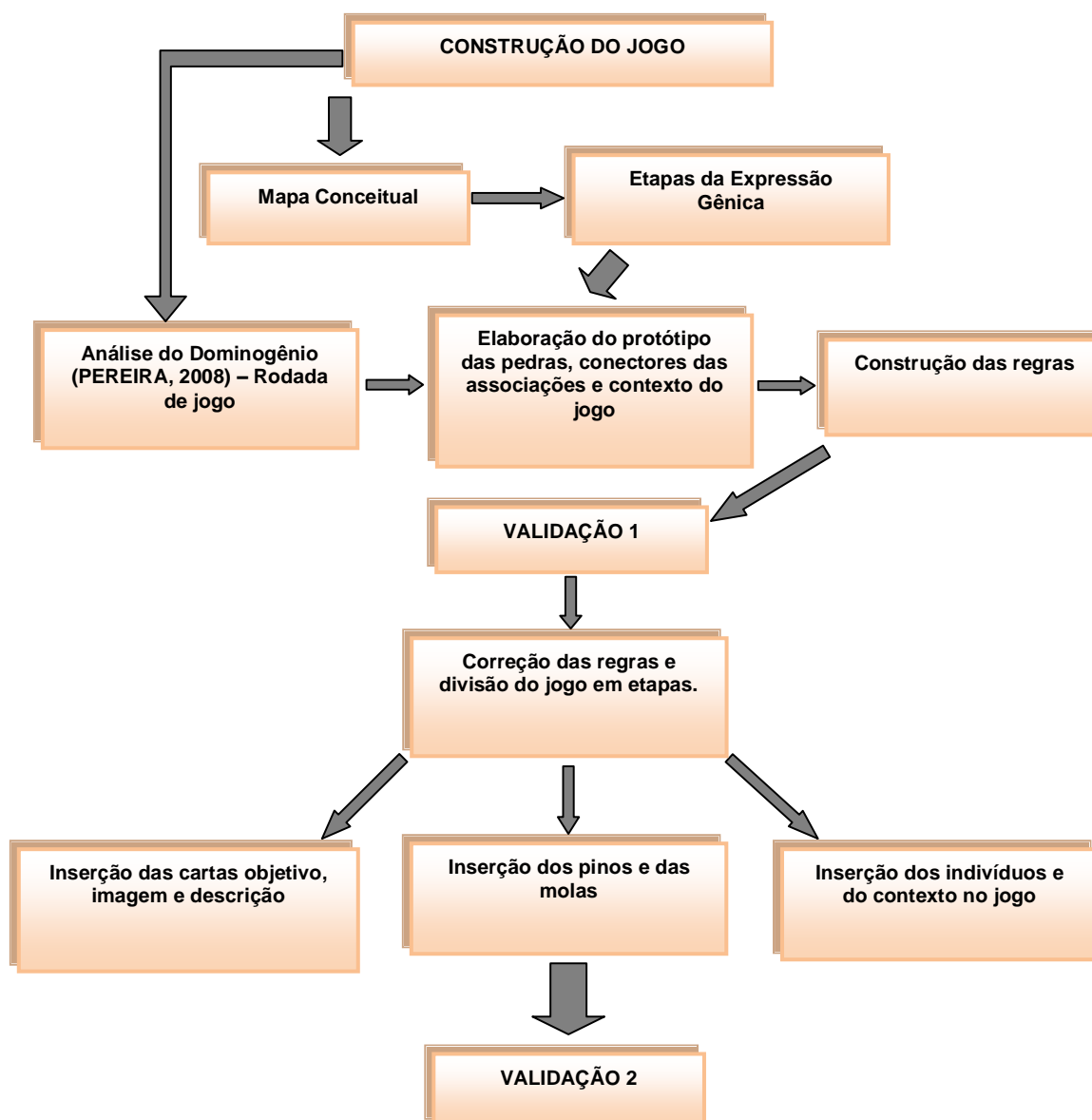
Figura 23. Cartas-objetivo



Cartas-objetivo. Fonte: arquivos da autora.

Podemos considerar o *Dominando a Expressão Gênica* como um jogo de alta complexidade. Sendo assim, para sua construção partimos das propostas de desenvolvimento da TFC (SPIRO, 1988; 1989; 1992) e das interações sociais (VIGOTSKI, 2007; 2009). Considerando a necessidade de um nível elevado de abstração dos sujeitos envolvidos e um domínio considerável dos conteúdos específicos, foi importante não perder o foco do domínio tradicional para que a proposta se mantivesse lúdica, divertida, construtora e não tão cansativa. A Figura 24 apresenta um resumo dos passos seguidos durante a construção do jogo.

Figura 24. Sequência de atividades durante a construção do jogo



3.2 Os Sujeitos de Pesquisa

A proposta inicial teve como público-alvo 16 participantes, bacharéis ou licenciados em Ciências Biológicas, egressos ou alunos regulares de curso de pós-graduação *Stricto Sensu* na área de Ensino de Ciências. Deste quantitativo, 9 (nove) sujeitos participaram da amostragem. O perfil dos participantes pode ser visualizado no Quadro 4. A diversificação no tipo de unidade de ensino em que leciona (se pública ou privada), na formação inicial e continuada (lato e stricto sensu) recebida, no tempo de magistério, no nível de ensino em que leciona (Fundamental ou Médio) e a área de pesquisa dos sujeitos foram relevantes e, portanto, levados em consideração.

Quadro 4. Perfil dos participantes da amostragem

Sujeito	Idade	Formação Inicial	Formação Lato Sensu	Formação Stricto Sensu	Tempo de docência Tipo de Instituição Nível de Ensino	Disciplina lecionada
1	31	Lic. Biologia (2001)	Formação de Educadores / Educação Ambiental	Sim Cursando 1º ano	6 anos Pública EM	Biologia
2	47	Lic. Biologia (1986)	Estudo Surdos	Sim Egresso	33 anos Pública EF	Ciências
3	32	Bel. (2003) e Lic. (2007) em Biologia	Ensino das Ciências	Sim Cursando 1º ano	6 anos Pública EF – EM	Biologia, Química, Ciências, EA, Matemática
4	27	Lic. Biologia (2005)	Gestão, Educação e Política Ambiental	Sim Cursando 1º ano	2,6 anos Pública EF	Matemática, Arte e Ciências
5	27	Lic. Biologia (2007)	-	Sim Cursando 2º ano	1,4 anos Técnico em IES -	Biologia
6	24	Bel. e Lic. Biologia (2009)	-	Sim Cursando 1º ano	6 meses Privada EF	Ciências
7	47	Lic. Biologia (1988)	Programação de Ensino em Ciências Biológicas	Sim Egresso	17 anos Pública EF – EM	Ciências, Biologia, EA
8	42	Lic. Biologia (1994)	Ciências Biológicas	Sim Cursando 2º ano	12 anos Pública EM	Biologia
9	45	Lic. Biologia (2004)	Biologia	Sim Cursando 2º ano	11 anos Pública/Privada EM	Biologia

Legenda: EF Legenda: EF = Ensino Fundamental – EM = Ensino Médio

Fonte: Dados coletados e organizados pela Autora.

A formação dos grupos foi previamente definida e, para isso, consideramos primordialmente se as linhas de pesquisa dos sujeitos envolvidos estavam voltadas, ou não, para uma visão sistêmica. Um segundo aspecto levado em consideração para a organização dos grupos foi a experiência do sujeito com o ensino Fundamental e/ou Médio e a definição do nível no qual o sujeito se encontrava lecionando no momento da pesquisa. Foi também considerado seu tempo de magistério e o fato de as disciplinas lecionadas estarem ou não relacionadas com a

sua formação. Assim, ao definirmos os grupos, tivemos o cuidado de heterogeneizar ao máximo os mesmos, a fim de que as discussões intra-grupais fossem diversificadas, atendendo ao proposto por Vigotski (2006; 2007; 2009).

Para o Grupo A, com número ímpar de sujeitos, formamos um trio e uma dupla organizados da seguinte maneira: um egresso, formando trio com dois alunos regulares do Programa de Pós-Graduação em questão, em fase inicial de pesquisa (1º ano), sendo que todos os componentes do trio se dedicavam ao estudo da formação de conceitos em Biologia numa perspectiva sistêmica. A dupla deste grupo apresentou um aluno regular, em fase de conclusão (2º ano) na área de Educação Ambiental e Complexidade, formando par com um aluno regular em fase inicial (1º ano) de pesquisa na área de formação de conceitos interligada com formação de professores num enfoque sistêmico. Sendo assim, neste grupo contamos com cinco membros, sendo três deles envolvidos em área de pesquisa voltada à visão sistêmica em diferentes estágios de aprofundamento, de acordo com o tempo de curso dos envolvidos, um membro voltado à visão complexa e um membro não relacionado nem à visão sistêmica e nem à complexidade. Eles foram denominados de P1, P2, P4, P3, e P9.

No Grupo B, com número par de sujeitos, formamos duas duplas que apresentaram a seguinte organização: um egresso, na área de pesquisa de formação de conceitos com enfoque sistêmico formando par com um aluno regular em fase de conclusão (2º ano) com área de pesquisa voltada à formação de professores numa visão complexa. A segunda dupla contou com dois alunos em fase de conclusão de curso de mestrado (2º ano). O primeiro, pesquisando formação de conceitos abstratos num enfoque sistêmico e, o segundo, trabalhando com análise documental referente à formação de professores. Desta forma, tivemos neste grupo, dois membros em área de pesquisa voltada à visão sistêmica, um voltado à complexidade e um membro não envolvido com a visão sistêmica ou complexa. Eles foram denominados de P5, P6, P7 e P8.

A formação dos grupos de trabalho foi bem equilibrada e balanceada para atender aos critérios estabelecidos, como pode ser observado no Quadro 5.

Dispor os sujeitos em grupos a partir de características de perfil favoreceu a diversificação no nível de conhecimento específico dos participantes dos grupos, uma vez que, dentro da sua área de formação, os sujeitos buscaram aprofundar, ou não, seus conhecimentos para assim trabalhar conteúdos específicos com seus alunos. Levantando-se a hipótese de que os conteúdos abordados nas duas modalidades de ensino em questão (EF ou EM) são distintos, na maior parte em natureza e aprofundamento, achamos que, conseqüentemente, os sujeitos apresentariam também níveis distintos de conhecimento dentro da sua área específica.

Quadro 5. Organização dos grupos de trabalho

Grupos	Participantes	Área de pesquisa	Experiência	Situação acadêmica
A	1, 2 e 4	1. Formação de Professores.	Formação Continuada	Regular / Iniciante
		2. Formação de Conceitos	Visão Sistêmica	Egresso
	3 e 9	4. Formação de Conceitos.	Visão Sistêmica	Regular / Iniciante
		3. Formação de Professores/ Formação de Conceitos.	Visão Sistêmica	Regular / Iniciante
		9. Formação de Professores.	Complexidade	Regular / Concluinte
B	5 e 7	5. Formação de Professores.	Complexidade	Regular / Concluinte
		7. Formação de Conceitos.	Visão Sistêmica	Egresso
	6 e 8	6. Formação de Professores.	Análise Documental	Regular / Concluinte
		8. Formação de Conceitos/ Formação de Professores.	Visão Sistêmica	Regular / Concluinte

Fonte: Organizado pela Autora

3.3 Sequência de Atividades

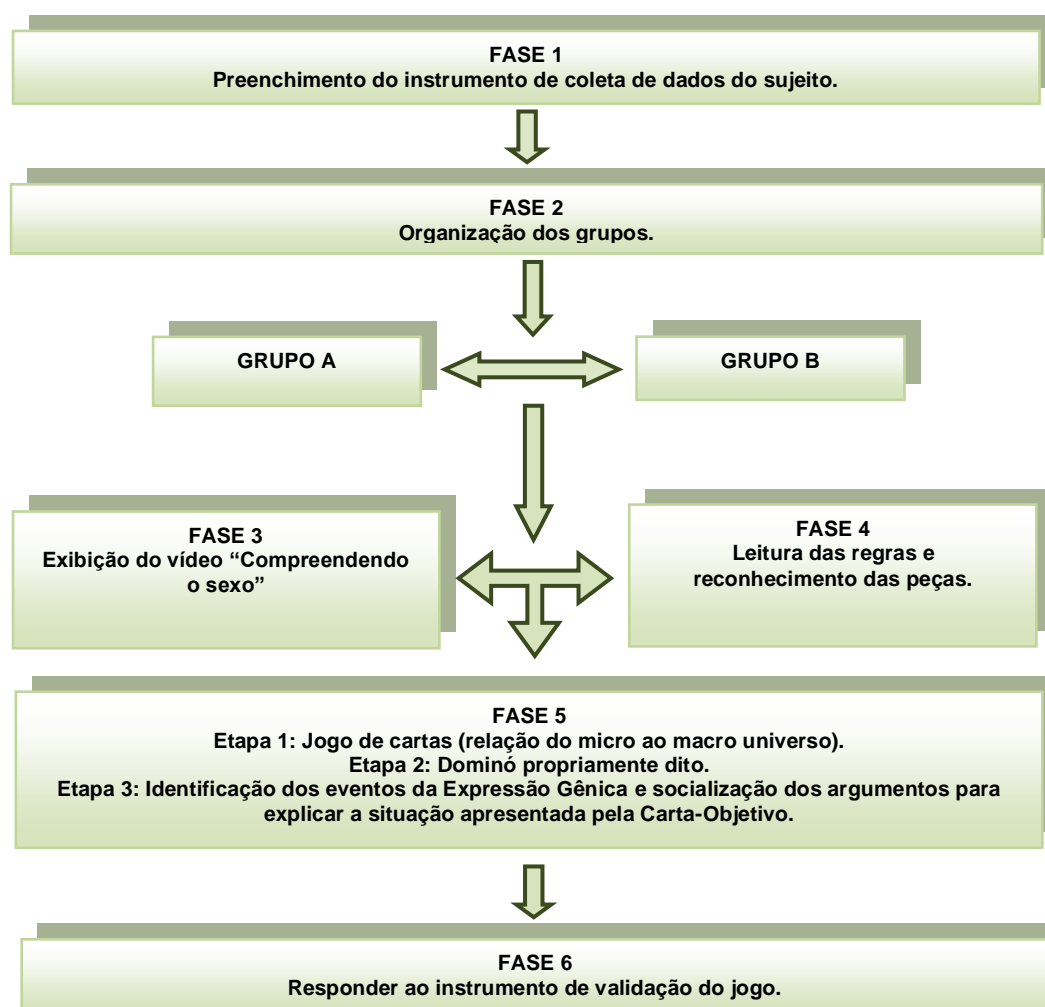
A sequência de atividades proposta para esta pesquisa foi subdividida em seis fases, de forma a facilitar seu andamento, e está explicitada na Figura 25.

3.3.1 Materiais e Método

Na execução da pesquisa, além da construção do domínio abordando o conteúdo Expressão Gênica, foi necessária a utilização de outros meios para a construção dos dados. Assim utilizamos:

- Registros fotográficos das associações estabelecidas no tabuleiro do jogo;
- Filmagem para registro das argumentações intra-grupais;
- Questionário para construir o perfil dos sujeitos; e ainda,
- Instrumento de validação (questionário avaliativo) do jogo enquanto facilitador, ou não, da construção de conceitos em Expressão Gênica.

Figura 25. Etapas vivenciadas pelos grupos



Na primeira fase os sujeitos preencheram o instrumento “Ficha Perfil do Professor” (Apêndice B), para caracterização dos participantes e formação dos grupos. Este instrumento consta de uma sondagem acerca da procedência acadêmica e profissional do participante (educação básica, rede de ensino pública ou privada, IES pública ou privada, ano de conclusão da graduação, especialização, tempo de magistério, disciplina(s) lecionada(s) e ainda, se continua atuando em salas de aula).

Na segunda fase organizamos os grupos a partir dos dados obtidos. Na fase três, com os grupos já organizados e reunidos, exibimos o vídeo “*Compreendendo o sexo*” que levanta questões de probabilidade, associando-as ao jogo de baralho. O vídeo (com duração de três minutos) contextualiza, de modo rápido e agradável, o jogo e a Genética. Na fase quatro os sujeitos leram as regras e partiram para o reconhecimento das peças do jogo. Na quinta fase, realizamos uma rodada do jogo, respeitando-se as etapas e, por fim, na sexta e última fase, aplicamos um questionário para validação do jogo. O local, horário e tempo estabelecidos respeitaram as necessidades dos sujeitos.

3.3.2 Aplicação do Jogo

Com os sujeitos já agrupados e após a exibição do vídeo, deu-se o reconhecimento do kit de manipulação presencial grupo a grupo, para que assim seus membros pudessem reconhecer o material disponibilizado, associando-o a cada etapa do jogo. Assim, após a leitura das regras e reconhecimento das peças, demos início à primeira etapa, o jogo de cartas, onde as duplas deveriam relacionar as 10 cartas recebidas (*Descrição e Imagem*), considerando a ordem dos eventos do micro ao macro universo. Ao concluírem esta primeira fase, iniciamos a segunda etapa do jogo, o dominó propriamente dito. Encerrada a partida, os sujeitos passaram para a etapa três, escolhendo aleatoriamente uma *Carta-objetivo* e um indivíduo (bonecos em acrílico) na mesma cor da carta. O passo seguinte foi identificar a sequência dos eventos da Expressão Gênica colocando os pinos-flor grandes. Após esta sequência, os membros do grupo iniciaram uma discussão dos possíveis eventos que pudessem estar ou não ocorrendo com o indivíduo que apresentava a suposta doença explicitada na *Carta-objetivo*, retirada pela dupla.

Todas as etapas da aplicação do jogo foram filmadas com a finalidade de servir de subsídio à análise das interações entre os participantes quanto às regras, às argumentações e as negociações apresentadas durante a partida. Finalizado o jogo, os sujeitos foram convidados a responder um questionário contendo perguntas (Apêndice E) para validar o jogo como mediador, ou não, da construção e articulação entre conceitos.

3.3.2.1 A Relação Micro/Macro-universo

Na maioria das vezes é comum se pensar os mundos micro e macro separadamente, sendo difícil relacionar coerentemente os mesmos. O que acontece no interior das nossas células é comumente classificado como micro, mas, o que se classificaria como macro, neste caso?

Partindo deste pensamento, o *Dominando*, buscou com que os participantes estabelecessem, a partir da organização lógica entre as *Cartas-Descrição* e as *Cartas-Imagem*, propostas na primeira etapa do jogo, uma relação entre o micro e o macro universo, de modo que suas percepções sobre esta relação pudessem ser observadas. A disposição das cartas no tabuleiro foi registrada através de fotos e, as argumentações, através de filmagem.

3.4 Transcrição dos Registros e Análise dos Dados

Após a aplicação do jogo, os dados obtidos através da filmagem foram separados em dois arquivos distintos, um contendo som e imagem (vídeo) e o segundo apenas áudio em formato mp3. Esta ação facilitou a transcrição, essencial para a primeira etapa da análise dos dados.

Em seguida à transcrição, partimos para a análise dos dados obtidos, construindo categorias para a avaliação diagnóstica das etapas do dominó. As categorias criadas, baseadas na etapa 1, foram:

- Disposição das cartas do micro ao macro universo sem dificuldades e com argumentação;
- Disposição das cartas do micro ao macro universo com dificuldade parcial e com argumentação;
- Disposição das cartas do micro ao macro universo com dificuldade total e com argumentação; e, por último,
- Disposição das cartas do micro ao macro universo parcialmente incorreta e com argumentação.

Para a avaliação diagnóstica da segunda etapa do jogo consideraram-se as associações, as sobreposições de conceitos e as argumentações intra-grupais. As categorias criadas a partir das pedras de associação e conectores foram:

- Associação e conectores corretos;
- Associação correta e conectores incorretos;
- Associação e conectores parcialmente corretos;
- Associação parcialmente correta e conectores incorretos;
- Associação e conectores incorretos;
- Associação incorreta e conectores corretos; e, por fim,
- Associação correta sem conectores.

As categorias mais relevantes para esta pesquisa foram selecionadas e aquelas que apresentaram maior significado serão discutidas no próximo capítulo.

CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os fundamentos da Teoria Histórico-Cultural de Vigotski (2007; 2009), instrumentos e signos são importantes mediadores da aprendizagem de conceitos, uma vez que são capazes de interagir com a estrutura cognitiva do aprendiz, favorecendo uma compreensão dos conceitos e do contexto em estudo.

Vale salientar, como já colocado anteriormente, que uma estratégia de aprendizagem que busque a formação e a consolidação de conceitos torna-se produtiva quando parte daquilo que o sujeito envolvido no processo já domina, ou seja, sua ZDR, e daí problematiza, instiga, estimula a reflexão, de forma que, aquilo que ele ainda não sabe possa ser construído. Em outras palavras é efetiva quando atua diretamente na ZDP do envolvido para que a aprendizagem se estabeleça.

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, percebemos três fortes vertentes passíveis de análise:

- 1 - o jogo como instrumento rico em signos, atuando, portanto, como mediador;
- 2 – o jogo como instrumento instigador de interações sujeito-objeto ou sujeito-sujeito;
- 3 – o jogo como estratégia didática, rico em signos e significância, capaz de atuar sobre a ZDP dos envolvidos no processo.

Decidimos analisar as vertentes 1 e 2 e, assim, direcionamos a presente pesquisa à mediação da aprendizagem na perspectiva de Vigotski, enfocando a mediação e as interações.

Durante nossa vida inúmeros conceitos são apreendidos e muitos signos (palavras, imagens, por exemplo) são capazes de estimular a memória, instigar a reflexão e, para tal, mobilizam variados conceitos. Assim, em nossa proposta, a interação acontece de duas maneiras: (1) sujeito-signo (processo intrapsicológico); e (2) sujeito-sujeito (processo interpsicológico).

Acreditando nesta perspectiva e no poder das imagens e das palavras que, embora diferentes, apresentam similaridades como instigadoras do pensamento,

desenvolvemos e validamos, neste trabalho, o jogo “Dominando a Expressão Gênica”.

Aprender um conceito de maneira significativa depende essencialmente da situação de aprendizagem na qual os estudantes se encontram inseridos. Propostas construtivistas envolvendo jogos são excelentes para instigar o pensamento e a reflexão, principalmente quando os conceitos apresentados aos estudantes ainda não estão internalizados (PFUTZENREUTER *et al.*, 2008). Nesta perspectiva, o jogo didático, instrumento rico em signos, articulado a uma proposta de interação entre a visão sistêmica e a flexibilidade cognitiva, apresenta-se como mediador na formação de conceitos sistêmicos. Ao estimular as interações entre os participantes, favorece a consolidação dos conceitos em estudo, de uma forma lúdica da aplicação “prática” dos conceitos em estudo a outras situações. A flexibilidade cognitiva possibilitará que os envolvidos no processo de aprendizagem sejam capazes de resolver diferentes situações, na sala de aula ou no seu dia a dia, que venham a envolver o conceito apreendido.

Aprender um conceito de maneira significativa depende essencialmente da situação de aprendizagem na qual os estudantes se encontram inseridos. Propostas construtivistas envolvendo jogos são excelentes para instigar o pensamento e a reflexão, principalmente quando os tópicos apresentados aos estudantes ainda não estão internalizados (PFUTZENREUTER *et al.*, 2008). Nesta perspectiva, o jogo didático, instrumento rico em signos, articulado a uma proposta de interação entre a visão sistêmica e a flexibilidade cognitiva, apresenta-se como mediador na formação de conceitos sistêmicos. Além disso, ao estimular as interações entre os participantes, favorece a consolidação desse novo conhecimento. A flexibilidade cognitiva, por sua vez, será estimulada ao propiciar, aos envolvidos no processo, oportunidades de aplicação “prática” dos conhecimentos recém-adquiridos em outras situações, tanto na sala de aula, como no seu dia a dia, de forma lúdica.

Para alcançar o objetivo proposto, o *Dominando a Expressão Gênica* foi subdividido em três etapas de modo que estas pudessem articular a perspectiva sistêmica (CAPRA, 2006; MARIOTTI, 2008), as interações e a mediação (VIGOTSKI, 2007; 2009) e ainda, a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (SPIRO *et al.*, 1988; 1989), na construção do conceito sistêmico de expressão gênica. Assim, a proposta é que os

sujeitos mediados pelos signos apresentados em cada etapa, reformulem, reconstruam ou consolidem conceitos existentes em sua estrutura cognitiva a partir das interações estabelecidas entre os pares, assim como entre estes e o jogo.

Supõe-se, portanto, que as etapas sejam capazes de promover “um avanço” rumo à compreensão sistêmica do conceito de expressão gênica, além da soma das partes (CAPRA, 2006) e sua conseqüente importância no fenômeno que é a complexidade da vida.

A fim de facilitar a compreensão de todas as etapas vivenciadas, bem como dos objetivos propostos, os resultados foram organizados em cinco tópicos: Entendendo as Regras; A Relação Micro e Macro-universo; Dominando a Expressão gênica; Contextualização e Interações entre os Participantes..

Para alcançar o objetivo proposto, o *Dominando a Expressão Gênica* foi subdividido em três etapas de modo que estas pudessem articular a perspectiva sistêmica (CAPRA, 2006; MARIOTTI, 2008), as interações e a mediação (VIGOTSKI, 2007; 2009) e ainda, a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (SPIRO *et al.*, 1988; 1989), na construção do conceito sistêmico de expressão gênica. Assim, a proposta é que os sujeitos, mediados pelos signos apresentados em cada etapa, reformulem, reconstruam ou consolidem conceitos existentes em sua estrutura cognitiva a partir das interações estabelecidas entre os pares, assim como entre estes e o jogo. Supõe-se, portanto, que as etapas sejam capazes de promover “um avanço” rumo à compreensão sistêmica do conceito de expressão gênica, além da soma das partes (CAPRA, 2006) e sua conseqüente importância no fenômeno que é a complexidade da vida.

A fim de facilitar a compreensão de todas as etapas vivenciadas, bem como dos objetivos propostos, os resultados foram organizados em cinco tópicos: (1) Entendendo as Regras; (2) A Relação Micro e Macro-universo; (3) Dominando a Expressão gênica; (4) Contextualização e (5) Interação entre os Participantes.

4.1 Entendendo as Regras

As regras do *Dominando a Expressão Gênica* (vide Apêndice C) foram construídas em três etapas distintas, porém interligadas, de maneira a facilitar a interpretação, o

entendimento e o andamento do jogo. Os objetivos de cada etapa podem ser visualizados no Quadro 3.

O jogo comporta até seis jogadores, que devem estar dispostos em duplas. Neste estudo, organizamos dois grupos, descritos aqui como A e B. No primeiro, com cinco membros, foi feita uma negociação entre os participantes para a formação de dois subgrupos: um trio e uma dupla. Já o Grupo B, composto por quatro sujeitos, formou duas duplas, também a critério dos participantes. As negociações iniciais do Grupo A se mostraram interessantes e podem ser observadas a seguir:

P9: Como é que diz a primeira jogada? os jogadores deverão estar dispostos em dupla – quer formar uma dupla e um trio?
 P4: É assim. Aqui nós três e vocês dois.
 P9: Vamos negociar.
 P2: Mas não tem que ler?
 P9: Não, é porque não vai ser por etapa?
 P1: A gente faz a primeira etapa, depois a gente vai pra etapa dois e etapa três. [...] vai ser nós três.
 P2: Ah! Vai jogar a etapa 1?
 P4: É. É assim. É tipo – nunca jogaram baralho não?
 P3: Eu sei jogar baralho em casa.
 P2: Eu não sei jogar não – eu tenho esse problema – eu não sei jogar nada, nem baralho, nem dominó, nem nada, viu?
 P9: É só separar cinco cartas-descrição e cinco cartas-imagem.
 P4: Tu tens que sair daí porque tu vais ver as cartas dele.
 P3: Como é?
 P9: Não é uma dupla? Eu não jogo com ela?
 P1: Não, vai ser assim: nós três contra eles dois, entendesse?
 P9: Contra nós dois – exato.
 P1: [...] Cada dupla receberá cinco cartas-descrição e cinco imagens.
 P9: Vamos embaralhar.
 P9: [...] mas vão sobrar cartas? As cartas que vão sobrar não vão atrapalhar no decorrer do jogo?
 P1: A gente vai fazer como um baralho – quando – é, vamos fazer assim, pode ser assim.
 P9: Vamos separar pra gente poder entender.
 P1: Tem três duplas - a gente vai fazer como baralho.
 P3: Não pode tá embaralhado – é isso.
 P2: Não é aquele negócio que quando falta pega no morto não?
 P1: É, vamos fazer assim.
 P4: Não, no morto não. . Tem três interfases, tá vendo? Por isso é que não vai atrapalhar – era pra serem três duplas.

Observamos que o ato de jogar é reconhecido instantaneamente como competitivo, o que pode ser percebido nos trechos grifados pela autora. Quando P4 diz: “tá vendo? tu tens que sair daí porque tu vais ver a carta dele”, demonstra que a visibilidade das cartas deveria ser protegida para que o “adversário” não tivesse acesso, assim como o próprio companheiro de dupla. A ideia de competição parece-nos ainda mais clara quando P1 afirma “vai ser assim – nós três contra eles dois

[...]”. Percebemos que P1, além de confirmar a formação de uma dupla e um trio, salienta que o jogo será uma competição, uns contra os outros, expondo sua percepção intrínseca de que a partida não será cooperativa.

Ainda nesse trecho, percebe-se que a dificuldade na interpretação do texto das regras levou a uma incompreensão do que fazer com as cartas-descrição e as cartas-imagem, preparadas para a primeira etapa. Deste modo, as mesmas foram inicialmente associadas a um jogo comum de baralho, mesmo estando em número reduzido. As sobras de cartas não foram relacionadas com o material necessário para a participação de uma terceira dupla, mas sim com as cartas do “morto” de um jogo de baralho.

A princípio, os sujeitos não perceberam que as cartas se repetiam, uma vez que no jogo, preparado para até seis participantes, cada dupla formada precisava receber cartas iguais. Apenas no final do diálogo, P4 reconheceu a presença de cartas repetidas; portanto, o “morto” não existia e as cartas que estavam sobrando pertenciam a uma terceira dupla. É importante salientar, uma vez mais, a necessidade de um conhecimento mais aprofundado da proposta do jogo para evitar “tentativas” de resolver os problemas apresentados por meios diversificados, próprios mas incoerentes com as regras. Vale ressaltar que todos os sujeitos participantes desta pesquisa já conheciam a proposta da *Trinca Genética* e do *Dominogênio* (PEREIRA, 2008). Talvez os participantes tenham associado a primeira etapa do *Dominado a Expressão Gênica* ao jogo de cartas *Trinca Genética*, pois a proposta entendida pelos participantes remetia as regras desse jogo.

A princípio, os sujeitos não perceberam que as cartas se repetiam, uma vez que no jogo, preparado para até seis participantes, cada dupla formada precisava receber cartas iguais. Apenas no final do diálogo, P4 reconheceu a presença de cartas repetidas; portanto, o “morto” não existia e as cartas que estavam sobrando pertenciam a uma terceira dupla. É importante salientar, uma vez mais, a necessidade de um conhecimento mais aprofundado da proposta do jogo para evitar “tentativas” de resolver os problemas apresentados por meios diversificados, próprios, mas incoerentes com as regras. Vale ressaltar que todos os sujeitos participantes desta pesquisa já conheciam as propostas dos jogos *Trinca Genética* e *Dominogênio* (PEREIRA, 2008). Talvez os participantes tenham associado a

primeira etapa do *Dominado a Expressão Gênica* ao jogo de cartas *Trinca Genética*, pois a proposta entendida pelos participantes remetia às regras daquele jogo.

A complexidade proposta pelo *Dominando a Expressão Gênica* gerou receio e expectativa, inquietando os participantes. As discussões podem ser acompanhadas no diálogo a seguir:

P9: [...] digo agora, pra mim é muito difícil jogar um negócio desse
 P2: Vamos embora – é só pra tu, é?
 P9: Não é questão nem de conceito – é questão do entendimento das regras.
 P3: Não é só pra tu não.
 P4: Do entendimento das regras? Também acho.
 P2: Não, mas a gente sentiu isso desde a outra vez (se referindo ao Dominogênio e a Trinca Genética)
 P4: E quando junta com o conceito – danou-se!
 P2: E eu? Que não sei jogar dominó, meu filho?

O trecho da discussão apresentada acima leva-nos a um questionamento: serão realmente as regras o motivo da insegurança do grupo? Ou a percepção de que o conteúdo, de nível avançado (SPIRO, 1988; 1989) não era de domínio dos sujeitos?

Esta discussão nos aponta para a existência de lacunas conceituais (SÁ, 2007), responsáveis pela dificuldade na construção do conhecimento. “Acusando” falta de compreensão diante das regras do jogo, nega-se a dificuldade com o conceito, projetando as possíveis lacunas no entendimento da proposta do dominó. Os grifos no diálogo seguinte (falas dos sujeitos P1, P2 e P3) apontam para o “fato” de que o verdadeiro problema é o estabelecimento das relações, talvez partindo de um questionamento intrapessoal: o que fazer com as lacunas diante de tal situação?

Podemos perceber, na agitação do momento, diferentes sentimentos, entre estes a expectativa diante do inesperado e de um possível processo avaliativo. Os conceitos “não provocaram receio” (P9), mas sim as regras (P4, P9), pois estas “atrapalham” o desempenho e, portanto, precisam de revisão para que o objetivo seja atingido.

Assim, fica implícito que os sujeitos acenam com um “estou com medo de me expor, de expor meus conhecimentos” ou talvez “não espere muito de mim, afinal não sei jogar”, reduzindo assim a responsabilidade nas decisões, na participação. O receio aparece-nos como um sentimento de “proteção” involuntária, uma forma de minimizar o ato de “ser avaliado” ou mesmo passível de ser “criticado” durante a interação. Os aspectos emocionais não podem ser desconsiderados, pois Gomes *et*

al.,(2005) afirmam “os aspectos emocionais e subjetivos precisam ser valorizados, pois interferem na prática da avaliação, o que demonstra a necessidade de propiciar a expressão de sentimentos e conflitos presentes no ato de avaliar e ser avaliado” (p. 170).

Podemos inferir, assim, que os aspectos emocionais influenciam nas tomadas de decisão e provocam angústia, que podem, por sua vez, levar ao desestímulo.

De acordo com os autores (GOMES *et al.*, 2010), o fato de participar de uma pesquisa induz o sujeito a pressupor que será avaliado quanto ao seu desempenho, na exposição a uma possível crítica. Assim, os sentimentos mais frequentes apresentados pelos sujeitos são medo, insegurança e dificuldade em ouvir críticas. Tais sentimentos são frequentemente considerados como “negativos” (GOMES *et al.*, 2010). O receio é diretamente relacionado à ideia de que a avaliação ainda é vista como puramente classificatória ou meritória – sendo este aspecto agravado, em nossa perspectiva, pelo fato dos sujeitos serem professores de Biologia em atividade e com formação *stricto sensu* (Quadro 3). Entretanto, Gomes *et al.*, (2005) também ressaltam os sentimentos positivos envolvidos no processo: a felicidade, a aprovação e o prestígio.

Analisando a postura dos grupos, percebemos que a inquietação era evidente e crescia à medida que os pares não conseguiam compreender ou atingir um consenso geral do *como* jogar. Isto os confundia cada vez mais, gerando um quadro de muita impaciência e estresse, a tal ponto que foi necessário a interferência da pesquisadora a fim de auxiliá-los no início da partida:

P1: A gente tem que relacionar - eu tô colocando aqui pra gente ver.

P3: Tem problema não, isso não? Duas?

Pesquisadora: Porque eu acho que não tá claro ainda o que é [...]

P2: O que é o jogo.

Pesquisadora: Não tá claro aqui, porque vocês não estão entendendo.

P1: A gente tá entendendo o seguinte: que a gente vai relacionar assim (mostra no tabuleiro) não é só isso?

Pesquisadora: Certo - tudo bem - é só isso. Só que você tá percebendo que você tem duas imagens?

P9: A gente tem duas imagens, tem dois textos.

P1: Então era melhor separar aqui.

P4: Vamos fazer assim: junta aí e tira um (referindo-se as cartas-descrição e cartas-imagem) como tinha sido proposto.

P9: Mas se a gente for separar tudo isso aqui, não fica tudo muito óbvio não?

P2: Mas se a gente for separar, a gente acerta.

P4: É porque é assim: isso aqui ele tá pra três duplas, entendeu?

P2: Não, é feito pra duas duplas.

P1: Não, aqui tem material pra três duplas. A gente vai tirar o material de uma dupla porque aqui só tem duas duplas.

P3: O material tá repetido, não é isso?

P9: Agora vou fazer uma pergunta: o objetivo é que cada dupla fique com as mesmas - a gente vai tirar as cartas exatamente iguais?

P9: Mas a dupla não tem cinco e cinco?

P4: A probabilidade de a gente pegar repetido é muito maior, entendeu? A gente pode pegar - eu posso pegar uma de vocês porque depois a gente pode trocar - não sei como é a história aí.

P9: A conclusão - você tá dizendo o seguinte: que como tem três dessas a gente tirava uma das três.

P2: Só deixa duas, fazemos duas duplas.

P9: entendi agora, desculpa.

P1: Separa pra gente.

Pesquisadora: Eu sugiro que leiam novamente a primeira etapa, ler novamente como jogar.

P2: Os jogadores deverão estar dispostos em duplas. Cada dupla receberá cinco cartas-descrição e cinco cartas-imagem. As duplas deverão relacionar as 10 cartas recebidas considerando a ordem dos eventos micro e macro - era o que tava fazendo - não era não?

P9: Não diz nada. Aqui não fala se as cartas devem ser embaralhadas.

P9: Se a gente pode trocar as cartas.

P2: É, tem regras não (referindo-se ao fato de que não se descrevia um passo a passo para a solução, apenas o relacionar das cartas).

P9: Nessa primeira etapa não, tá? A gente pode talvez ver na segunda etapa. A gente vai tentar relacionar as cartas.

P1: Vamos relacionar e depois a gente vê o que é pra fazer.

P2: As regras ficam abertas, é? Para quem tá jogando criar, é?

Pesquisadora: Não, a ideia é que seja claro porque a gente foi

P2: Não - mas aqui - aqui a regra é essa - aqui não diz se embaralha, se não embaralha - se pega uma a uma as cartas - se pega as cinco - se vai jogando uma a uma.

P9: Se elas são distribuídas de maneira igualitária.

P1: Mas vamos fazer o seguinte já que não tá aí, tá? vamos receber as 10 cartas - a medida - a gente vai fazer os pares, no caso a descrição e a imagem, vai fazendo - depois o que a gente não quer, a gente descarta - aí você tem pra juntar, entendesse? Aí tu solta uma, quando você pegar a que eu soltei, você solta uma pra eu jogar também.

P9: A gente já tá criando as regras do jogo, é?

Pesquisadora: Não, não é para criar. Vocês têm cinco - as cartas descrição são referentes a cinco eventos - eles não se repetem, então cada dupla ficaria com um evento desses - vocês têm cinco imagens que se relacionam com esses eventos.

P2: Mas eu posso pegar um evento e ele pode pegar a imagem.

P4: Mas a gente pode juntar.

Pesquisadora: Vocês vão ter a mesma quantidade na realidade - vocês vão ter a mesma imagem e o mesmo evento.

P1: Então pode ser assim? A gente pode dar assim?

P9: Mas eu acho que no caso aqui não seria nem quantidade, né? a gente tem que ter a mesma carta - já tá separado - você separou iguais - a gente não tem nem necessidade de embaralhar.

P2: Assim fica óbvio, não?

P1: Não, agora a gente tem que saber relacionar, vamos saber relacionar? O problema é esse - eu acho que o objetivo é esse.

P3: Não, agora vamos relacionar - é esse o problema, que eu já tentei aqui - meu problema, meu buraco é esse - minha lacuna tá deste tamanho.

Para a primeira etapa, a proposta era que os jogadores associassem a carta-descrição à carta-imagem, considerando a ordem dos eventos da expressão gênica do micro ao macro-universo. Assim, esperava-se que os participantes organizassem as cartas no tabuleiro, associando aquelas que continham imagens aos textos descritos, sequenciando-os. A angústia provocada pela atividade os levou a perceber também a dificuldade na articulação dos conceitos, o que pode ser percebida na fala de P3:

agora vamos relacionar “[...] é esse o problema, que eu já tentei aqui - meu problema, meu buraco é esse - minha lacuna tá deste tamanho”.

Esta fala deixa claro que relacionar ou sobrepor conceitos não seria tarefa fácil e que as lacunas conceituais existentes eram imensas, prejudicando a resolução da atividade, que P3 já havia tentado anteriormente (quando conheceu a Trinca Genética e o Dominogênio).

As regras não se mostraram claras ou suficientemente descritivas para que o grupo desse seguimento à atividade, assim, a solução foi levantar propostas de como resolver o impasse, no caso, jogando a primeira etapa como um baralho comum, provocando a interferência da pesquisadora, já que as regras não deveriam ser modificadas e a proposta aqui era que se relacionassem as cartas-descrição e imagem, considerando os eventos do micro ao macro-universo. As sugestões levantadas pelos sujeitos são pertinentes e certamente facilitarão a compreensão de outros participantes em propostas futuras que envolvam o *Dominando a Expressão Gênica*.

As discussões iniciais no Grupo B foram mais breves. Assim, este grupo avançou rapidamente. A técnica escolhida foi que na medida em que o texto fosse lido, os materiais necessários para a respectiva etapa fossem reconhecidos. Não percebemos insegurança entre os membros deste grupo. Na maior parte do tempo, quando confusos, os membros recorriam ao texto das regras, relendo-o, concluindo rapidamente a primeira etapa, entrando na segunda, resolvendo em menor tempo os entraves que se apresentavam. O estresse presente, mas relativamente reduzido, permitiu que sentimentos predominantemente positivos, fossem expressos. Em nenhum momento, foram sugeridas modificações nas regras e nem expressões

claras de receio quanto a estas ou mesmo ao jogo. Podemos analisar a evolução da segunda etapa do jogo a partir do diálogo:

P7: Vamos virar o jogo – pode virar? Isso aqui é aleatório, é virado, é assim?
 P7: Sim, e aí? Como é aqui?
 P7: Nós dois escolheremos uma cor – vermelho – aí pega todos os pinos da mesma cor
 P8: Verde - [...] ah! Agora a gente vai formar um-
 P7: Jogo só
 P7: qualquer pedra pode iniciar?
 P6: Pode ser: a gente tira par-ímpar
 P5: É. Coloca a pedra aqui. Vocês têm que colocar um conector?
 P7: E a gente vai colocar aqui – conector é depois?
 P6: É
 P8: A gente tem que ler
 P7: [...] a ordem dos eventos [...] para identificação das jogadas [...] e os grandes para identificação dos eventos da expressão gênica [...] - aí é só – misturadas [...] da partida [...] quem será o primeiro jogador? [...] que identifica o contexto da articulação entre as duas pedras.
 P7: Então depois que elas fizerem (referindo-se a jogada da outra dupla), a gente – não sei – se aqui a gente [...] as jogadas por aqui
 P8: A gente tem que tentar encontrar um conector?
 P7: É
 P8: Cadê o conector?
 P5: Pode virar essas pedras?
 P7: Olhe, quando acaba – quando a outra pedra – ah, sim, porque como é que vai tá olhando, procurando – veja – quando a gente colocou uma pedra – vê se a gente tá entendendo – a gente colocou essa pedra – elas vão procurar uma outra pedra pra encaixar aqui
 P7: E depois é que coloca o conector – elas colocam – se a gente fizer a outra jogada, aí, é a gente que coloca o conector, ah-
 P7: A pedra e o conector
 P8: Agora a gente bota o quê aqui?
 P7: Bota lá a bolinha perto, é? - pra facilitar – pode virar as pedras.
 P8: a gente pode botar o quê aqui?
 P7: Outra pedra e depois o conector
 P8: Ah, faz primeiro o casamento com a pedra?
 P6: [...] e o conector? Fica aonde nessa história?
 P7: [...] aí o conector fica entre estes dois pedaços, você vai arrumar um conector pra ficar entre estes dois pedaços, que tenha a ver com a imagem e com a descrição.
 P8: Vamos escrever?
 P5: Sim, aí bota o botãozinho
 P7: Aí você bota o botãozinho aqui que foi a jogada de vocês?
 P8: [...] aí o que é que a gente tem que fazer agora? Explicar é?

Fato marcante é que, ao tempo em que o Grupo B iniciava a segunda etapa, o Grupo A continuava apresentando dificuldades com o entendimento das regras e, numa tentativa de acelerar o processo, seguiu com a leitura até a etapa 3, sem contudo conseguir iniciar a partida. Isto provocou ainda mais inquietação, pois na medida em que não compreendiam, a demora e a angústia eram maiores:

P4: [...] identificar os eventos da expressão gênica, associar e relacionar as pedras do dominó aos eventos descritos com conectores, contextualizando tais eventos com a carta-objetivo que é o fenótipo e genótipo. Carta-objetivo. Aqui.

P2: [...] contextualizando tais eventos com a carta-objetivo. Essa carta-objetivo é fenótipo e doença?

P2: Pelo jeito que tá aqui entre parênteses carta-objetivo é fenótipo e doença?

P4: É. Carta é a doença², eu acho, não, peraí.

P2: É o fenótipo que é a doença? não sei, não tá claro pra mim não, não consegui entender [...] a carta-objetivo é o fenótipo.

P9: O que diz cada carta?

P1: Diz aqui, indivíduo que apresenta distúrbio na síntese de proteína-

P3: Ah, é essa aqui mesmo, agora isso aqui é que não tá dizendo o que é

P2: Agora isso aqui não tá dizendo o que é não. Indivíduo que apresenta distúrbio na síntese da proteína. Supressão com prejuízo à regulação do [...] isso aqui é um contexto.

P1: É a doença lá e o fenótipo aqui.

P4: É o fenótipo e a doença.

P2: Então isso aqui tem que melhorar, porque do jeito que tá aqui, olha “contextualizando tais eventos com a carta-objetivo” aí entre parênteses fenótipo doença, dá pra entender que a carta-objetivo é o fenótipo doença e não é,? Isso aqui tá complicando – já começa daqui. Acho

P4: Não, não é – não, mas assim, o que ela diz é assim – carta-objetivo – aí o que é que ela diz é – o fenótipo é a carta e essa é o objetivo. Isso foi o que eu entendi, entendeu?

P1: É, a gente vai unir assim, oh, por exemplo, aqui, fenilcetonúria- aí a gente vai ver se-

P2: Sim, e a carta-objetivo? Não é isso então?

P4: Não, não é isso. É carta-objetivo – no caso teria que ser carta e objetivo aqui

P2: É, não pode ser com esse fim.

P1: Isso aqui é uma doença e tá falando sobre ela

P2: Isso aqui não é um contexto? Vê se isso aqui não é um contexto?

Indivíduo com tendências-

P4: Isso aí é como se fosse a descrição – o fenótipo

P1: A gente vai associar

P2: Não, mas isso aqui não é um contexto? Não é um fenômeno – não é um – não é um contexto?

P3: Eu acho também

P3: Não, é um fenótipo

P2: Não. Eu tô falando – é um contexto

P3: Pronto. A doença é essa aqui, ó e aqui é o contexto

P9: Se nós conhecêssemos o material, será que clareava mais?

P4: É eu acho.

P1: Vamos tentar

P3: É, vamos ver o material, é melhor.

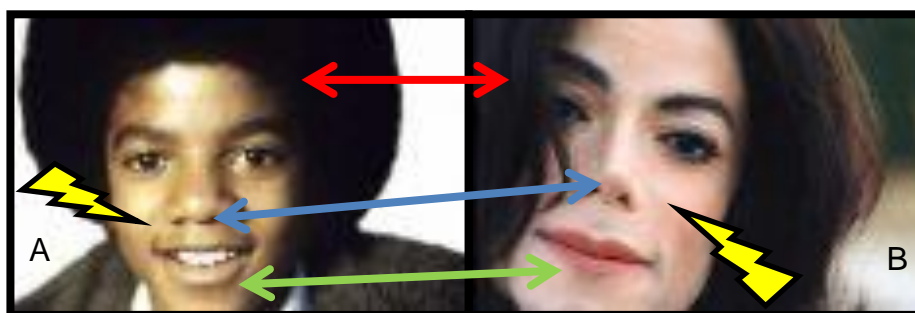
É interessante perceber a concepção de fenótipo. A compreensão geral relaciona fenótipo a uma característica expressa de modo visível, macroscópico, desconsiderando as expressões de características definidas bioquimicamente, que interferem no comportamento do organismo, como, no caso, uma doença. Em outras

² Grifos da autora.

palavras, o fenótipo é simultaneamente de caráter morfológico, bioquímico ou molecular.

Vale salientar que o fenótipo pode sofrer alterações (a longo prazo) a partir de suas interações com o meio ambiente. Porém, estas modificações podem ou não atingir os genes. Quando os genes são atingidos, dependendo da sua função, podem vir a provocar alterações morfológicamente visíveis se expressos, porém, se estas alterações forem dependentes exclusivamente do ambiente no qual se está inserido, uma fenocópia estará sendo expressa. A fenocópia é uma variação, uma expressão distinta do genótipo, ou seja, que mimetiza a expressão de outro genótipo. Uma fenocópia pode ser resultado de “interferências” externas, de natureza corretiva ou estética (CRUZ e OLIVEIRA, 2007). Um exemplo típico são as alterações no fenótipo de Michael Jackson, amplamente divulgadas pela mídia e ilustradas na Figura 26. Comparando-se as características fenotípicas naturais do cantor (Figura 26A) e seu aspecto nos últimos anos de vida (Figura 26B), houve todo um trabalho em “copiar” características caucasianas, considerando textura do cabelo, coloração da pele, aparência dos malarres, nariz e lábios. Houve, assim, uma mimetização de diferentes fenótipos num mesmo indivíduo.

Figura 26. Fenocópias de Michael Jackson: mimetizando um genótipo caucasiano



A, Fenótipo negróide; B, Fenocópia caucasiana. Seta vermelha, cabelos; seta azul, nariz; seta verde, lábios; seta amarela, malarres e cor da pele. Disponível em <http://www.kboing.com.br/michael-jackson/fotos/>

Portanto, as características fenotípicas não são exclusivamente visíveis, podem ser “invisíveis” aos olhos, podendo ser expressas de variadas formas. O contexto ao qual o sujeito P2 se refere (carta-objetivo: o mini-caso) é, na realidade, a descrição de um fenótipo patológico, de forma que a “visibilidade possível” está relacionada aos sintomas apresentados.

Os obstáculos à relação do fenótipo como um elemento exclusivamente macroscópico estão diretamente ligados às lacunas conceituais dos sujeitos. Se o fenótipo é compreendido sempre como um elemento macroscópico, todas as demais instâncias da expressão gênica serão automaticamente eliminadas, negando a existência da conformação e funcionalidade de proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos.

Ainda neste trecho de diálogo, percebemos a relação da carta-objetivo (fenótipo-doença) a um contexto. Assim, é importante esclarecer seu significado. O contexto é uma ação premeditada, definida para situar um indivíduo num lugar e num tempo desejado (HOUAISS, 2009). A compreensão do contexto vai depender da apropriação dos conceitos envolvidos na situação, pois de outra maneira, não será possível interpretá-lo e solucioná-lo. Sendo assim, o contexto ao qual P2 se refere é, na verdade, um recorte real de um caso (um mini-caso), apresentando uma situação (no caso a doença), a partir do contexto “saúde do indivíduo”.

Se a solução do contexto provoca dúvidas, estas podem ser resultado da existência de lacunas conceituais. De acordo com Mortimer (1996), os obstáculos à aprendizagem vão muito além dos próprios estudantes, dependem também das perspectivas de ensino dos professores.

O autor nos aponta o fato de que, entre as principais dificuldades no processo de aprendizagem, estão as construções de totalidades. O estudante constrói esquemas mentais para solucionar um problema, no entanto, não consegue generalizar a situação e explicá-la. Estas explicações (soluções) se encontram no plano superior, isto é, nas estruturas psicológicas superiores. Assim, estratégias de ensino pautadas na superação das dificuldades (entre estas as lacunas conceituais) são excelentes para auxiliar os estudantes a generalizar, ou seja, aplicar o conceito em situações dependentes do contexto (MORTIMER, 1996). A perspectiva, ora salientada por este autor, nos põe frente aos preceitos da TFC, defendida por Spiro *et al.*, (1988; 1989; 1992).

Como já descrito anteriormente, a interpretação do texto se apresentou como um obstáculo à consolidação das ideias no Grupo A, provocando dificuldade (MENDONÇA, 2010). Assim, o texto das regras se apresentou como o primeiro

problema para este grupo. Um problema é capaz de movimentar o cognitivo, estimular o raciocínio. Para resolvê-lo, é preciso interpretar, compreender seu objetivo. A palavra é um instrumento simbólico carregado de significação cognitiva, entre estas a codificação, a decodificação e a memória. Para se compreender algo, é necessário atribuir um significado e relacioná-lo a outros signos, como os sinais de pontuação. Neste contexto, a compreensão da leitura tem a ver com a capacidade de realizar inferências, recorrendo a elementos do texto em questão. A compreensão não está na palavra, mas sim na integração das informações disponibilizadas por estas (ZUCOLOTO, 2002).

Retornando à discussão do grupo, pode-se notar que os membros do grupo A não buscaram discutir o conceito, no caso do fenótipo, nem associá-lo com a doença descrita. Desta maneira, os pares não associaram que a doença é um fenótipo expresso (patológico), uma vez o objetivo era apenas o de contextualizar as Cartas-Objetivo (fenótipo-doença: um fenótipo patológico) com os eventos da expressão gênica trabalhados durante as etapas 1 e 2 do jogo, ou seja, qual o caminho percorrido pelo organismo para que a doença fosse expressa. As Cartas-Objetivo apresentam um contexto envolvendo a saúde de indivíduos acometidos por “erros” que alteram a expressão ou supressão de genes levando, a um fenótipo expresso, neste caso uma situação envolvendo doenças ou bem-estar.

A ideia de que apenas as características externas, visíveis, são fenótipos, possivelmente foi a causa do não estabelecimento de relações do Grupo A. Embora a compreensão das regras relativas às Cartas-Objetivo tenham sido percebidas por P2, foi o sujeito P4 que reconheceu e defendeu como fenótipo aquilo que P2 defendeu como contexto. No entanto, este não relacionou tal percepção ao fato de que o contexto (salientado pelo sujeito P2) era, na verdade, os sintomas característicos da expressão de uma determinada doença provocada por “erros” inatos do metabolismo. Os demais participantes seguiram sem estabelecer esta relação, o que os levou a sugerirem novas correções ao texto das regras, apontando uma segunda vez para a possibilidade das regras estarem mimetizando as lacunas conceituais destes sujeitos. Davis *et al.*, (1989) salientam a importância da compreensão da atividade proposta, pois só assim os envolvidos serão capazes de construir. Segundo os autores, “para que os parceiros abram mão da individualidade

que os move, é fundamental que o significado e a importância da atividade conjunta estejam claros para todos os envolvidos” (p. 52-53).

Enfim, a análise das discussões de ambos os grupos e dos seus respectivos pontos de vista sugerem que as competências na área de comunicação e expressão (a interpretação textual parece ter sido um fator diferenciador e deve ser levado em consideração); e, ainda, que a leitura das regras por etapas dificultou o entendimento do todo, do objetivo central, que era a associação dos eventos da expressão gênica (fenômenos moleculares) à expressão de características micro e macroscópicas nos sujeitos (células, tecidos, sistemas, próprio indivíduo). Enfim, percebemos que a leitura para um grupo não foi causa de desestímulo, o sendo para o outro e levando-nos a refletir sobre a possibilidade de disponibilizar uma versão mais descritiva, com um verdadeiro passo a passo, o que talvez facilite a compreensão do jogo (MENDONÇA, 2010).

A leitura das regras é o primeiro contato com a complexidade da proposta, uma vez que apresenta aos sujeitos as diretrizes a serem seguidas. É importante salientar que a complexidade existe a partir do equilíbrio entre o paradigma linear (o conhecimento das partes) e o paradigma sistêmico, sendo este último, “muito mais do que a mera soma das partes”, perspectiva defendida por Capra (2006) como “a compreensão de um fenômeno dentro do contexto de um todo maior”. Mariotti (2007; 2008) também enfatiza a importância de interagir o cartesiano e o sistêmico para alcançar a complexidade. Parece-nos claro, portanto, que “jogar por etapas” é indiretamente proporcional à “leitura das regras por etapas”, uma vez que “entender as coisas sistemicamente significa, literalmente, colocá-las dentro de um contexto, estabelecer a natureza de suas relações” (CAPRA, 2006, p.39).

4.2 A Relação Micro e Macro-Universo

Atingir a compreensão entre o micro e o macro universos é uma experiência de extrema complexidade, pois envolve abstrair nosso pensamento a ponto de relacionar eventos de tal maneira que, mesmo dentro de um universo considerado micro, sejamos capazes de apontar os eventos “macro” dentro deste micro-universo. Compreender a expressão gênica no contexto do metabolismo celular é um exemplo do micro-universo clássico, no entanto, perceber que a presença e o funcionamento

adequado de proteínas da membrana plasmática (receptores) e seus ligantes também faz parte do universo micro, bem como inúmeros outros processos também o são, porém, numa dimensão maior do que a anteriormente citada. Assim, considerar os genótipos e os diferentes fenótipos (molecular, celular, comportamental) como características macroscópicas parte das premissas mendelianas, conseqüentemente da Genética clássica.

Assim, inferimos que, para se compreender a complexidade da relação entre o micro e o macro universo é necessário esforço cognitivo e considerável domínio de conteúdos. Trata-se de uma abstração perceber que no interior do organismo, entre aqueles eventos generalizadamente microscópicos, há uma hierarquia, uma organização que aponta para uma seqüência micro-macro, crescente e presente em todos os eventos funcionais dos organismos vivos.

A etapa envolvendo o estabelecimento de relações do micro ao macro-universo foi proposta com o intuito de observar como os sujeitos percebem esta relação e ainda, como os eventos intracelulares e extracelulares se relacionam, considerando também as interações com o ambiente e como tudo isto se apresenta organizado no cognitivo dos pares. Esta análise foi realizada a partir da relação estabelecida entre as cartas tendo com base os diálogos. Para esta ação, os jogadores deveriam apenas associar as cinco cartas descrição às cartas contendo as imagens relacionadas aos mesmos eventos.

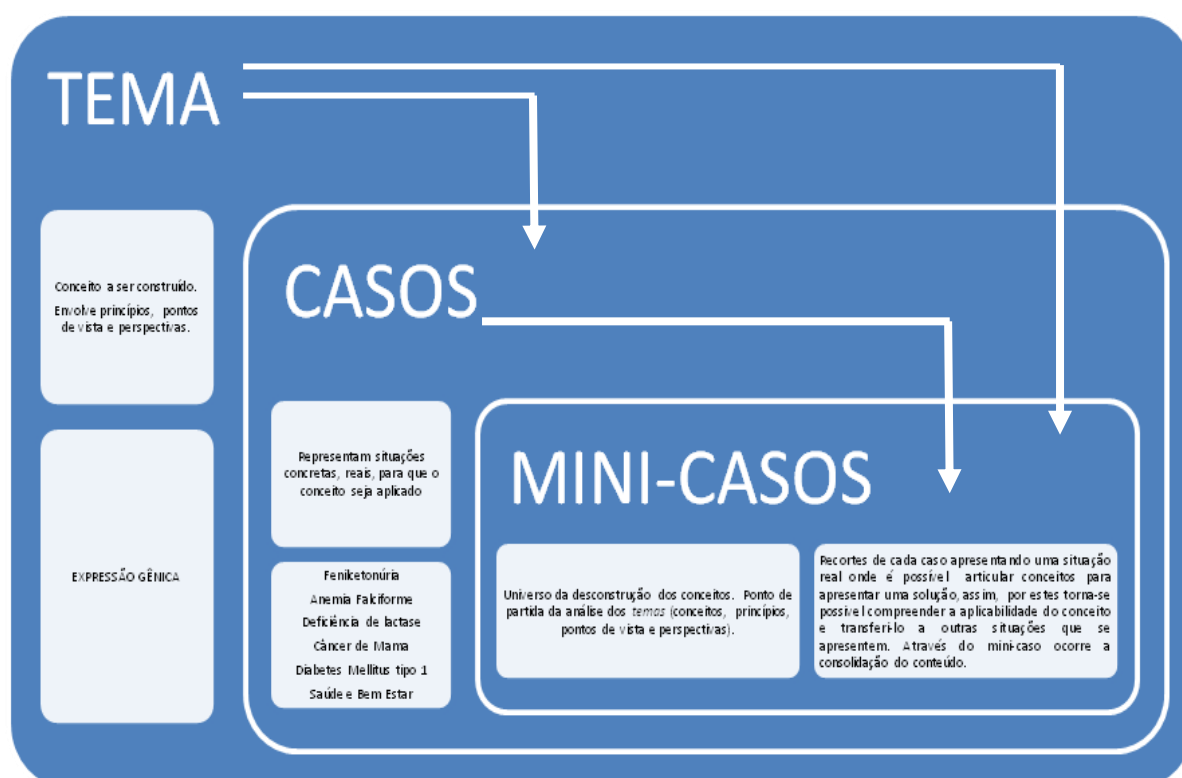
4.2.1 O Jogo de Cartas

Hierarquizar conceitos estabelecendo uma seqüência lógica de eventos do micro ao macro-universo foi o objetivo proposto para a primeira etapa, o jogo de cartas. Nesta atividade, os jogadores poderiam analisar, através dos breves textos apresentados nas cartas-descrição, uma relação possível com as Figuras apresentadas nas cartas-imagem. Assim, as discussões poderiam favorecer uma desconstrução de conceitos anteriormente apreendidos, geralmente de modo linear, e reconstruí-los, percebendo então que estes não são eventos independentes, mas sim, inter-relacionados. Sequenciar tais eventos numa hierarquia compatível com a realidade ocorrida durante o ciclo celular e compreendendo o papel dos genes nas ações e manutenções do organismo é um salto qualitativo e verdadeiramente sistêmico.

Tanto a primeira como a terceira etapa do *Dominando a Expressão Gênica* foram pensadas com base na Teoria da Flexibilidade Cognitiva (SPIRO *et al.*, 1988; 1989) objetivando facilitar a compreensão do conceito de expressão gênica, um conceito de domínio complexo e pouco-estruturado. Um jogo de abordagem complexa, que busca a formação de conceitos sistêmicos apresenta-se como mediador significativo da aprendizagem, estimulando as desconstruções e possíveis reconstruções, necessárias à aquisição de um pensamento de relações, flexível, portanto, facilitador da aprendizagem.

Os casos aos quais os autores se referem podem ser trechos de filmes, capítulos de livros entre outros. Já os mini-casos são construídos a partir da fragmentação dos casos, ou seja, os dois primeiros parágrafos de um texto, uma reportagem, uma situação real, por exemplo. A relação entre tema, caso e mini-caso pode ser observada na Figura 27, para melhor compreensão desta articulação.

Figura 27. Relação tema, casos e mini-casos na pesquisa



Nesta pesquisa, os casos apresentados aos participantes foram situações envolvendo a saúde, provenientes da expressão de “falhas” (mutações) de efeito negativo, provocadas pelas expressões, superexpressões ou supressões de genes,

considerando-se as interferências do ambiente no qual o organismo se encontra inserido. Tais casos, embora independentes, são essencialmente relacionados, uma vez que se apresentam como uma aplicação prática do conteúdo abordado.

Para que os sujeitos compreendessem o conceito, percebendo as relações sistêmicas, os casos receberam recortes e, assim, seis mini-casos foram apresentados (Cartas-Objetivo). O jogo finalizou com a aplicação prática dos temas (conceitos do campo conceitual da expressão gênica). A associação destas cartas favoreceu aos jogadores trilhar um caminho para a complexidade além de compreender a aplicabilidade do conteúdo em questão.

Shirk (1992, *apud* CARVALHO, 2000) considera que para apreender determinado conhecimento o melhor é utilizar uma representação sequencial, mas se o objetivo é percorrer determinada informação até encontrar o assunto pretendido, então esta deve ser apresentada numa hierarquia de referências cruzadas. Sendo assim, os jogadores precisariam ter um bom conhecimento do conteúdo e da sua representação gráfica, pois seria necessária uma sobreposição de conceitos e defesa de pontos de vista para que as associações fossem estabelecidas. A organização das cartas proposta pelos sujeitos deveria apresentar, portanto, hierarquia na sequência de eventos. As discussões ocorridas no Grupo A podem ser acompanhadas a seguir:

P2: Pega do micro para o macro (Figuras 28A, B e C)
 P1: Aqui - do micro pro macro?
 P2: É do micro para o macro - evento do micro para o macro
 P9: Síntese de uma fita de RNA complementar a partir de uma do DNA
 P4: Do molecular
 P2: Evento do micro para o macro
 P4: Intérfase - é isso aqui?
 P9: Processo pelo qual a sequência direciona
 P3: isso aqui é - eu acho também
 P2: Isso aqui é micro
 P3: Cadê? Síntese
 P4: Mas isso aqui tudo é micro - como é que é que é macro aqui?
 P2: Não, mas você vai ver que você vai pro macro - você vai de molécula - você vai começar de molécula -
 P1: Transcrição - aqui - síntese de uma fita de RNA complementar - vai de molécula - molécula-molde [...]
 P2: Vai de molécula - não - isso aqui já é maior
 P4: Não, eu acho que molécula - aí são várias -molécula de DNA - isso aí são várias, menina.
 P1: Síntese
 P2: Célula - átomo - começa de átomo - micro -átomo, aí - átomo - molécula - célula
 P3: O quê? A tradução?

P4: Molécula - isso aqui é o que?
P2: Isso aí você já tem a cadeia de um DNA
P4: Ah, o DNA sendo transcrito em RNA? Ou é traduzido?
P2: É - é - pega - começa os eventos do micro
P4: Síntese de uma fita de RNA complementar
P2: Pega - começa do micro, logo
P4: Mas o micro é esse!
P2: Não - tem micro aqui - isso aqui - isso aqui - é
P4: Não é do micro para o macro não? É do micro para o macro
P2: É - do micro para o macro - aqui
P4: Então, molecular – não é menor?
P2: Isso aqui. Não achas que isso aqui (referindo-se à carta-imagem da transcrição) é dentro da célula?
P1: E esse?
P4: Isso tem várias moléculas - tem uma molécula de RNA
P2: Isso aqui não é - isso aqui não é num universo micro menor do que esse daqui, não?
P4: Isso aqui faz - veja - isso é uma molécula de RNA - isso aqui só é um
P1: É - esse aqui é uma molécula - esse aqui já é uma cadeia inteira, não?
P2: Então - isso aqui é uma parte dessa
P4: É não, minha gente - é não - pelo amor de Deus - isso aqui é uma parte dessa aqui
P1: E isso? Essa daqui?
P2: Isso aqui é uma parte dessa aqui, não?
P4: Não!
P1: Não - é ao contrário
P2: É ao contrário, é?
P4: Isso aqui é uma parte dessa aqui
P1: Essa aqui é uma molécula só - aqui é a - aqui é a - uma moléculazinha só.
P4: A molécula de DNA - aqui é o DNA transcrevendo a de RNA
P1: É, é - é, é - essa daqui é a primeira
P4: Síntese de uma fita de RNA complementar a partir de uma fita de DNA molde pelas enzimas RNA-polimerase originando RNA – aí - a parte de transcrição
P9: Síntese de uma fita de RNA complementar a partir [...]
P3: Aqui tem uma de DNA - pelas enzimas
P9: Também - já é processo do micro - é o micro

O impasse nas discussões deste grupo na realização da atividade foi estipular que dentro do universo apresentado existe proporcionalidade entre os eventos microscópicos, uma vez que, no contexto, transcrição, *splicing* e tradução estão ocorrendo no interior da célula, normalmente entendida como pertencente ao microscópico. Esta visão, confirmada através da fala de P4 ao nos dizer “mas isso aqui tudo é micro - como é que é que é macro aqui?” corrigida rapidamente por P2 ao afirmar “não, mas você vai ver que você vai para o macro [...] você vai começar de molécula”.

Percebemos, de uma forma geral, que relacionar as Figuras entre si não se constituiu em obstáculo para os jogadores, mas os conceitos sim e podemos identificar uma lacuna envolvendo a transcrição do DNA quando P4 nos diz “Ah, o

DNA sendo transcrito em RNA, né? Ou é traduzido?”. Ao compreenderem o objetivo da etapa, podemos perceber que os sujeitos rapidamente indicaram eventos micro e macro dentro do contexto, salientando que aqueles ocorriam dentro da célula, como no caso da transcrição. Apontamos, portanto, para o fato de que a dificuldade relaciona-se com os conhecimentos prévios, ideias formadas a partir de um contato inicial com determinados conteúdos. Spiro e seus colaboradores nos chamam a atenção para o fato de que tais concepções prévias são formadas quando o professor simplifica excessivamente o conteúdo, numa tentativa de construir de maneira mais fácil o conceito entre os estudantes (analogias de viés redutor). Os autores salientam que apresentar a complexidade dos fatos previamente aos estudantes, mesmo nos níveis introdutórios, facilitará a aprendizagem e a aplicabilidade do conceito em diferentes situações (SPIRO *et al.*, *et al.*, 1988, 1989; 1992; CARVALHO, 2000; 2002)

Segundo Feltovich *et al.*, (1989), a aprendizagem introdutória de um determinado assunto afeta a compreensão que se pode vir a se alcançar num nível mais elevado e defende os autores de abordagens simplistas, que tornam a complexidade menos acessível, dificultando frequentemente a aquisição posterior. Assim, estes autores também sugerem que os estudantes em processo de aprendizagem sejam expostos à complexidade desde o início e que se usem analogias, mas que estas sejam utilizadas com o cuidado de evidenciar as semelhanças e diferenças entre as analogias e o conteúdo em estudo (SPIRO *et al.*, 1989), de modo que as construções alternativas não se estabeleçam. A partir das colocações de Feltovich *et al.*, (1989), podemos inferir que, uma vez que concepções alternativas sobre um determinado conteúdo se estabeleçam estas passam a dificultar a formação de uma visão de inter-relações e acaba por impossibilitar que os sujeitos avancem para um nível de abstração e complexidade mais elevados. As concepções podem se apresentar equivocadas e, assim, dificultar a aprendizagem.

As jogadas mediadas pelas discussões entre os parceiros potencializam desconstruções e reconstruções sucessivas fundamentais para a flexibilização do pensamento, porém tais desconstruções só serão alcançadas a partir de uma proposta instigadora, dialética, estimuladora. As discussões em busca de uma resposta correta, adequada, uma busca pela resolução coerente do problema

apresentado, são fatores que favorecem a internalização do conceito (SPIRO e JEHNG, 1990 *apud* CARVALHO, 2000).

Após inúmeras tentativas, argumentações e discussões, os grupos apresentaram suas seqüências de eventos, resolvendo a situação proposta para a primeira etapa do *Dominando a Expressão Gênica*. Os subgrupos do Grupo A apresentaram três situações de resolução, duas seqüências para a dupla e uma para o trio, enquanto que os subgrupos constituintes do Grupo B apresentaram duas situações de resolução, uma seqüência por cada subgrupo. As relações estabelecidas entre as cartas para a primeira etapa podem ser observadas na Figura 28.

Figura 28. Sequências das etapas da expressão gênica propostas pelos grupos A e B



A, primeira seqüência, Grupo A/Dupla; B, segunda seqüência, após argumentação dos membros, Grupo A/Dupla; C, Grupo A/Trio; D, Grupo B/Dupla1; E, Grupo B/Dupla2.

A Figura 28A apresenta a disposição construída pela dupla do Grupo A. Para esta dupla todos os eventos apresentados ocorrem durante o ciclo celular e os mesmos definiram que tanto na primeira posição como na quinta, a relação descrição-imagem do ciclo celular/intérfase indicaria sua importância. No contexto desta etapa, o ciclo celular seria o universo onde todos estes eventos estão acontecendo de maneira simultânea, sendo regulados por ações de proteínas específicas. O ciclo

celular envolve os mecanismos pelos quais a célula “produz, corrige e elimina” elementos, mantendo, desta maneira, o organismo em funcionamento.

A fim de estabelecerem uma sequência lógica entre os eventos apresentados para problematizar a etapa 1, os membros desta dupla (Grupo A) mantiveram a seguinte discussão:

P3: [...] microscopicamente falando, na tua visão tudo é microscópico não? Mas não é - que - internamente esse processo aqui é tão complicado - micro mesmo

P9: O conceito de micro e macro na sua cabeça. A gente aqui seguiu uma sequência lógica de eventos - não é? Não é isso que está escrito aqui, sequência lógica - ela quer uma sequência de eventos do micro para o macro

P3: Mas aqui tá - aqui é macro

P9: Mas o que é micro? É o RNA ou é a proteína? Depende. O RNA é micro - a gente tá considerando que o RNA é micro e que a proteína é macro - é - porque a proteína seria maior do que o RNA

P3: É - quer dizer que na duplicação você conseguiu - é nesse sentido [...]

P9: É tudo micro - agora dentro do micro o que é mais elementar? Seria bom marcar a partir do DNA pra depois - que a proteína

P3: Que ocorre internamente - então esse é macro.

Neste diálogo percebemos que as concepções levantadas, os pontos de vista defendidos e a interação entre os conceitos promoveram constantes construções e desconstruções até que o equilíbrio fosse estabelecido e, finalmente, o problema resolvido. A Figura 28B apresenta uma hierarquia de eventos estabelecida após as discussões dos membros da dupla, sendo esta a resolução apresentada para a primeira etapa do jogo.

A hierarquia de eventos organizada pelo trio do Grupo A (Figura 28C) apresentou a seguinte sequência: ciclo celular + intérfase; DNA/ RNA + transcrição; retirada dos íntrons + *splicing*; mRNA, tRNA e ribossomo + tradução e, por fim, proteína + pós-tradução. A defesa do grupo para esta formatação foi a de que todos os eventos estavam acontecendo no interior da célula e que, por isso, o ciclo celular deveria vir como primeiro evento. A discussão a seguir pode ser acompanhada:

P4: Eu acho que esse aqui é macro, sabia? Isso aqui é o que acontece nas células - to vendo não, mas assim mesmo é macro - essa foi boa - o que é que tu achas?

P1: Eu acho que esse é macro também. Vocês estão falando do que?

P2: Processo no qual a sequência de nucleotídeo - em uma molécula - esse aqui vem - isso aqui tá tratando de nucleotídeo, de molécula - isso aqui vem antes - é bem micro, não é?

P4: Vem antes - é aqui, no meio - a gente lê todos e vê o que é que a gente acha

P2: Direciona a incorporação do aminoácido formando uma cadeia

P1: Porque você acha que não é?
P2: Eu acho que isso aqui é antes - porque isso aqui vai fazer a cadeia de polipeptídio - eu não sei se isso é assim não [...]
P4: deixa assim mesmo
P4: É mesmo, ficou igual ao dos meninos, mas eu acho que é isso mesmo
P2: Eu não tô achando não
P4: Esse começa aqui e vai até aqui - porque isso (apontando para a imagem) - isso aqui é controvérsia - não, da célula - interfase célula em plena atividade - ó, célula, tá vendo? Em plena atividade
P1: Então já é macro
P2: É a duplicação - mas não é célula que tá - não é
P4: Quer dizer, é micro ainda - mas é maior do que isso - eu acho que essa coisa de macro e micro - é, é tudo micro
P2: Mas isso aqui é dentro do ciclo celular - vamos pensar - célula em plena atividade de síntese de proteína durante as fases G₁ e G₂ do ciclo celular - veja só - aqui tá acontecendo todo o processo de duplicação, de DNA, de um bocado de coisa, aqui dentro, não é isso? Então esse processo todinho de RNA está acontecendo aqui dentro, então porque esse vem por último? (Figuras 28A, B e C)
P4: Certo, porque é do micro para o macro - não é do micro para o macro? Então? Sim, e aí não tem os eventos? Não tem ainda, não, os eventos que estão acontecendo aqui - isso aí são eventos que estão acontecendo aqui - ela não pede do micro para o macro? Eu acredito que seja dentro do micro?
P1: Porque a gente tá partindo do micro para o macro - quem tá em plena atividade aqui é a célula e os elementos - sim, mas a gente não tem que partir do micro? O micro não está aqui está dentro da célula? A célula - vamos imaginar que a célula seja o macro e os elementos estão em plena - internamente, isso - estão acontecendo aqui, é isso que eu to vendo, é, eu acredito que seja assim
P2: Sim - não, são os eventos dentro da célula, gente - sim - hum, hum - agora esse, será que seria aqui ou esse seria aqui?
P1: Aqui não, porque a gente tá partindo do micro
P4: Isso aqui é molecular, isso aqui é uma molécula de DNA e uma de RNA - aqui a gente tem molécula de RNA 1, 2, 3, 4, os aminoácidos
P2: Processo no qual a sequência de nucleotídeos [...]
P4: Eu acho. Vamos para o próximo? Vamos para a seguinte?

A partir da fala de P2, colocando o ciclo celular como o universo onde todos os eventos apresentados acontecem, a dupla em questão passou a organizar os eventos em ordem decrescente na escala, encontrando uma sequência correta na relação entre os mesmos, considerando-se “a lógica” do metabolismo celular. Este diálogo aponta para a importância das discussões e do par mais apto na reorganização do pensamento, alavancando o processo de aprendizagem de conceitos.

A sequência final proposta pelo trio para resolver a primeira etapa, apresentou organização similar à da dupla deste mesmo grupo: interfase + ciclo celular; transcrição + DNA/RNA; *splicing* + retirada dos íntrons; tradução + mRNA, tRNA e ribossomo + tradução e, para encerrar, pós-tradução + proteína.

Nas discussões anteriormente descritas, os membros chegaram à conclusão de que todos os eventos estavam ocorrendo dentro da célula, durante o ciclo celular, colocando o mesmo numa posição indicativa de que os eventos imediatamente anteriores ocorriam independentes um do outro, mas interligados e “controlados” pelo ciclo celular.

A associação das cartas proposta pela Dupla 1 do Grupo B pode ser observada na Figura 28D. Os membros desta dupla espalharam as cartas, as analisaram e associaram descrição e imagem e só então estipularam a sequência lógica de eventos a partir da afirmação de que tudo o que está representado nas cartas acontece também durante o ciclo celular, o que podemos perceber através do diálogo:

P7: A transcrição ocorre no núcleo – a tradução é no citoplasma, a síntese da proteína – a pós-tradução é o enrolamento da proteína – a estrutura tridimensional como no caso da enzima?

P5: [...] os polipeptídeos vão se enrolando

P7: Após uma pós-tradução você encontra uma proteína tridimensional? Proteína mais complexa, por isso que a gente achou que aqui seria uma pós-tradução, né isso? Porque a tradução na verdade geraria uma proteína?

P5: [...] *splicing*

P7: [...] quando você tem um RNA mensageiro você tira os íntrons – ficam os éxons e os éxons é que vão servir para a tradução da proteína [...]

P7: Esse bichinho pra cá, esse bichinho pra cá (movimentando as cartas) – seria esta passagem assim, certo? Então, é como aqui – a gente deduziu, né? Porque eu sei que esses íntrons são retirados antes da tradução acontecer, agora eu não sei se esse processo é após ele migrar ou se ele acontece antes.

Podemos notar que a associação proposta pela dupla 1 do Grupo B foi realizada adequadamente e contou com as colocações conceituais de P7, adequadas ao contexto. Esta dupla estabeleceu as relações corretamente, uma vez que o evento da transcrição inserido como ocorrência do ciclo celular, foi seguido dos eventos de *splicing*, tradução e pós-tradução. Segundo a lógica da dupla o ciclo celular foi colocado como o “local” onde os demais ocorrerão. O *splicing* provocou dúvidas quanto ao momento em que aconteceria, porém foi associado corretamente após a transcrição do DNA. Justificando tal escolha, Junqueira e Carneiro (2004) nos apontam para o fato de que:

Outra função do DNA é a passagem da informação nele contida para as moléculas dos três tipos de RNA: de transferência, RNA mensageiro e RNA ribossômico, que migram para o citoplasma onde vão dirigir a síntese das moléculas protéicas, através das quais os genes vão expressar-se no fenótipo. [...] o RNA é transcrito como moléculas maiores que são reduzidas de tamanho por um processo intranuclear de acabamento. Nesse processo está incluído o *splicing*, que consiste na remoção e digestão de segmentos funcionais, os éxons, que vão constituir a molécula final de mRNA (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004 p. 173).

Podemos inferir, então, que os conceitos relacionados à sucessão de eventos a partir da transcrição do DNA, síntese dos RNAs e dobramento da proteína durante a pós-tradução apresentam-se organizados na estrutura cognitiva desta dupla e ainda, que os mesmos são capazes de explicar como e para que acontece cada evento, tanto de forma “separada” quanto na relação destes.

A segunda dupla do Grupo B separou as cartas indicadas, as analisou e em seguida, as relacionou, apresentando a seguinte hierarquia de eventos: intérfase + ciclo celular; tradução + mRNA, tRNA e ribossomo; *splicing* + retirada dos íntrons; pós-tradução + proteína e para encerrar a transcrição + DNA/RNA. Esta sequência pode ser observada na Figura 28E e nos aponta para a existência de lacunas conceituais (MORTIMER & CARVALHO, 1996 *apud* SÁ; 2007).

As lacunas conceituais caracterizam-se pela “falta de informações adequadas para interpretar os fenômenos ocorridos ao nível abstrato da formação conceitual” (SÁ, 2007, p. 115). Estas lacunas geralmente se apresentam quando um conteúdo abstrato é apresentado aos estudantes baseado essencialmente em discussões orais e relacionadas a fatos do cotidiano. Desta maneira, “falhas” se estabelecem na estrutura cognitiva do sujeito e cada conteúdo parece fazer parte de um único universo. Assim, sempre que se faz necessário o estabelecimento de relações entre estes conteúdos, tais “falhas” são evidenciadas e acabam por dificultar a resolução de uma atividade, provocando, muitas vezes, desmotivação. Esta situação pode ser observada na aparente inquietação no sujeito P3, principalmente em sua afirmação “meu problema, meu buraco é esse, minha lacuna tá desse tamanho”.

A hierarquia proposta pela segunda dupla para solucionar esta etapa apresentou uma “desorganização” na sequência de eventos que nos leva a refletir sobre como estes conceitos estão formados na estrutura cognitiva destes sujeitos. Esta “desorganização” possivelmente está relacionada à maneira como estes conceitos

foram apreendidos (linearmente), levando-os a formarem concepções alternativas, bem como lacunas conceituais.

Embora tenha sido “pré-definido” que todos os eventos estão acontecendo durante o ciclo celular, sendo este colocado na posição um, a tradução foi colocada como evento dois e o *splicing* acontecendo posteriormente a esta, não sendo considerado pela dupla que a transcrição é o “processo de cópia que utiliza uma das fitas de DNA como um molde” (CHAMPE *et al.*, 2009), nem que os “RNAs mensageiros, que são transcrições de certas regiões do DNA, são traduzidos em sequências de aminoácidos – as cadeias polipeptídicas” (CHAMPE *et al.*, 2009) e ainda, que o *splicing* é um processo de “finalização” da fita de RNA mensageiro que seguirá para o citoplasma para ser traduzido em proteínas. Parece-nos que os conceitos, para esta dupla, não se interligam, como se cada evento “falasse” isoladamente, apontando, possivelmente, para um pensamento ainda linearizado.

4.3 Dominando a Expressão gênica

A segunda etapa do jogo, o dominó, apresentou como principal objetivo o estabelecimento de conexões conceituais corretas entre as pedras e conectores, esperando-se que as interações entre os pares mais e menos aptos contribuíssem para solucionar possíveis inseguranças (lacunas ou concepções errôneas) que por ventura viessem a transparecer. Como o jogo é um instrumento interativo, fruto de um planejamento articulado, será capaz de favorecer interações passíveis de mediar desconstruções, que se bem abordadas pelo professor, serão alvo de reconstruções significativas e ainda, o caminho para flexibilizar o conceito em estudo.

Para que os participantes pudessem concluir esta segunda etapa, o dominó propriamente dito, seria necessário que os grupos realizassem no mínimo 41 (quarenta e uma) associações (pedras, molas e conectores). Esta etapa necessita de alto grau de abstração a fim de resolver os problemas que se apresentam. Entre estas associações, seria possível estabelecer conexões entre conceitos (pedras) que os jogadores julgassem pertinentes utilizando para isso os conectores e as molas de associação. Assim, o Grupo A realizou uma única associação com mola, enquanto que o Grupo B realizou três destas, sendo, portanto, 42 (quarenta e duas) associações realizadas pelo Grupo A e 44 (quarenta e quatro) pelo Grupo B.

Como as pedras do dominó apresentam diversos signos (palavras, conceitos ou imagens) as associações foram organizadas nas seguintes categorias:

Associação e conector corretos

Associação correta e conector incorreto

Associação e conector parcialmente corretos

Associação parcialmente correta e conector incorreto

Associação e conector incorretos

Associação incorreta e conector correto

Associação correta e conector parcialmente correto

Associação correta sem conector

4.3.1 Articulação e Sobreposição dos Conceitos: O Jogo

Os conceitos científicos necessários ao estabelecimento de relações intra-Biologia e áreas afins são, na realidade, uma articulação entre eventos que transitam entre o micro e o macro-universo. Neste contexto, o *Dominando a Expressão Gênica* busca contribuir com a compreensão destes eventos numa perspectiva sistêmica. Sobre o jogo de dominó, Pereira (2008) nos diz que:

O jogo de dominó oferece compreensão nesta perspectiva sistêmica, trazendo uma contribuição significativa ao processo de ensino-aprendizagem dos conceitos básicos da Genética. Além disso, criar novas possibilidades de arranjos diante dos enlaces conceituais garante a não linearidade do jogo neste processo, enriquecendo a aplicabilidade dos conhecimentos, ora científicos ora do senso comum (PEREIRA, 2008 p. 122).

A proposta do *Dominando a Expressão Gênica* permite a realização de associações e sobreposições de conceitos, mas este processo é mediado pelos conhecimentos que os jogadores já apreenderam e pela maneira como estes conceitos estão organizados em seu cognitivo.

Ao entrevistarmos os participantes sobre o dominó, incentivando também uma auto-avaliação, as colocações foram as seguintes:

P8: Tem muitas possibilidades pra se jogar, tá vendo?

P6: É mesmo

P7: Eu achei que me faltou muita visão sistêmica

P6: Eu também achei

P7: Eu mesma me achei extremamente linear. Eu acho que as ligações sistêmicas que eu fiz foram pouquíssimas

P6: [...] para mim, a questão conceitual também pesou

P8: pesa, com certeza pesa

P6: Tem muita coisa que eu não lembrava mais e continuo sem lembrar

P8: [...] é um jogo fácil não, é um jogo difícil, tem muitas coisas pra se fazer ao mesmo tempo, agora é legal.

P7: É muito bom, muito bom – tem um nível de complexidade bem grandinho, viu? Muito bom.

Pode-se notar a preocupação com a perspectiva sistêmica entre os participantes, bem como a certeza que os mesmos afirmam ter da dificuldade em estabelecer relações. O pensamento linear encontra-se “entranhado” em suas percepções e mesmo seus diálogos, são denominados por Mariotti (2000) como “formatação cartesiana da mente”. Considerando o paradigma cartesiano-linear como a base da nossa cultura há séculos e que a apropriação de uma visão sistêmica é um paradigma emergente, construído a partir de análises, abstrações e de uma fundamentação teórica sólida, a postura dos sujeitos não provoca estranheza. Entretanto, aponta para a necessidade de uma formação articulada entre o linear e o sistêmico, apresentando a complexidade dos fenômenos biológicos como uma rede e não como “meras estruturas” desarticuladas, que fragmentam a compreensão e prejudicam a percepção real da vida (SANTOS, 2009).

Acreditamos que o objetivo não tenha ficado claro para os sujeitos: a construção de uma percepção sistêmica das relações entre os conceitos que levam os genes a se expressarem (expressão gênica). Assim, apontamos para o fato de que, em momento algum durante a atividade, os sujeitos apresentaram colocações que nos levassem a acreditar que haviam compreendido que a repetição contínua de conceitos referia-se a um evento extremamente complexo e essencial ao funcionamento dos organismos: a expressão gênica, compreendendo a sistemicidade de tal evento e a amplitude de seu conceito. Parece-nos que, mesmo para os mais avançados, conhecedores da perspectiva sistêmica, colocar tal visão em prática não foi uma tarefa fácil, sendo esta dificuldade colocada por P7 em seu discurso “eu mesma me achei extremamente linear. Eu acho que as ligações sistêmicas que fiz foram pouquíssimas”.

Os diálogos estabelecidos nos remetem para as dificuldades de aprendizagem (SÁ, 2007) apresentadas pelos participantes e que estão diretamente relacionadas a lacunas conceituais. Acreditamos que o ensino pautado em um planejamento essencialmente cartesiano não é positivo, uma vez que para se compreender a complexidade é necessário um “equilíbrio entre a ordem e a desordem, entre o objetivo e o subjetivo, entre o linear e o sistêmico” (MARIOTTI, 2007; 2008). Se esta articulação não acontece, se estímulos suficientes não forem proporcionados, se problemas não forem levantados e solucionados, se os conceitos forem vistos sob um único ponto de vista, fica extremamente difícil para os estudantes transferirem este conhecimento para outras situações, dificultando assim, as soluções possíveis para o problema apresentado.

Spiro *et al.*,(1988) dividem a aquisição de conhecimentos em três níveis sequenciais: introdutório ou de iniciação, avançado e, por fim, o nível de especialização. Os autores da Teoria da Flexibilidade Cognitiva centram-se no nível avançado colocando-o como contrário ao nível de iniciação que, segundo os mesmos, orienta a aquisição de conceitos básicos. Isto não acontece no nível avançado, onde o aprendente precisa aprofundar o conhecimento a tal ponto que seja possível compreender a complexidade conceitual, para ser capaz de aplicar flexivelmente estes conceitos em diferentes contextos.

4.3.1.1 Arranjos propostos pelos grupos durante as jogadas

Numa rápida comparação entre os grupos A e B, constatamos que o primeiro apresentou maior dificuldade para realizar as associações e os argumentos colocados durante as discussões deixaram transparecer muitas dúvidas e insegurança na justificativa das escolhas. O quadro 5 apresenta o sumário das relações entre as jogadas dos dois grupos, a partir das categorias de análise.

Quadro 6. Sumário das associações estabelecidas na Etapa 2 pelos grupos A e B

Categorias de Análise	Grupo A	Grupo B
Associação e conectores corretos	18	33
Associação correta e conectores incorretos	2	-
Associação e conectores parcialmente corretos	10	-
Associação parcialmente correta e conectores incorretos	5	-
Associação e conectores incorretos	2	-
Associação incorreta e conectores corretos	2	-
Associação correta e conectores parcialmente corretos	3	3
Associação correta sem conectores	-	8
TOTAL DE ASSOCIAÇÕES	42	44

Categorias de Análise

O grau de dificuldade apresentado pelos grupos está espelhado no quadro acima. Um volume maior de associações e conectores corretos foi realizado pelo Grupo B. Este fato possivelmente se relaciona não somente com a formação destes professores e seu domínio de conceitos, mas também com o nível de ensino em que lecionam e o conhecimento que possuem da perspectiva sistêmica (Quadro 4).

Numa visão geral, 60% (sessenta por cento) dos membros do Grupo A lecionam em turmas de Ensino Fundamental, enquanto 40% (quarenta por cento) em turmas de Ensino Médio. Já o Grupo B apresenta 75% (setenta e cinco por cento) dos professores lecionando em turmas de Ensino Médio, contra 25% (vinte e cinco por cento) que não leciona, sendo esta última a apresentar maior dificuldade no grupo. Podemos inferir, portanto, que o contato constante com conceitos mais complexos da Biologia mantém estes professores mais preparados para enfrentar situações como a proposta pelo *Dominando a Expressão Gênica*.

O Grupo A utilizou como estratégia analisar ambas as pontas do tabuleiro do jogo para encontrar uma peça compatível e então buscar um conector possível, mas na maioria das vezes não conseguiu articular os conceitos e levou um longo tempo discutindo entre si até atingir um consenso e realizar a associação. Estas dificuldades podem ser percebidas no diálogo do grupo:

P9: A primeira peça vai ser essa aqui, colorida – pronto – em homenagem a qualquer coisa
P2: Favorece a formação dos principais tipos
P4: [...] é DNA, aí ó, DNA
P2: Agora pode usar conectivo. Tem que usar sempre ou não?
P4: É, tem que botar. Tem alimento, proteína
P2: Então bota aí, vamos botar [...]
P4: DNA polimerase, mutação, RNA, estresse, gene, gene! Gene não? Pode ser gene, gene faz parte. É DNA minha gente, mas já tem o DNA aí?
P1: É, é, o problema é esse: aqui tá acontecendo o quê?
P2: [...] isso aqui é uma cadeia de DNA, tá identificado como DNA?
P4: O que é gene?
P2: Oi? Gene [...] gene é...
P4: O que é gene? [...] é uma parte – gente, vamos ver se tem a descrição de gene? Sequência de nucleotídeos
P9: E essas coisinhas aqui? É pra colocar em que momento?
P2: Tem que botar a pedrinha
P3: Ali, se foi ela que fez
P1: Não, vamos botar a pedrinha não, vamos botar gene também
P1: Então pronto, coloque
P2: Tem que explicar – a pedra grande é pra quê mesmo?
P4: [...] deve ser do próximo jogo

Neste trecho percebemos a insegurança do trio deste grupo quanto à associação de um conector ao contexto das pedras do dominó, apresentando como uma das propostas o conector gene. No entanto, não possuíam tal conceito formado e foram buscar em outras pedras sua descrição, mas, antes de concluírem o pensamento, passaram a resolver questões de materiais do jogo, não resolvendo o problema em andamento e buscando resolver a utilização dos pinos grandes e pequenos, demonstrando certa desorganização interna, uma vez que os membros terminavam por “atrapalhar” a linha de raciocínio uns dos outros para resolver questões fora do contexto.

O Grupo B estabeleceu uma estratégia similar a do primeiro grupo, só que as discussões fluíam sem entraves e inseguranças aparentes. Esta observação sugere que os membros deste grupo apresentam certo domínio dos conceitos em questão, o que pode ser acompanhado no diálogo a seguir:

P7: Na fase de síntese o DNA é replicado – DNA-polimerase
P8: Pode botar aqui?
P7: Eu acho que pode
P8: Tem muitas possibilidades pra se jogar
P6: Tem mesmo
P7: É uma proteína, né? Isso aí é uma proteína. Não, mas ela tem, pode ser na hora da jogada da gente?
P5: Porque uma enzima é uma proteína e como ela tem uma função, ela é mais complexa e proteínas complexas são tridimensionais. Eu acho.

Neste curto trecho já podemos notar como se deram as negociações e argumentações entre os membros deste grupo que seguiram de uma pedra do dominó onde havia um conceito voltado à replicação do DNA até a associação de uma pedra que indicava uma proteína. A argumentação apresentada acima, como as demais que se sucederam às jogadas posteriores, foram centradas, coerentes e contextualizadas, auxiliando a compreensão dos membros com dúvida, atitude essa constante até o final do jogo. Nenhum dos membros mantinha suas dúvidas: perguntavam, debatiam, buscando lançar mão dos seus conhecimentos para tentar auxiliar o colega e só então seguir para a próxima jogada.

4.3.1.2 Articulando Os Conceitos Científicos

As articulações estabelecidas pelos grupos serão apresentadas de acordo com as categorias de análise. Uma vez que todas as associações de ambos os grupos foram fotografadas e filmadas, enumeramos as mesmas de acordo com o seguimento das jogadas. As cores dos pinos-flor visíveis nas imagens referem-se às formações, sendo:

Pinos-flor amarelos: dupla, Grupo A

Pinos-flor azuis: trio, Grupo A

Pinos vermelhos: dupla 1, Grupo B

Pinos verdes: dupla 2, Grupo B

Apresentaremos uma análise a partir de cada categoria, de modo a facilitar o acompanhamento das discussões dos sujeitos durante o jogo.

Categoria 1: Associações e conectores corretos

As sequências das associações do Grupo A estão ilustradas nas Figuras 29 a 32. As associações desta mesma categoria para o Grupo B estão representadas nas Figuras 33 a 34.

Figura 29 - Jogadas categorizadas como “Associações e conectores corretos” do Grupo A



A. DNA, Gene. B. mRNA, rRNA, tRNA. C. Intérfase e os coringas Mitose, Meiose. D. Transcrição

A associação entre palavra-conceito, DNA e imagem da dupla hélice (Figura 29A), foi relacionada sem nenhuma dificuldade, mas estabelecer uma relação de um conector ao contexto confundiu os jogadores, como fica claro no diálogo:

P4: DNA – aí é um DNA. É o DNA e aqui tá indicando DNA e o gene tem a ver

P1: A gente ligou a imagem ao nome e ao que tá explicando aqui: DNA.

P2: Aí é um DNA. [...] isso aqui é uma cadeia de DNA, tá identificado como DNA, né?

P4: Bota gene. O que é gene?

P2: Oi? Gene [...] gene é

P4: O que é gene? [...] é uma parte – gente, vamos ver se tem a descrição de gene? Sequência de nucleotídeos que geralmente expressa uma característica.

O DNA é um dos conceitos mais facilmente reconhecidos pelos participantes, sendo rapidamente associado a uma imagem. No entanto, o mesmo não pode ser dito do gene. P4 sugere que o conector seja gene, afirma que o mesmo tem a ver com o DNA, mas não consegue defini-lo, pedindo auxílio às companheiras, que também não conseguem. Buscaram então, encontrar entre as peças uma que apresentasse sua definição. Sobre gene, Griffiths (2008) nos diz que:

A unidade física e funcional da hereditariedade, que leva informações de uma geração para a seguinte; um segmento de DNA composto por uma associação transcrita e uma sequência regulatória que possibilita a transcrição. [...] codificando a sequência de aminoácidos de uma proteína (GRIFFITHS, 2008 p 703).

A unidade física e funcional da hereditariedade, que leva informações de uma geração para a seguinte; um segmento de DNA composto por uma associação transcrita e uma sequência regulatória que possibilita a transcrição. [...] codificando a sequência de aminoácidos de uma proteína (GRIFFITHS, 2008 p 703).

Os conceitos mais específicos da Genética são notadamente difíceis de serem definidos. A concepção de gene se encontra entre estes, uma vez que o mesmo não é apenas uma mera sequência estrutural de nucleotídeos, vai além disso, relaciona-se com a funcionalidade e hereditariedade, é participante ativo da transcrição e da síntese de proteínas, ou seja, essencial à regulação metabolismo e fisiologia do organismo, uma vez que as proteínas são essenciais ao equilíbrio funcional do mesmo. Ao longo dos séculos, o gene foi definido de diferentes maneiras, numa tentativa de explicar sua real função. Entre as definições, encontramos “partícula, unidade Genética mendeliana, trecho codificante de DNA, conjunto de nucleotídeos”, entre outros. O conceito de gene é extremamente complexo, portanto, um dos mais difíceis do século (EL-HANI, 2007; GRIFFITHS, 2008)

Os conceitos mais específicos da Genética são notadamente difíceis de serem definidos e a concepção de gene se encontra entre esses. Muito além de uma mera sequência estrutural de nucleotídeos, relaciona-se com a funcionalidade e a hereditariedade, participa ativamente da transcrição e da síntese de proteínas, sendo essencial à regulação do metabolismo e da fisiologia do organismo, uma vez que as proteínas são essenciais ao equilíbrio funcional do mesmo. Ao longo dos séculos, o gene foi definido de diferentes maneiras, numa tentativa de explicar sua real função. Entre as definições, encontramos “partícula, unidade Genética mendeliana, trecho codificante de DNA, conjunto de nucleotídeos”, entre outros. O conceito de gene é extremamente complexo, portanto, um dos mais difíceis do século (EL-HANI, 2007; GRIFFITHS, 2008).

As funções do gene, na maioria das vezes, são ignoradas, não propositalmente, mas devido às lacunas conceituais existentes. A dificuldade conceitual acerca do gene foi amenizada entre os participantes, no entanto, não foi aprofundada, mas a associação dos conectores DNA e gene corretamente. O contexto apresentado possibilitaria inúmeras outras conexões, não percebidas pelos jogadores.

A Figura 29B apresenta uma associação palavra-conceito, entre RNA e a expressão “favorece a formação dos principais tipos: mensageiros, transportadores e ribossômicos essenciais para a síntese protéica”.

P3: Favorece a formação dos principais tipos de mensageiros, transportadores e ribossômicos essenciais para a síntese e aqui é um - o que é DNA?

P2: É uma molécula que favorece a formação dos principais tipos de mensageiros, transportadores e ribossômicos essenciais para a síntese de proteínas - eu quero saber o que vai fazer com a pedra grande - aqui não fala o que vai acontecer com a pedra grande não

P3: É porque tá explicando o que é DNA entendeu?

P9: É, pode ser então tem que pegar um conector, que são essas palavrinhas

P4: É - tem um aí que é em branco - se vocês quiserem colocar

P3: Aqui, a fita de DNA - aí fica assim

P9: É - aqui - aqui já apresentou o RNA? Tá nem mostrando as pontes de hidrogênio - sei não

P1: Vamos ver ali que é que favorece a formação dos principais tipos de mensageiros, transportador e ribossômicos essenciais para a síntese protéica. O que é que favorece a formação dos principais tipos? RNA, RNA, cadê RNA?

P3: [...] este é o RNA. Não tem só RNA não?

P9: Pode botar – bota os três RNAs: RNA mensageiro, RNA ribossômico e bota o transportador

P3: [...] até onde a gente sabe que tá indo certo? Porque tá tudo relacionado com tudo [...] esse é uma visão

P9: Sistêmica

P3: Sistêmica, entendeu? Se você tá sentindo [...] O mais próximo tá difícil - correto, não é? Quer botar esse?

P2: Favorece a formação dos principais tipos de mensageiros - favorece - principais componentes dos ribossomos.

P4: Tradução. A gente não tem não? É tradução não?

Podemos notar que os conectores relacionados encontram-se expressos na pedra do dominó, sendo associados sem grandes dificuldades, no entanto, nenhum outro evento, situação ou possibilidade foi levantada. Nota-se ainda uma nova lacuna conceitual quando é levantada a hipótese de estar ocorrendo “tradução”. Foi externada ainda uma preocupação com a visão sistêmica do jogo, possivelmente com o objetivo de buscar interações possíveis e diversificadas, P3 ainda externa sua preocupação em estar caminhando certo, uma vez que “tudo está relacionado com tudo”. Mesmo apresentando uma dificuldade em articular os conceitos sistematicamente, a associação das pedras e dos conectores foi concluída corretamente.

A Figura 29C apresenta associação entre as pedras “sequência ordenada de eventos pelos quais uma célula duplica seu material e se divide” e “é organizado em diferentes fases: G1, síntese, G2 e divisão” com os conectores intérfase e os coringas mitose e meiose. As argumentações podem ser observadas abaixo: P2: [...] é organizado em diferentes fases. Esse aqui tá bom.

P4: Vamos botar cromatina pra unir? Intérfase [...]

P2: Não. Cromatina não. É que é organizada em diferentes fases. Que é que tem aí? Intérfase.

P4: Intérfase. Vamos botar cromatina também, porque não tem as fases? Ah, não. Isso aqui é intérfase.

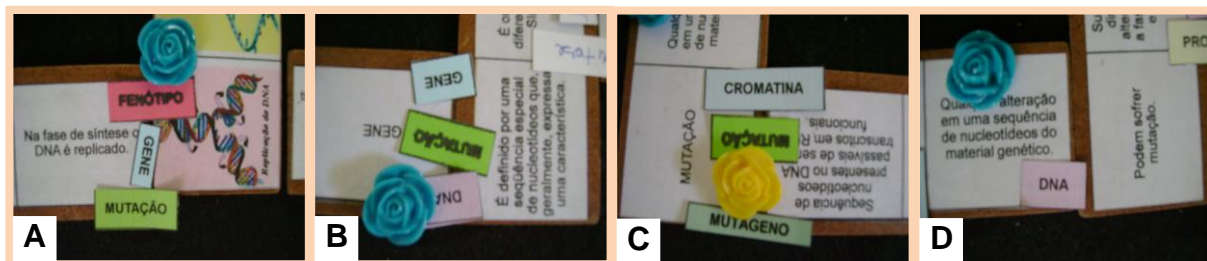
P3: Tem. Mas, se for só assim, não.
 P2: Ah! Se quiser colocar, é, aqui é intérfase, né? G1, G2
 P4: Cadê síntese? Não, tem mais síntese também. Isso aqui são todas as etapas, G1
 P2: G2 e divisão. É. E tem a meiose, mitose?
 P4: Tem não. Tem gene. Tem estresse [...]
 P2: Bota cromatina pra lá.
 P4: Não, mulher. Cromatina faz parte. Eu não disse a tu?
 P2: Faz, ela tá condensada aí, né?
 P4: Vamos botar aqui. Quer botar, então? Meiose, mitose? Escrever?
 P2: Peraí.
 P1: Vamos botar?
 P2: Meiose. É na meiose, né? Vais botar um coringa? [...] Eu vou colocar lá no meu. Bota um coringa aqui na meiose. Meiose, aqui.
 P1: Então vai, coloque. Estás pensando o quê? Porque estais usando meiose e mitose? Por conta da divisão, é? Ah, tá. Entendi.
 P4: Na meiose. Meiose e mitose.
 P2: É formação de gametas aí?
 P9: Vamos? Vamos decidir?

Na discussão anteriormente descrita, apontamos para uma possível insegurança no domínio dos conteúdos o que se pode perceber nos trechos referente aos conectores levantados pelos sujeitos para solucionar a jogada. É como se fosse possível associar qualquer conector (gene, DNA, cromatina, meiose, mitose, gametas) para as pedras em questão, uma vez que estes se sobrepõem. Neste sentido, parece-nos que qualquer conector seria capaz de solucionar o problema, desconsiderado, em nossa visão, a real relação destes no contexto apresentado. Ainda assim, a associação proposta por este grupo está correta. Isto nos leva a refletir sobre a importância dos signos, uma vez que estes interagem com a estrutura cognitiva dos envolvidos, mobilizando, instigando e estimulando a “recordação” de conceitos necessários à solução da situação. Portanto, apontamos para o fato de que os sujeitos observaram que aquilo “que ocorre em diferentes fases...” seria excelente complemento para justificar o ciclo celular, inserindo no contexto os conectores intérfase, meiose e mitose, consolidando esta concepção.

A associação palavra-imagem entre as pedras RNA-imagem da transcrição foi estabelecida corretamente (Figura 29D), porém, tal conexão nos suscita a dúvida, uma vez que percebemos, num trecho de um diálogo anteriormente descrito, que o grupo “confunde” transcrição com tradução e afirma esta questão quando P2 lê “Favorece a formação dos principais tipos de mensageiros - favorece - principais componentes dos ribossomos” e P4 questiona ao mesmo: “Tradução. A gente não tem não? É tradução não?”. Se para o estabelecimento da associação anterior tal

dúvida foi explicitada, podemos apontar para a existência de uma lacuna entre os conceitos de transcrição e tradução, considerados básicos no ensino da Genética.

Figura 30. Jogadas do Grupo A categorizadas como “Associações e conectores corretos”

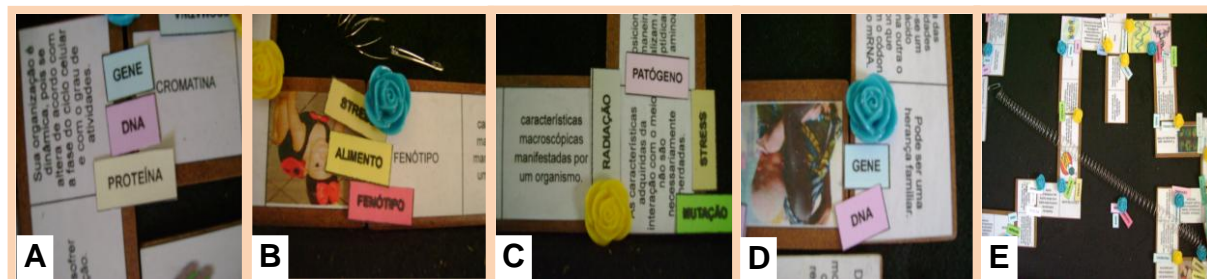


A. Fenótipo-gene-mutação. B. DNA-mutação-gene. C. Mutágeno-mutação-cromatina. D. DNA

A Figura 30A apresenta uma associação imagem-conceito entre a pedra “Na fase de síntese o DNA é replicado” e a Figura representando a duplicação do DNA. Outra vez salientamos a importância dos signos no estabelecimento de associações corretas, e ainda, podemos inferir, a partir dos diálogos estabelecidos entre os sujeitos, que a estrutura e função do DNA se apresentam como os conceitos mais apreendidos da Genética, não causando obstáculo à resolução de situações em que se faz necessária a sua articulação.

Vale salientar que quando em uma jogada, surgia uma pedra envolvendo algum contexto abordando o conceito de DNA, os sujeitos levantavam as possibilidades de usar os seguintes conectores: mutação, gene, o próprio DNA e fenótipo. O conceito cromatina sempre levantava dúvidas quando mobilizado, pois é uma associação entre “DNA, proteínas cromossômicas e RNA cromossômico” (GRIFFITHS, 2008). De um modo geral, podemos apontar para conceitos não formados em DNA, mutação, mutágeno, gene, fenótipo e cromatina, como apontado anteriormente.

Figura 31. Sequências de jogadas categorizadas como “Associações e conectores corretos” do Grupo A



A. Gene, DNA, proteína. B. Stress, alimento, fenótipo. C. Radiação. D. Gene, DNA. E. Fenótipo, gene, DNA.

Como dito anteriormente, as associações corretas estabelecidas por este grupo que mobilizam conceitos relacionados ao DNA sempre apresentam as associações numa repetição contínua dos conectores já descritos (Figura 31). Isto sugere que não existe (?) um conceito formado, mas, sim, “aglomerados” de informações que não se interligam. Sempre que isso é percebido, sempre que não se consegue fundamentar suas associações, sempre que se repete uma mesma informação, há suspeita da existência de profundas lacunas conceituais.

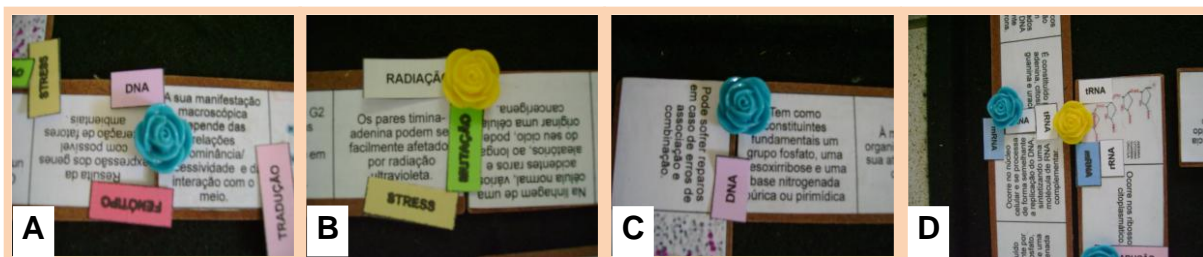
Retornando às discussões, percebemos preocupação quanto à utilização das peças do jogo, especialmente das molas de conexão (este grupo estabeleceu uma única conexão com mola – Figura 31E), entre as pedras fenótipo e “descreve todos os aspectos da morfologia, fisiologia, comportamento e relações ecológicas do indivíduo”. Para esta associação, os conectores continuamente inseridos (DNA, gene e fenótipo) foram articulados, indicando limitação na articulação e sobreposição de tais conceitos.

Não há possibilidade de uma articulação sistêmica frente aos obstáculos cognitivos impostos pelas lacunas. Se não é possível articular e sobrepor conceitos, (considerando-se que foram disponibilizados 23 conectores diferentes, entre a opção de inserir coringas) a que isto nos remete? Ao modo como estas informações se encontram no cognitivo dos sujeitos, visto que não há conceitos formados, assim, levantamos a hipótese do pensamento por complexos (VIGOTSKI, 2002).

Os complexos são formados por objetos individuais e isolados, reunidos no cérebro e mantêm relações subjetivas nas relações com os objetos. Segundo Vigotski (2002), os complexos são um passo à frente, uma progressão para um nível superior de pensamento.

Voltando às discussões, apresentamos novas associações corretas estabelecidas pelos componentes do Grupo A (Figura 32).

Figura 32. Jogadas propostas pelo Grupo A categorizadas como “Associações e conectores corretos”

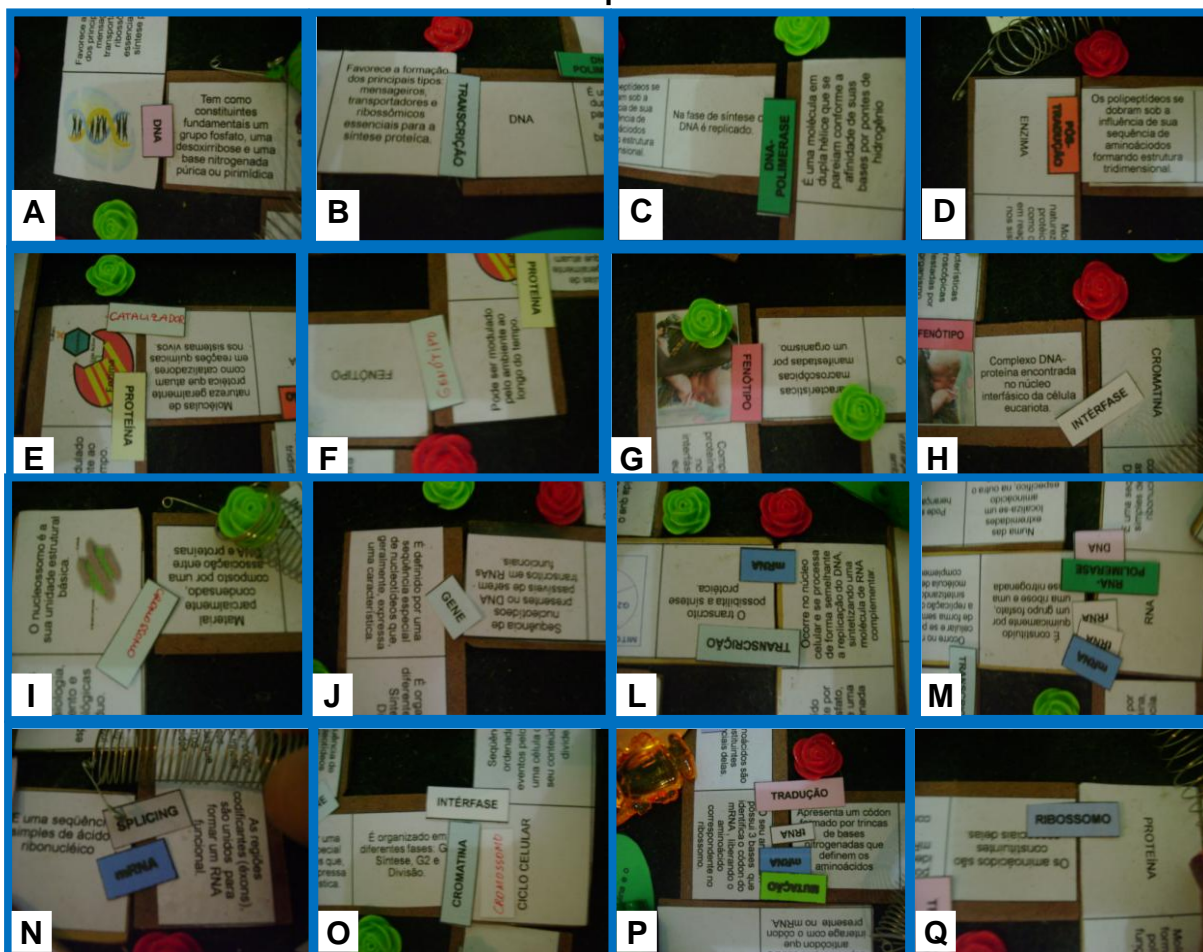


A. Fenótipo, DNA. B. Radiação, mutação, stress. C. DNA. D. mRNA, tRNA, rRNA (trinca de pedras).

Apontamos novamente para a associação DNA-fenótipo-mutação, porém, alguns conectores como mRNA, tRNA e rRNA e estresse apontam nestas jogadas. Para nós, porém, tais seguimentos estão mais relacionados aos conceitos e signos apresentados nas pedras (uma relação entre a interpretação do texto e os conectores disponíveis) que mobilizam informações soltas pré-existentes no cognitivo do que propriamente um conceito, pois este fundamentaria as associações a partir de uma sólida e embasada discussão.

Em relação ao Grupo B, nesta mesma categoria de análise, encontramos algumas variações na sobreposição de conceitos (Figuras 33 e 34). É possível que não estejam relacionadas ao domínio do conceito, mas sim, às suas áreas e níveis de atuação docente. A maior parte dos componentes do Grupo A lecionam em turmas do ensino fundamental, enquanto que a maior experiência do Grupo B é em ensino médio. Podemos nos questionar como relacionar estas observações, porém, a resposta seria óbvia: há diferenças entre os conteúdos de ensino entre as duas modalidades. Portanto, considerando-se que complexos se formam a partir da interação dos sujeitos com os objetos e daí, parte-se para generalizações das informações apreendidas (VIGOTSKI, 2002), apontamos para maior número de complexos informativos considerando a modalidade de ensino e atuação dos sujeitos participantes.

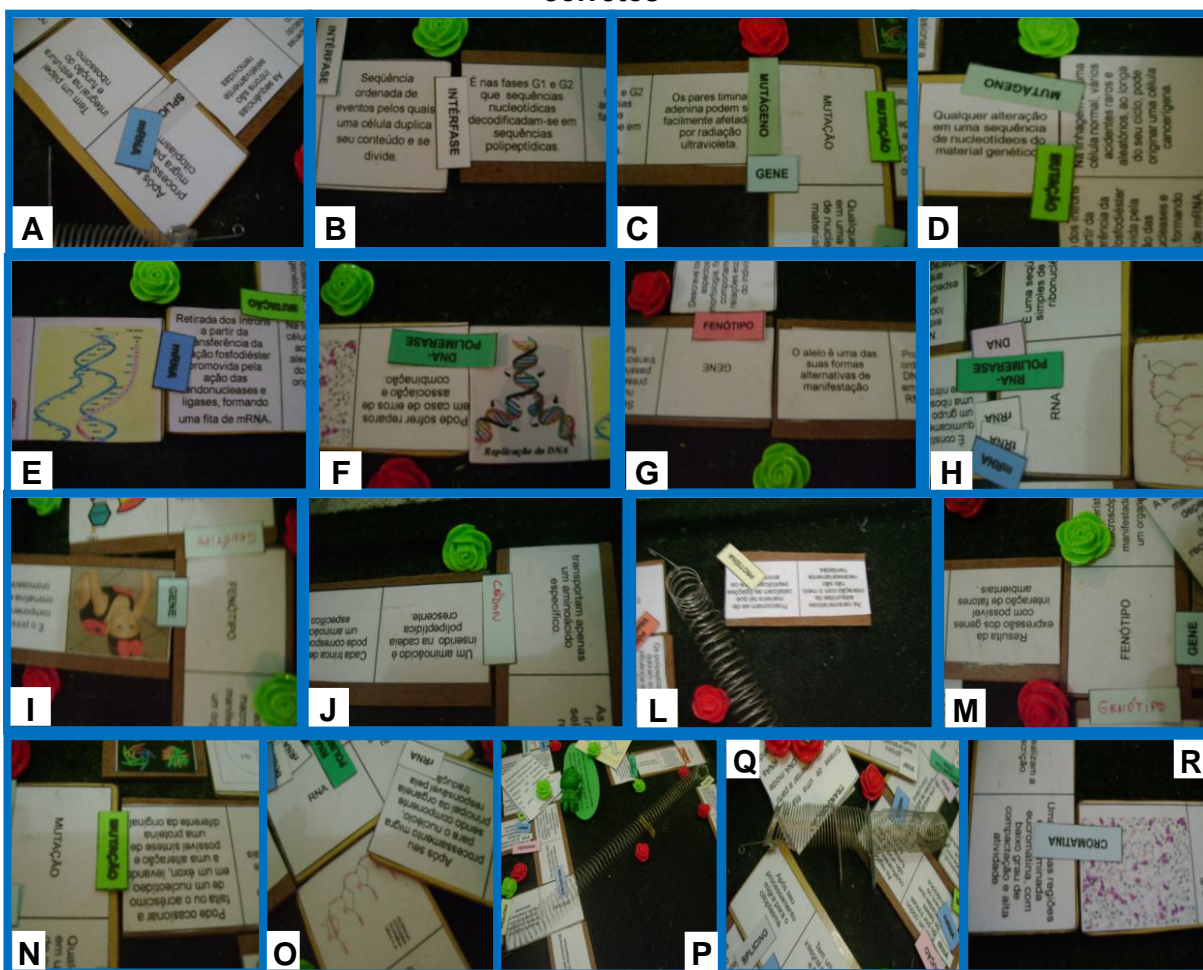
Figura 33. Jogadas categorizadas como “Associação e conectores corretos” do Grupo B



A. DNA. B. Transcrição. C. DNA-polimerase. D. Pós-tradução. E. Catalisador (coringa), proteína. F. Genótipo (coringa). G. Fenótipo. H. Intérfase. I. Cromossomo (coringa). J. Gene. L. Transcrição, RNAm. M. RNAm, RNAt, RNAr, RNA-polimerase, DNA. N. *Splicing*, RNAm. O. Cromatina, cromossomo (coringa), intérfase. P. Tradução, RNAt, RNAm, mutação. Q. Ribossomo.

Embora as associações não apresentem muitos conectores indicando a sobreposição de conceitos (com exceção das Figuras 33M e P), apontamos para a coerência das articulações, sugerindo nova generalização de informações, compatível com o pensamento por complexos. Sendo o complexo não fundamentado em situações e sim em elementos factuais, não é possível, neste tipo de pensamento, abstrair. Porém, vale ressaltar que, num trabalho de aprofundamento do conceito em estudo, os sujeitos participantes desta pesquisa já apresentam as bases para apoiar o progresso, isto é, há subsunçores presentes para a formação efetiva do conceito real, visto que Vigotski indicou os complexos como “sementes” para a formação de conceitos verdadeiros. Apresentamos na Figura 34, novas associações com base nesta argumentação.

Figura 34. Jogadas do Grupo B categorizadas como “associação e conectores corretos”



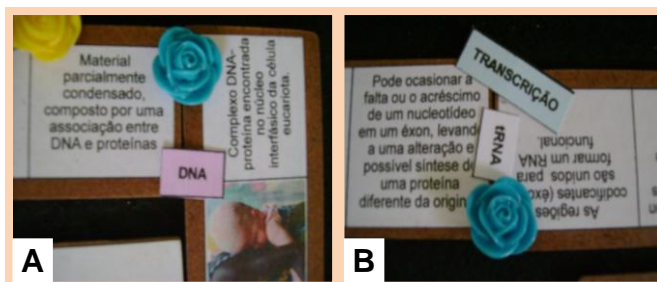
A. RNAm, *splicing*. B. Intérfase. C. Gene, mutágeno. D. Mutação mutágeno. E. RNAm. F. DNA-Polimerase. G. Fenótipo. H. RNAm, RNAt, RNAr, RNA-polimerase. I. Gene. J. Códon (coringa). L. Proteína. M. Genótipo (coringa), gene. N. Mutação. O. RNAr. P. Alimento. Q. Transcrição, tradução. R. Cromatina.

Algumas associações deste grupo apontam para relações proporcionadas devido à interação com o signo, a exemplo da imagem da cromatina associada ao conector cromatina, sendo, portanto, não fundamentada em conceitos, mas sim no senso comum.

Categoria 2: Associações corretas e conectores incorretos

Embora tenhamos apontado para a existência de lacunas conceituais em todos os sujeitos participantes desta pesquisa, além de forte indício de pensamento por complexos, os pares do Grupo B não estabeleceram nenhuma associação correta relacionando conectores incorretos, portanto, a Figura 35 apresenta as relações propostas pelo Grupo A.

Figura 35. Jogadas categorizadas como “Associação correta e conector incorreto” do Grupo A.



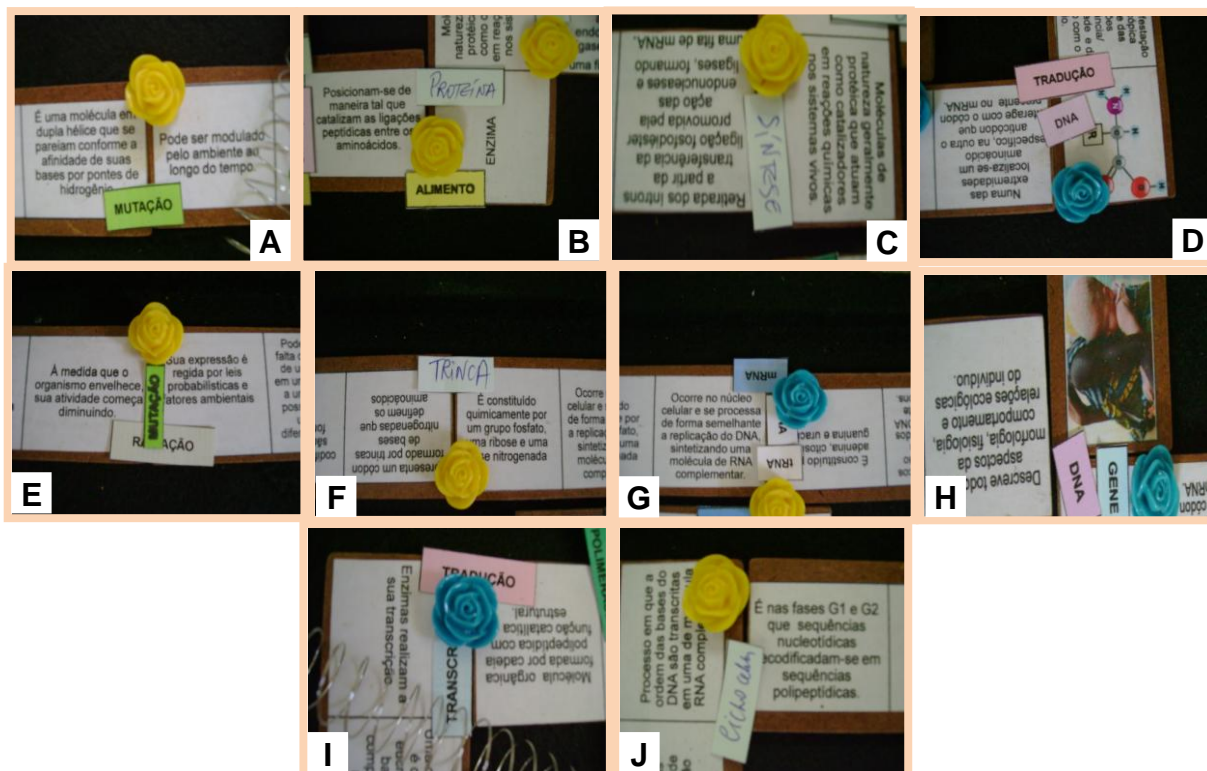
A. DNA. B. Transcrição, RNAt.

Se as lacunas conceituais persistem, se os conectores se repetem, apontam para o fato de que generalizações de informações relacionadas aos signos apresentados estão acontecendo continuamente, assim, não há formação conceitual e os resultados sugerem acentuado esforço para mobilizar informações adequadas, de modo a relacionar pedras corretamente e alcançar o objetivo proposto.

Categoria 3: Associações e conectores parcialmente corretos

Para esta categoria de análise, encontramos oito associações apresentadas pelo Grupo A (Figura 36) e, novamente, nenhuma associação nesta categoria para o Grupo B. O indicativo de que os conectores encontram-se parcialmente corretos possivelmente se deve ao domínio do conceito. Se o conceito não está formado, não há segurança para mobilizar informações que possam explicar o ocorrido, assim, generalizam-se aquelas já existentes na estrutura cognitiva para a resolução do problema que se apresenta, desde que o signo disponibilizado mobilize tais informações.

Figura 36. Sequência de jogadas do Grupo A categorizadas como “Associação e conector parcialmente corretos”



A. Muta o. B. Alimento, proteína (coringa). C. Síntese (coringa). D. Tradu o, DNA. E. Muta o, radia o. F. Trinca (coringa). G. RNAt, RNAm. H. Gene, DNA. I. Transcri o, tradu o. J. Ciclo celular.

Podemos acompanhar a seguir, recortes das discussões estabelecidas pelo Grupo A durante as associa es:

P3 – Este aqui, v . Posicionam-se de maneira tal que catalizam as liga es peptídicas entre os aminoácidos. Vê se um desses dois...Essas liga es peptídicas entre aminoácidos, n  sei não. Não sei isso aqui.

P9 – Posicionam-se de maneira tal que catalizam... T  falando de enzima (Figura 36B), que catalizam liga es, as liga es peptídicas.   enzima. Os catalizadores biológicos.

P3 –  , meu Deus, to ficando doida! Enzimas catalizam. Estou ficando doida, não estou mais funcionando. Cadê o conector?

P4 – Transportam apenas aminoácidos?

P2 – Não sei.

P1 – Se os pares de bases... Não e esse?

P2 – Qual foi?

P4 – Eu acho que vai fazer esse com esse viu?

P9 – Vocês já fizeram? Vocês já jogaram e a gente tá jogando também. Cadê os conectores?

P2 – Material parcialmente condensado...

P3 – Cadê o conector?

P4 – Complexo DNA-proteína.

P1 – Que   que pode ser uma herança?

P4 – ali pode ser (Figura 36H)

P1 – a gente tava jogando aí,   (apontando para a imagem do albino). [...] DNA, era pra ter colocado gene também, me d  um conector gene.

P2 –   tão chata essa parte, porque ela não botou nada de mendeliana

também, heim?

P9 – [...] Aqui tá escrito o quê, por favor?

P1 – Numa das extremidades localiza-se o aminoácido específico, na outra, o anticódon que interage com o códon presente no RNAm

P2 – Não é aquele que eu tava com ele não?, por aí. Códon.

P3 – [...] Sabias que eu não estou mais funcionando? Estou trocando as bolas nesse jogo.

Este trecho nos aponta os desafios enfrentados pelos sujeitos para estabelecer as associações corretas. Não observamos discussões acerca dos conectores, porém, notamos que os mesmos estão sendo conectados a partir de uma indicação da própria pedra. Ou seja, se surgia a imagem ou algum conceito que mobilizasse informações acerca do DNA, os contextos inseridos eram continuamente o próprio DNA, mutação e fenótipo (Figura 36). Esta atitude foi notada durante diversas jogadas e podemos observar nas associações estabelecidas. Observamos ainda, considerável esforço por parte dos sujeitos, que já apresentavam sinais de exaustão, apontado na fala de P3 ao afirmar “tu sabia que eu não estou mais funcionando? Estou trocando as bolas nesse jogo”.

Categoria 4: Associações parcialmente corretas e conectores incorretos

As associações estabelecidas nesta categoria apresentaram contextos equivocados (Figura 37), relacionados com alguma “dica” percebida durante a leitura das respectivas pedras. O Grupo B não estabeleceu nenhuma associação para esta categoria, visto que o mesmo apresentou 41 associações corretas, sendo que em oito destas o grupo não associou conectores.

Figura 37. Jogadas categorizadas como “Associação parcialmente correta e conector incorreto” do Grupo A



A. Transcrição, gene. B. Cromatina. C. Stress, mutação. D. Transcrição. E. Tradução.

Analisando as associações, encontramos o contexto gene e DNA (Figura 37A) para as pedras “os polipeptídeos se dobram sob a influência de sua sequência de aminoácidos formando estruturas tridimensionais” e “É o principal componente da cromatina e dos cromossomos”, embora os contextos mais apropriados fossem

RNA_m, tradução e pós-tradução. A escolha apresentada pelos sujeitos indica uma inversão entre os conceitos dos eventos transcrição e tradução, considerados básicos na Genética.

Um segundo equívoco pode ser observado na associação entre as pedras “uma de suas regiões é denominada eucromatina, com baixo grau de compactação e alta atividade” e “é o principal componente da cromatina e dos cromossomos”. Um único conector foi inserido nesta associação, sendo este “cromatina”. Apontamos para uma inversão, considerando que a eucromatina é uma das regiões da cromatina e não o oposto. Para justificar a associação apresentada na Figura 37C, recortamos o seguinte diálogo:

- P9 – O aparecimento de uma doença pode ser ocasionada por eventos de expressão e supressão, pronto, aqui. Doença.
 P4 – [...] o aparecimento de uma doença, é, é. [...] cadê o conector, cadê a caixinha de conector?
 P9 – [...] será que aqui é uma doença? Vou considerar como uma mutação isso aí.
 P2 – Isso aí é o quê?
 P1 – Aqui, sofrer reparos.
 P3 – Tem aqui, célula normal, eventos raros e aleatórios ao longo do seu ciclo... Pode ocasionar uma célula cancerígena.
 P1 – Pode sofrer reparos... Olha, tá faltando conector aqui.
 P3 – Tá faltando o da gente ali.
 P9 – Vou botar mutação (Figura 37C).
 P4 – Então, tradução (referindo-se a jogada do trio – Figura 37D)
 P1 – Tradução. Cadê tradução?
 P4 – Olha aqui.
 P2 – DNA também. [...] esse aqui é o quê?
 P4 – Pode sofrer reparos em caso...combinação.
 P2 – Danou-se!
 P1 – Pode sofrer reparos em caso de erros de associação e combinação. O que é que pode sofrer reparos em de erros. Mutação? O que pode sofrer reparos?
 P2 – [...] olha isso aqui, isso aqui é um DNA? Onde é que vai ligar isso agora?
 P3 – Estresse é o quê? É doença?
 P9 – Certo, bota a mesma coisa aqui, nesse.
 P4 – [...] ó aqui, pode sofrer reparos... do DNA...Não pode?
 P2 – Cadê? Pode. Lá nas suas transcrições, nas suas traduções.
 P4 – Pode sofrer reparos? A molécula de DNA? Não sei não.
 P2 – Não sei. (E começa a ler outra pedra) Uma mutação na sua região intrônica pode alterar o ponto de corte acarretando sinal de parada precoce para a proteína. Danou-se! Uma mutação na região...
 P3 – [...] eu já não sei mais, não to funcionando direito não. Era bom aqui.
 P2 – Prq que nível é isso? (referindo-se ao jogo), é pra ensino médio?
 P4 – Não. É pra gente.
 P1 – Pra nível do mestrado.

Salientamos, nessa discussão, a insegurança quanto a alguns conceitos. Quando se questiona “pode sofrer reparos? A molécula de DNA? Sei não!”. Considerando-se

que DNA é um dos conceitos mais abordados nas aulas de Genética, pelos meios de comunicação de massa, o que, afinal de contas estamos aprendendo? Se não temos o conhecimento dos fundamentos da disseminação dos caracteres e da importância dos mesmos para a perpetuação e diversidade evolutiva das espécies, certamente não teremos conhecimento a respeito da molécula do DNA e das funções e eventos nos quais a mesma está envolvida. Por que geralmente, só localizamos o DNA “protegido” pelo envoltório nuclear? Por que o núcleo na célula eucarionte se encontra geralmente no centro da célula? São questionamentos que poderíamos nos fazer para encontrar um fundamento para o papel apresentado por esta importante molécula, com mais relevância dentro do fenômeno que é a vida do que as nossas aulas podem abordar.

A análise do discurso aponta para as dificuldades de ensino-aprendizagem de conceitos abstratos e na maneira como estes estão sendo abordados nas salas. É preocupante pensar que estamos saindo das formações com tamanha lacuna e nos preocupamos com a maneira como estamos trabalhando estas informações (complexas) junto aos nossos estudantes. Se não possuímos o conceito formado, o que afinal estamos ensinando?

Geralmente, ao questionarmos os estudantes a respeito da Genética, percebemos uma inquietação e mesmo, (certa) aversão. Sobre tal sentimento, Vigotski (2002) nos aponta para o fato de que sempre que nos defrontamos “com uma insuperável aversão”, este fato “mostra que seguíamos um caminho errado” (p. 84). Portanto, é fundamental que repensemos nossa prática, adequando-a ao nosso discurso.

Geralmente, ao questionarmos os estudantes a respeito da Genética, percebemos uma inquietação e mesmo, certa aversão ao conteúdo, considerado de difícil compreensão. Sobre tal sentimento, Vigotski (2002, p. 84) diz que Tolstoi

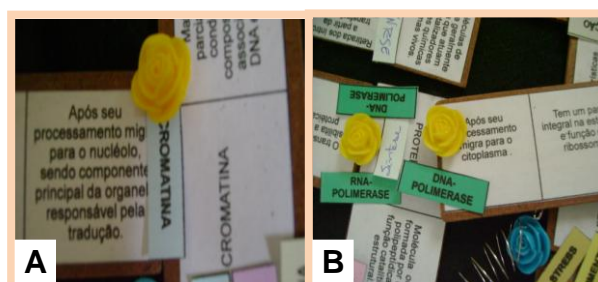
[...] descobriu que não se pode ensinar a linguagem literária às crianças através de explicações artificiais, por memorização compulsiva e repetição como se ensina uma língua estrangeira. Escreve ele: “Temos que admitir que tentamos por diversas vezes... fazer isto e que sempre nos defrontamos com uma insuperável aversão por parte das crianças, fato que mostra que seguíamos um caminho errado. Estas experiências transmitiram-me a certeza de que é perfeitamente impossível explicar o significado de uma palavra... Quando tentamos explicar qualquer palavra, a palavra “impressão”, por exemplo, substituímo-la por outra palavra igualmente incompreensível, ou toda uma série de palavras cuja conexão interna é tão incompreensível como a própria palavra.

Cada conteúdo tem suas especificidades que precisam ser levadas em consideração, portanto, é fundamental que repensemos nossa prática, para atingir a aprendizagem que buscamos.

Categoria 5: Associações e conectores incorretos

Nesta categoria localizamos duas associações que apontam para a existência de lacunas pela dificuldade em estabelecer relações e sobreposições de conceitos.

Figura 38. Jogadas categorizadas como “Associação e conector incorretos” do Grupo A



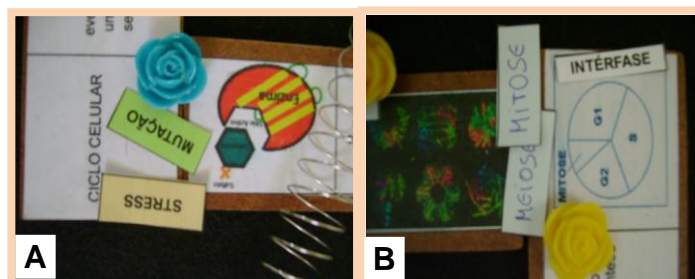
A. Cromatina. B. DNA-polimerase.

Figura 39A apresenta uma relação entre as pedras “molécula orgânica formada por cadeia polipeptídica com função catalítica ou estrutural” e “enzimas realizam sua transcrição”. A esta associação, os sujeitos indicam o contexto “transcrição, tradução”, apresentando choque de informações. Uma vez que o conceito não se encontra formado, não há internalização das informações, indicando lacunas conceituais e fundamentação no senso comum, percebida pelas generalizações de conceitos.

Categoria 6: Associações incorretas e conectores corretos

Nesta categoria relacionamos as associações estabelecidas de maneira incorreta. Podemos perceber uma relação entre as pedras “ciclo celular” e a imagem do “complexo enzima-substrato”. Embora as enzimas sejam catalizadoras de eventos, a conexão não foi estabelecida abordando-se este fundamento. Na realidade, como o número de pedras já estava reduzido, os sujeitos começaram a articular aquelas peças em que algo “lembrava” algo.

Figura 39. Sequências de jogadas categorizadas como “Associação incorreta e conector correto” do Grupo A



A. Stress. B. Mitose, meiose, intérfase.

No recorte de discussão a seguir, podemos observar as argumentações dos sujeitos por não terem alcançado uma articulação satisfatória, sugerindo que estavam cientes das inadequações estabelecidas:

P3 – Sabe o que é isso? É porque a gente tá cansado.

P9 – É muita “forçação” de barra.

P3 – Muita “forçação” de barra.

P4 – Possui o quê? É nas fases G1 e G2...

P9 – Vamos forçando a barra pra ver se a gente termina.

P4 – É. Forçando a barra. O que é que tem escrito aí? Genes eucarióticos...

Lê pra mim.

P9 – Onde? [...] estão dispostos em pedaços separados por trechos de DNA não codificados, chamados íntrons.

Categoria 7: Associações corretas e conectores parcialmente corretos

Algumas associações foram estabelecidas adequadamente, porém, os conceitos sobrepostos não foram indicados da mesma forma, sugerindo processos subjetivos como cansaço, estresse e inquietação, importantes no andamento de qualquer atividade, já que esta necessita da participação ativa dos estudantes. Assim, sentimentos negativos acabam por interferir negativamente na construção do conhecimento (GOMES *et al.*, 2010). Como já salientado, Vigotski nos aponta que a inquietação do aprendiz é um indicativo de que o caminho está incorreto. A aprendizagem precisa ocorrer de maneira agradável, tanto ao professor quanto para os alunos, de modo que esta apresente significado. Grupos A e B estão representados na Figura 40.

Figura 40. Jogadas categorizadas como “Associação correta e conector parcialmente correto” para ambos os grupos



A. DNA-polimerase, RNA-polimerase, síntese (coringa). B. Tradução. C. Transcrição.

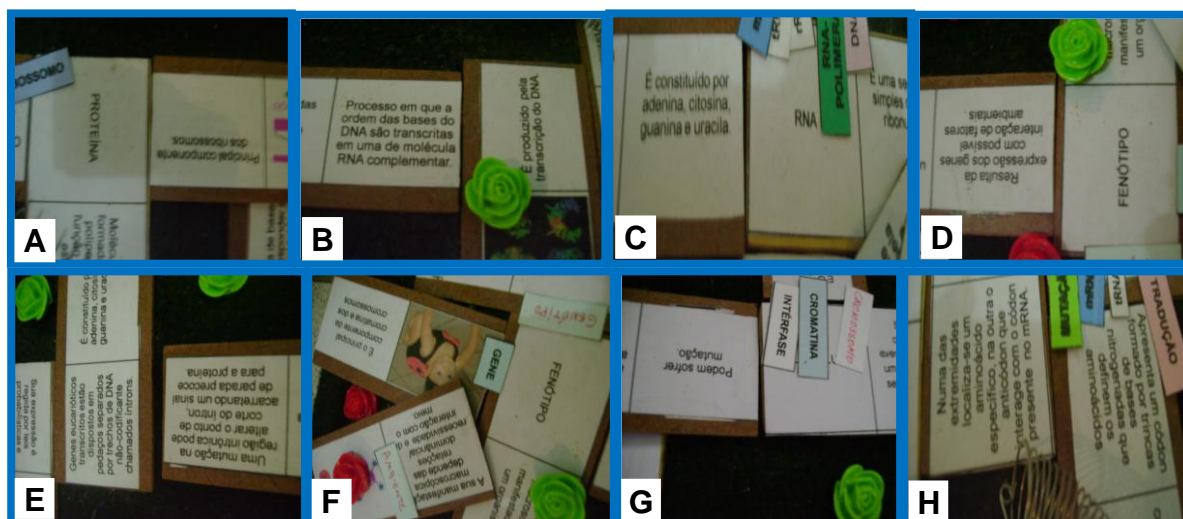
Embora diversos obstáculos tenham sido observados ao longo das etapas do jogo (lacunas conceituais, generalizações, fundamentações baseadas no senso comum), percebemos que o número de associações incorretas foi mínimo, considerando-se o número de jogadas possíveis (41 associações).

Geralmente os conceitos de domínios complexos e pouco-estruturados provocam aversão. Esta observação pode ser generalizada a todas as áreas do conhecimento, especialmente aquelas denominadas “ciências exatas” como a matemática, a física, a química e a Biologia. Um fato indicativo da aversão dos estudantes por estas áreas é o número reduzido de recém-graduados e novos profissionais que entram no mercado de trabalho ano a ano, tanto, que o Governo Federal passou a incentivar as licenciaturas, especialmente nestas áreas, numa tentativa de elevar o número de professores nas respectivas áreas (BRASIL, 2011).

Categoria 8: Associações corretas sem conector

A presente categoria foi levantada pelas associações estabelecidas pelos sujeitos do Grupo B. Embora estas relações estejam corretas (Figura 41), os pares deste grupo não indicaram o contexto das articulações. Desta maneira, nenhum conector, num universo dos vinte e três disponíveis, foi mobilizado para as jogadas.

Figura 41. Sequências de jogadas do Grupo B categorizadas como “Associação correta sem conector”



Como já descrito anteriormente, nesta fase do jogo (etapa 2), os sujeitos já apresentavam sinais de exaustão. Desta maneira, estabeleceram suas conexões, determinando, em comum acordo, não indicarem conectores para estas jogadas finais.

4.4 Contextualização

Contextualizar significa vincular o conhecimento à sua origem e à sua aplicação. Esta ideia começou a se disseminar a partir da reforma do ensino médio, tendo suas diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000). A contextualização apresenta como foco uma relação real entre o objeto de estudo e o cotidiano, de modo a tornar pleno de significado o conteúdo a ser aprendido. A contextualização pode ser compreendida como interdisciplinar pela sua condição em relacionar conteúdos como contexto de outros. Diante disso, podemos considerar a contextualização como um processo dinâmico que requer a participação ativa dos envolvidos no processo de aprendizagem de forma que estes se tornem agentes transformadores do seu próprio conhecimento (MENEZES, 2002).

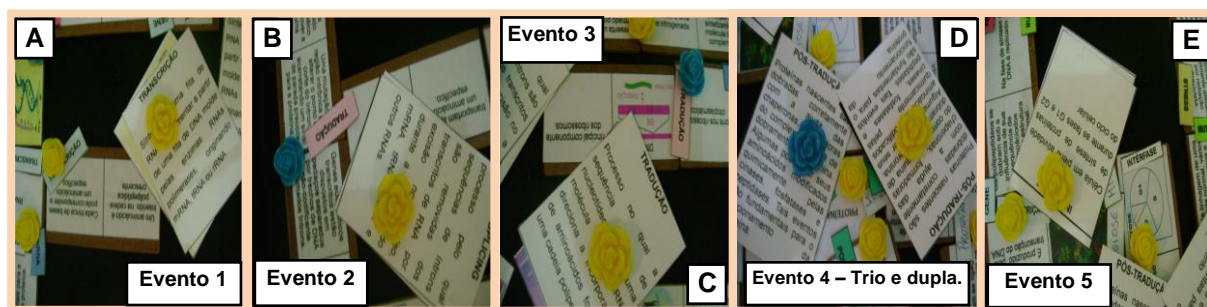
Na perspectiva da TFC, o contexto para a aplicação de um conceito de domínio complexo e pouco-estruturado deve ser abordado de maneira complexa e sob diferentes focos, a fim de que os aprendentes possam perceber que diferentes situações podem ser solucionadas tendo como ponto de apoio os estruturantes conceituais do conteúdo abordado. Assim, mini-casos (Cartas-Objetivo) foram

apresentados na terceira etapa do dominó como “contextos” para a aplicação do conteúdo.

4.4.1 Estabelecendo Jogadas de Associação entre os Eventos da Expressão Gênica e o Jogo

A terceira etapa do jogo envolveu a aplicação do conceito de expressão gênica para explicar o que poderia ou não para solucioná-la. Os grupos (em suas respectivas duplas ou trio) deveriam associar as Cartas-descrição e imagem (anteriormente trabalhadas na etapa 1) aos eventos correlatos abordados durante o jogo, ou seja, os grupos deveriam “apontar” os eventos sequenciais da expressão gênica no tabuleiro, marcando sua jogada com os pinos-flor grandes. As soluções propostas pelos grupos estão apresentadas nas Figuras 42 a 44.

Figura 42. Jogadas de identificação dos eventos da expressão gênica no jogo



Grupo A. Dupla (Etapa 3). A. Transcrição. B. *Splicing*. C. Tradução. D. Pós-tradução. E. Ciclo celular

Os sujeitos desta dupla não apresentaram dificuldades no estabelecimento destas associações. Embora tenham apresentado duas hipóteses de hierarquia de eventos durante a etapa 1, de acordo com o argumento da dupla, ambas estavam corretas. A primeira hipótese levantada foi: intérfase + transcrição + *splicing* + tradução + pós-tradução e, a segunda foi: transcrição + *splicing* + tradução + pós-tradução. O argumento apresentado para esta inversão pode ser observado abaixo:

P9 – Olha / olha, esse pode ser no começo ou pode ser no final. (referindo-se à carta contendo a imagem do ciclo celular e a carta-descrição da intérfase – Figura 42E)

P9 – [...] porque se a gente pegar uma proteína, célula em plena atividade de síntese de proteínas durante as fases G₁ e G₂ do ciclo celular, vem depois. Aí já aconteceu a síntese talvez? O conceito de / esse conceito de macro não pode ser dentro e fora, não é questão de ser dentro e fora.

P3 – vem depois? Então é macro mesmo /porque dentro da mitose acontecem inúmeras/ pra se chegar a isso, entendeu? [...] na tua visão tudo é microscópico não? / mas não é. Internamente esse processo aqui é tão complicado / micro mesmo

Muito embora a associação esteja estabelecida corretamente, tanto em sequência quanto na relação com as pedras do dominó no tabuleiro, não podemos apontar para um conceito consolidado, uma vez que ao abordar suas concepções quanto aos eventos das fases G1 e G2 do ciclo celular, P9 explicitou sua lacuna, percebida através da sua indicação da posição da Carta-imagem-descrição (ciclo celular + intérfase), na sua frase: “porque se a gente pegar uma proteína, célula em plena atividade de síntese de proteínas durante as fases G1 e G2 do ciclo celular, vem depois. Aí já aconteceu a síntese talvez?”

Convencionalmente, pensa-se em ciclo celular como uma alternância entre intérfase e divisão celular (mitose, nas células somáticas ou meiose nas células germinativas). A intérfase não se caracteriza por nenhuma alteração estrutural marcante, a exemplo do que ocorre no processo de divisão celular (cromossomos, fuso mitótico, citocinese). Entretanto, trata-se de uma etapa metabolicamente ativa, ainda que fenômenos diversos ocorram em fases distintas. Por exemplo, a fase S (Synthesis) é marcada pela duplicação do DNA. E os demais fenômenos estudados no metabolismo de carboidratos, lipídeos, ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa? Os eventos relacionados à expressão gênica (transcrição, *splicing*, tradução e pós-tradução) ocorrem nas fases G1 e G2 da intérfase (ALBERTS *et al.*, 2009; CHAMPE *et al.*, 2009).

A consideração de P9, ao colocar em sua fala “[...] Aí já aconteceu a síntese talvez, né?” é um indicativo da não formação do conceito, uma vez que este segue uma linha de pensamento fundamentada em fatos, porém, sem estabelecer relações firmadas, observadas a partir da dúvida. Esta incerteza faz com que o sujeito modifique a posição das cartas imagem (ciclo celular) e descrição (intérfase), não por este ser o universo onde a expressão está ocorrendo, mas porque a fase de síntese (de proteínas) já poderia ter terminado. Esta atitude aponta-nos, portanto, para as lacunas, pois se desconhece que, fora a fase S (replicação do DNA), os demais eventos ocorrem exatamente nas fases G1 e G2, com maior ênfase na G1 e dos essenciais durante a fase G2.

A postura de P9 nos faz considerar a formação de conceitos em Vigotski (2002; 2006; 2007; 2009) quando o mesmo nos diz que no pensamento dos adultos

persistem certos resíduos do pensamento por complexos, mais especificamente, por pseudo-conceitos (VIGOTSKI, 2002).

Portanto, complexos são elos para a formação de conceitos, mas também para a formação de pseudo-conceitos, pois neste último, o sujeito é capaz de construir generalizações, mas não fundamentá-las. Se o pseudo-conceito existe, este deveria ser o ponto de partida para a proposta de ensino, uma vez que o mesmo é a transição entre o complexo e a verdadeira formação conceitual. Há semelhança entre o pseudo-conceito e o conceito real, sendo o primeiro “dual por natureza, pois um complexo já traz em si a semente em germinação de um conceito” (id. p; 69).

Muitas discussões foram mantidas durante a etapa 1 para solucionar as relações do micro e macro-universos dentro do contexto da proposta, mas os diálogos para resolver o primeiro passo da etapa 3 foram mais curtos, apontando para duas situações: aplicaram o contexto da etapa 1 de maneira automática, sem mobilização interna ou já se encontravam esgotados física e psicologicamente. Partindo deste ponto, apontamos para a necessidade de adaptar a proposta do *Dominando a Expressão Gênica* fragmentando as suas etapas e as associações a uma situação per e pós-sistematização do conteúdo. Para tanto, a primeira etapa seria necessária para o diagnóstico das lacunas conceituais dos envolvidos, a segunda etapa estaria atrelada à sistematização e, a terceira e mais rica etapa, a aplicabilidade prática do conceito a situações concretas (mini-casos), seria a pós-sistematização. A Figura 43 apresenta a proposta de resolução do trio deste mesmo grupo.

Figura 43. Articulação entre os eventos da expressão gênica e o jogo



Grupo A. Trio (Etapa 3). A. Transcrição. B. *Splicing*. C. Tradução. D. Ciclo celular

Podemos perceber que a sequência de eventos propostas por estes sujeitos também se encontram corretas, tanto em sequência quanto em articulação com as pedras do dominó no tabuleiro. O evento quatro deste grupo pode ser observado na

Figura 42D. A solução seguiu a sequência de eventos partindo da transcrição + *splicing* + tradução + pós-tradução e por fim intérfase, sendo salientado que tanto iniciando como finalizando não haveria influência sobre aquela sequência, uma vez que todos os eventos estavam acontecendo durante o ciclo celular. O trio então se propõe a realizar a leitura para verificar se a hierarquia está correta.

P9 – Cada dupla vai identificar nas jogadas os eventos da expressão gênica, utilizando as cartas-descrição e imagem recebidas na primeira etapa, colocando o pedrinho grande para identificação da jogada da dupla. Então vai ter que colocar isso daqui, aqui? (apontando para o tabuleiro)
 P2 – Mas isso aqui é a segunda etapa, a primeira etapa foi diferente, sei não, não estou...
 P4 – também não estou entendendo nada.
 P2 – A primeira etapa é isso aqui, ó. A primeira etapa são as das quinze cartas descrevendo os eventos da expressão gênica.
 P9 – Olha aqui as cartas da primeira etapa.
 P2 – É essa daí, do micro ao macro.
 P1 – É a terceira etapa gente, que a gente tá lendo.
 P9 – É, é. A gente tem que voltar pra primeira.
 P9 – Cada dupla deverá associar as cartas as jogadas da dupla. Nessas jogadas (e aponta para as pedras no tabuleiro)
 P2 – Processo no qual a sequência de nucleotídeo... / em uma molécula. Esse aqui vem antes. Isso aqui tá tratando de nucleotídeo, de molécula... / isso aqui vem antes... / é bem micro, não é?
 P4 – Vem antes / é aqui, no meio / bota aí / a gente lê todos e vê o que é que a gente acha
 P1 – Coloca aqui pra gente ler todos. É, vamos ver.
 P2 – Direciona a incorporação do aminoácido formando uma cadeia. Eu acho que isso aqui é antes. Porque isso aqui vai fazer a cadeia de polipeptídeo. Eu não sei se isso é assim não.
 P4 – Assim, ó. Deixa assim mesmo.
 P1 – Vamos ler.
 P4 – Ficou igual ao dos meninos, mas eu acho que é isso mesmo.
 P9 – [...] A gente aqui seguiu uma sequência lógica de eventos / não é? Não é isso que está escrito aqui? Sequência lógica? Ela quer uma sequência de eventos do micro para o macro.
 P3 – Mas aqui tá. Aqui é macro (apontando para a sequência da dupla e a carta do ciclo celular – Figura 43D). [...] a gente ainda vai analisar isso.
 P2 – Isso vai ser uma confusão da gota.
 P3 – [...] O problema é esse agora.

As lacunas conceituais existem e permanecem, porém, resolver a primeira etapa do jogo colocou os membros frente à complexidade da proposta e ali, muito esforço cognitivo foi aplicado. Percebemos um desenrolar mais rápido para esta etapa, porém, este não é indicativo da compreensão da proposta, uma vez que em momento algum os participantes relacionaram os eventos entre si como sendo a sequência completa da expressão gênica.

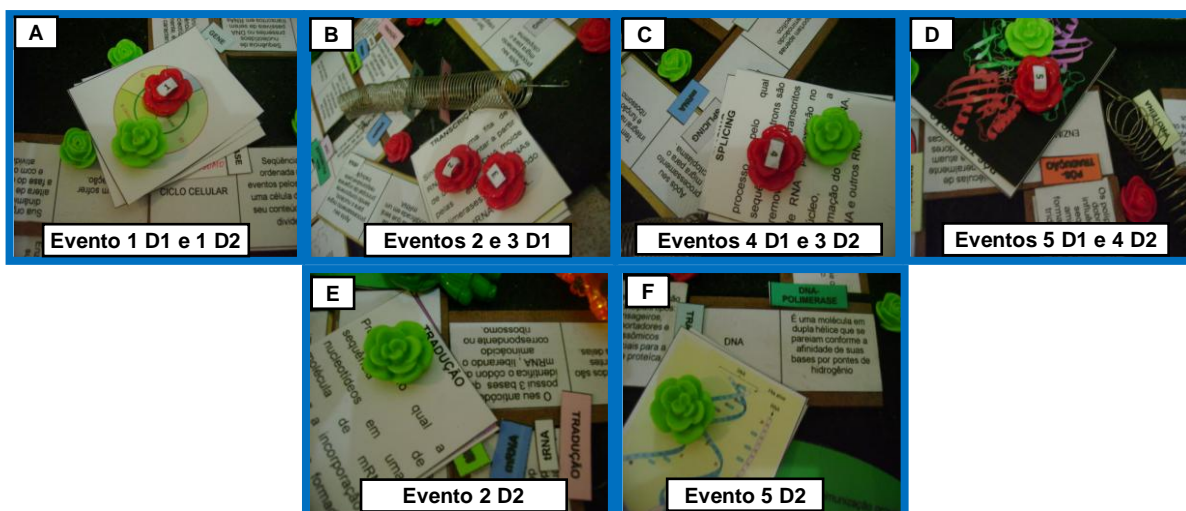
Esta situação nos coloca frente à perspectiva da TFC, onde os autores ressaltam que a apresentação prévia da complexidade aos estudantes favorece a

compreensão do conceito em estudo. Além disso, a abordagem centrada em casos e mini-casos possibilita a construção de pontos de vista na aplicação de tal conceito (SPIRO *et al.*, 1988; 1989). A mediação proporcionada pelos diálogos estabelecidos (interações sujeito-sujeito e sujeito-signo) iniciou uma desconstrução, abrindo caminho para a consolidação do conceito. Seria importante realizar uma sistematização neste momento, de forma a minimizar a formação de concepções alternativas e/ou estabelecimento de novas lacunas conceituais.

Lacunas conceituais podem consolidar-se a partir de um trabalho pedagógico fragmentado, ou seja, ao se trabalhar conteúdos separadamente, sem estabelecer relações entre estes. Com isso não estamos sugerindo que uma proposta de ensino-aprendizagem pautada no paradigma cartesiano (que já se encontra na base da nossa cultura escolar) esteja incorreta, porém, é incompleta. Tal observação se justifica a partir da análise das discussões entre os sujeitos desta pesquisa, principalmente quando os mesmos foram confrontados com situações em que seria necessário mobilizar conceitos básicos da Genética. O esforço cognitivo destes sujeitos foi profundo, se empenharam, tentaram e apresentaram suas resoluções dentro de sua “zona de conforto conceitual”, indicando para nós, novos caminhos e possibilidades de abordagem para uma aprendizagem significativa do conteúdo em questão.

Diante deste quadro, apresentamos as soluções propostas pelas duplas do Grupo B e, nestas, encontramos lacunas conceituais entre os conceitos de transcrição e tradução. Assim, constatamos uma inversão nas soluções, nas duas duplas deste grupo (Figura 44).

Figura 44. Eventos da expressão gênica e sua relação no jogo



Grupo B – duplas 1 e 2. A. Ciclo celular. B. Transcrição e transcrição. C. *Splicing*. D. Pós-tradução. E. Tradução. F. Transcrição.

Para facilitar a compreensão e a percepção das lacunas destes sujeitos, relacionamos no Quadro 7 a hierarquia esperada e as estabelecidas pelas respectivas duplas.

Quadro 7. Relação da hierarquia proposta pelos sujeitos do Grupo B

Associação dos Eventos ao Jogo		
Esperado	Dupla 1	Dupla 2
Ciclo celular + Intérfase	Ciclo celular + Intérfase	Ciclo celular + Intérfase
Transcrição	Transcrição	Tradução
<i>Splicing</i>	Tradução	<i>Splicing</i>
Tradução	<i>Splicing</i>	Pós-tradução
Pós-tradução	Pós-tradução	Transcrição
Considerando-se que todos os eventos abordados acontecem durante o ciclo celular (fases G ₁ e G ₂), este poderá ser tanto colocado como evento 1 ou como 5, desde que a argumentação fundamente tal escolha.		

Considerando-se que todos os eventos abordados acontecem durante o ciclo celular (fases G₁ e G₂), este poderá ser tanto colocado como evento 1 ou como 5, desde que a argumentação fundamente tal escolha.

Observamos que ambas as duplas apresentaram uma hierarquia incorreta, correlacionando-as às pedras do tabuleiro seguindo a mesma hierarquia de eventos. Não podemos deixar de salientar que durante a etapa 1, os membros desta dupla apresentaram dúvidas quanto a ocorrência do evento *splicing*, indicando a existência

de uma lacuna conceitual nas relações com este conceito, essencial à síntese do RNAm e, conseqüentemente, à síntese de proteínas (GRIFFITHS, 2008).

A inversão apresentada por P5 e P7 é incoerente, uma vez que há uma discussão indicando o conhecimento da real função do *splicing*, como poderemos apontar: P7 – A gente tá com esse quadro aqui: as sequências de íntrons são seletivamente removidas? É antes? Não é nessa passagem? É antes ou é depois? (referindo-se aos eventos transcrição e tradução). É nesse momento, só não sei se é antes ou depois de ir (referindo-se ao citoplasma).

P5 – É antes da transcrição, antes da tradução, aliás, aqui (aponta para a *Carta- imagem* da tradução).

P7 – Então, é. Antes da tradução, agora então, após seu processamento migra para o citoplasma.

P5 – É antes de ir para o citoplasma.

P7 – Então tá certo? Isso aqui tá certo então?

P5 – A tradução não ocorre nisso aqui? (aponta novamente para a imagem)

P7 – Porque veja, após seu processamento migra para o citoplasma. Isso é o quê? O RNAm. Aqui, vai para o citoplasma, pra lá, codificar, traduzir, fazer a tradução para a proteína e as sequências de íntrons são seletivamente removidas. Elas são removidas, eu acho que é nesse processamento e acho que é aqui, como é o nome aqui?

P5 – *Splicing*.

P7 – *Splicing*. RNAm. A gente pode até fazer uma molinha pra cá, olha. Essa molinha, na verdade, é pra quê? É pra fazer uma conexão que as pedras do dominó não fizeram, é? [...] que existe de outro lugar, mas, que não tá feito com as pecinhas? E como é que faz pra botar daqui pra aqui, assim, é? [...] bota aqui, de transcrição pra tradução (Figura 36H), porque eu dei uma viajada grande por aqui.

P6 – Tá caindo aí, deixa eu botar direitinho.

P7 – Esse bichinho pra cá. Seria essa passagem assim, certo? Então, como aqui, a gente deduziu, né? A gente deduziu porque eu sei que esses íntrons são retirados, eles são retirados antes da tradução acontecer, agora, eu não sei se esse processo é após ele migrar ou ele antes acontece, mas vai ficar assim.

Embora tenham sido mobilizadas informações coerentes para a resolução da jogada, P7 nos aponta suas lacunas ao inferir que “a gente deduziu porque eu sei que esses íntrons são retirados, eles são retirados antes da tradução acontecer, agora, eu não sei se esse processo é após ele migrar ou ele acontece antes”. P5 também já havia indicado uma solução dedutiva. Assim, sugere-se que a informação pré-existente está sendo generalizada, pois foi mobilizada pela influência dos signos apresentados. Não há formação de conceitos, que nesta perspectiva, são complexos.

A segunda dupla, por sua vez, apresentou dúvidas entre os eventos transcrição e tradução. Assim, estipularam uma inversão de tais conceitos na resolução desta fase do jogo, explicitando lacunas conceituais que dificultam a articulação dos mesmos. Numa perspectiva vigotskiana, dificuldades no estabelecimento de

relações entre “fatos” deve-se a um pensamento por complexo, ou seja, pensamentos baseados em situações concretas, porém, indivíduos que pensam por complexos não conseguem estabelecer relações entre os fatos e, portanto, não formam conceitos, muito embora os complexos sejam considerados como “base” para a construção e consolidação, âncoras para efetivar a aprendizagem conceitual (VIGOTSKI, 2009). O diálogo estabelecido pelos sujeitos durante a associação das cartas ao jogo no tabuleiro pode ser acompanhado a seguir:

- P7 – Cada dupla deverá identificar nas jogadas os eventos da expressão gênica. [...] a gente vai botar o pino e a imagem ali, é?
 P6 – A tradução.
 P7 – Intérfase. Intérfase a gente botou.[...] Me dá aí esse por favor.
 P6 – A transcrição tá aqui e a pós-tradução.
 P8 – E a imagem?
 P6 – A gente não chegou em pós-tradução.
 P7 – Aqui. Transcrição.
 P6 – Os dois podem botar no mesmo canto? (referindo-se a associar suas cartas na mesma localização indicada pela dupla 1. Figura 44A, C e D).
 P7 – É. Se tá num lugar só. A gente vai olhar pelos lugarzinhos que a gente colocou, é? [...] A gente fez uma ponte daqui pra cá (apontando para a associação com a mola de conexão indicando os eventos transcrição e tradução como conectores – Figura 44B). E colocamos os dois eventos. Pode abordar? Botei os eventos transcrição e tradução aqui.
 P6 – A tradução.
 P7 – Bota.
 P6 – Sendo que a pós-tradução...
 P7 – Aqui. Foi a gente que tinha colocado, não foi? splicing?
 P6 – Splicing, é. Foi. (Figura 44C)
 P 7 – Foi a gente, mas pode botar aí. Deixa eu botar que eu boto o botãozinho junto (referindo-se ao pino-flor grande).
 P6- É. E agora?
 P7 – E aqui é pós-tradução (Figura 44D).
 P5 – Pós-tradução.
 P7 – Pós-tradução que foi logo no início (referindo-se às primeiras pedras associadas na etapa 2). Tem um aqui que. Agora o problemas é achar. Tu estais enxergando? Eu não to enxergando não. Eu sei que eu coloquei, agora não tô enxergando nada.
 P8 – Eu não to enxergando mais nada também.
 P7 – Tu entendeu? Pode ser assim: proteína, pós-tradução...
 P6 – Aqui.
 P7 – Pronto. E agora é o quê?

Assim, os jogadores estabeleceram suas associações: cartas imagem-descrição-tabuleiro a partir da sequência de cartas organizadas durante a primeira etapa. Podemos perceber que não houve discussão acerca dos conceitos envolvidos, pois cada dupla foi estabelecendo suas relações, porém, sem discuti-las. Apontamos, neste momento, para o sentimento de exaustão, percebido nas falas dos sujeitos P7 e P8, que mal estavam localizando as pedras que buscavam.

Dentro das limitações apresentadas pelos sujeitos referentes às lacunas conceituais, a maior parte dos objetivos foi alcançada como pode ser observado no Quadro 8.

Quadro 8. Comparação entre os resultados alcançados pelos grupos A e B

Etapas	Conteúdo Específico		Interações	
	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B
1	Estabeleceu uma sequência temporal correta.	Apresentou inversão entre os conceitos <i>splicing</i> -tradução e transcrição-tradução.	Satisfatória cooperativa.	Satisfatória competitiva.
2	Estabeleceu associações fundamentadas no senso comum e não no conceito.	Estabeleceu associações fundamentadas no senso comum e não no conceito.	Satisfatória cooperativa.	Satisfatória competitiva.
3	Não compreendeu os eventos da expressão gênica como interdependentes.	Não compreendeu os eventos da expressão gênica como interdependentes.	Insatisfatória.	Insatisfatória.

A partir desta análise, apontamos os seguintes resultados:

- Os obstáculos enfrentados durante o jogo se devem a lacunas conceituais pré-existentes;
- A dificuldade em estabelecer relações entre os conceitos e sobreposição dos mesmos sugere uma formação cartesiana da mente e, conseqüentemente, uma aprendizagem fundamentada neste paradigma;
- As constantes repetições de conectores (DNA, gene e mutação, principalmente) apontam para unidades informativas associadas a signos, indicando um pensamento por complexos e não conceitual;
- As lacunas favoreceram a incompreensão dos eventos da expressão gênica como interdependentes;
- O jogo possibilita uma construção coletiva por ser instrumento rico em signos e, conseqüentemente, mediar a aprendizagem, porém, só será capaz de contribuir com a formação de um conceito verdadeiro se for trabalhado durante uma sistematização, de forma que as etapas sejam fragmentadas para permitir tal construção e assim:

Etapa 1: diagnóstico

Etapa 2: durante a sistematização do conceito.

Etapa 3: pós-sistematização: aplicação do conceito num contexto pré-definido (casos e mini-casos), favorecendo assim a compreensão e aplicabilidade do objeto de estudo.

4.4.2 Aplicando o Conceito aos Mini-Casos

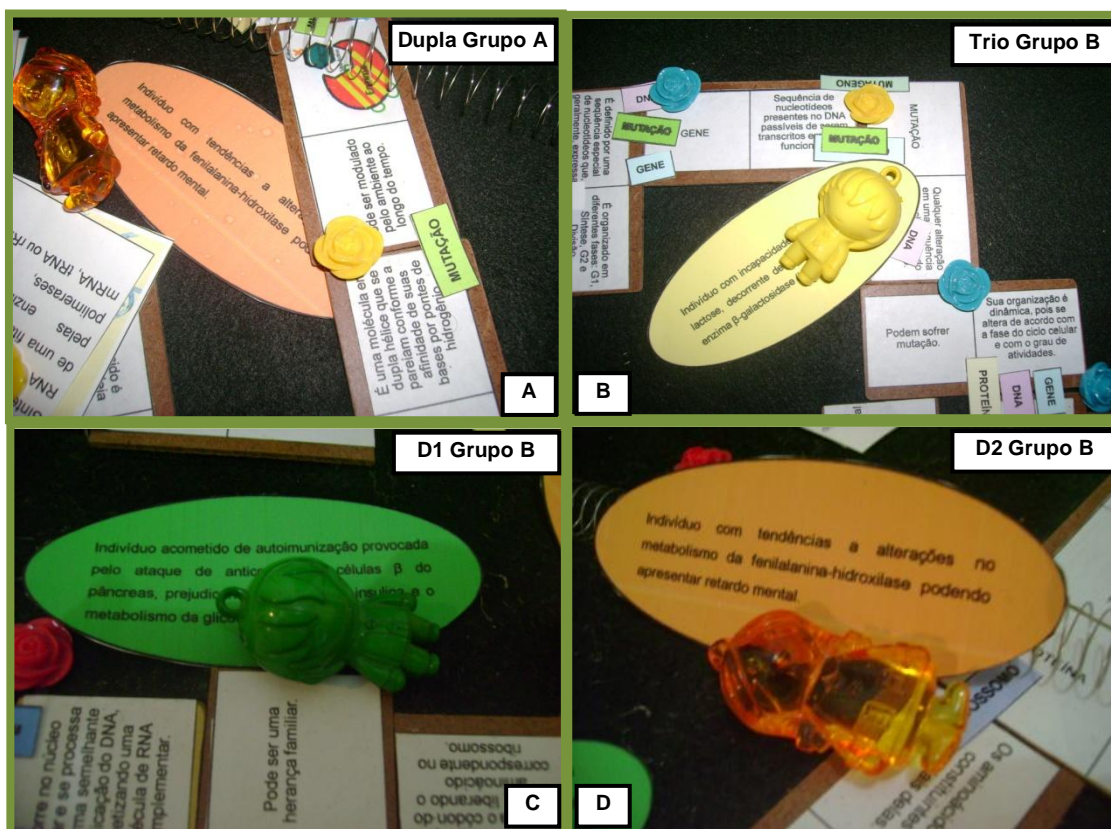
A segunda fase da terceira etapa do dominó seria a aplicação do conceito de expressão gênica para apresentar fundamentos que pudessem explicar a situação apresentada. Ressaltamos que os mini-casos partem de situações reais, de modo que, ao apresentar suas soluções, os sujeitos vão internalizando os fundamentos que norteiam o conceito abordado.

Para esta etapa seria necessário que cada dupla escolhesse, aleatoriamente, uma Carta-Objetivo e, a partir dela, selecionasse um indivíduo na mesma cor da carta (bonecos em acrílico) para explicar a situação, baseando-se em eventos, fenômenos ou contextos que expliquem o que pode estar correndo com o mesmo.

Nesta etapa, articular o conceito a uma situação real seria o momento ímpar para a consolidação do conceito, porém, as lacunas pré-existentes nos levam a apostar numa efetivação conceitual se buscarmos utilizar nossa proposta numa situação pré e pós-sistematização de conteúdo, como já dito anteriormente, de modo que tais lacunas sejam minimizadas (ou mesmo superadas), para que o conceito seja internalizado, se consolidando e, portanto, sendo possível sua aplicação a diferentes situações onde se fizer necessário. A Figura 45 apresenta os contextos selecionados pelos grupos.

Nesta etapa, aplicar o conceito em uma situação real seria o momento ímpar para a sua consolidação, porém, as lacunas conceituais detectadas impedem isto. A utilização da proposta apresentada neste estudo de utilizar o jogo numa situação pré e pós-sistematização do conteúdo, de modo a minimizar (ou mesmo superar) as lacunas, para que o conceito seja internalizado e se consolide pode tornar possível sua aplicação em diferentes situações. A Figura 45 apresenta os contextos selecionados pelos grupos.

Figura 45. Contextos selecionados pelos grupos A e B, respectivamente



A e D: Caso: A Fenilcetonúria. B.Caso: A Intolerância à Lactose. C. Caso: O Diabetes Mellitus Tipo 1.

A dupla do Grupo A escolheu a Carta-Objetivo apresentando a seguinte situação (Figura 45A): “indivíduo com tendências a alterações no metabolismo da fenilalanina-hidroxilase podendo apresentar retardo mental”. Já o trio deste mesmo grupo selecionou como contexto (Figura 45B) “indivíduo com aproveitamento da lactose decorrente de deficiência na síntese da enzima β -galactosidase (lactase)”. Os recortes abaixo apresentam as discussões dos sujeitos deste grupo durante a resolução desta fase:

- P9: cada dupla vai escolher uma carta. Pronto, a gente escolhe uma e vocês escolhem outra. Pronto a gente tá com uma e ela tá com a outra.
- P2 – Recebendo um indivíduo da mesma cor.
- P9 – A sua cor foi qual?
- P2 – Laranja.
- P9 – A nossa é a amarela. Me dá o bonequinho amarelo.
- P4 – Isso aqui é carta-objetivo?
- P2 – Isso aqui é carta-objetivo, é?
- P3 – Tá muito complicado viu? Tá difícil de jogar.
- P2 – Isso tá complicado, é.
- P9 – Partindo do objetivo escolhido, cada dupla socializará ao grupo as etapas da expressão gênica e/ou outros possíveis eventos que possam estar acontecendo com o indivíduo durante a expressão ou não de determinado de um determinado fenótipo.
- P4 – [...] Nesse caso uma doença.
- P9 – Esse indivíduo, esse aqui sofreu uma mutação (Figura 45B). [...]

indivíduo com incapacidade no aproveitamento da lactose... ele sofreu uma mutação.

P3 – Alterações no metabolismo.

P4 – Mutação.

P3 – E estresse também?

P1 – Ele é doente, coitado!

P2 – Indivíduo com alterações no metabolismo.

P4 – Podendo apresentar retardo mental.

P2 – Só sei que é o teste do pezinho.

P4 – Esse aqui também, ó. Tá aqui. Sofreu uma mutação. [...] Isso aí são doenças hereditárias.

P9 – [...] Ocorreram mutações e ele, a questão da síntese protéica, né? Também é importante e a questão das mutações, na expressão gênica, né?

P4 – Isso aqui foi durante a transcrição. Transcrição é de DNA pra DNA ou de DNA pra RNA? Não, de DNA pra RNA ou de RNA?

P9 – Ele transcreve e depois traduz.

P4 – Transcreve? Então acho que aqui é na tradução. Olha, aqui. Porque vê, indivíduo com tendência a alteração no metabolismo da fenilalanina hidroxilase, podendo apresentar retardo mental. Eu acho que isso é durante a tradução. Acontece durante a tradução. Por que aí é na produção de uma proteína, de uma enzima na verdade.

P1 – É. Na capacidade de sintetizar uma enzima.

P4 – Primeiro vem a transcrição e depois a tradução?

P2 – Pega aí ajuda (referindo-se as cartas de apoio – o caso propriamente dito).

P1 – [...] incapacidade de sintetizar uma enzima que transforma o aminoácido fenilalanina em tirosina, acumulando toxinas em forma de fenilcetonas que afetam o tecido nervoso provocando deficiência cognitiva.

P2 – O jeito é fazer o teste do pezinho detectando a substância...

P1 – E sua causa é devida a uma mutação que modifica...

P4 – Nesses eventos, o que vocês acham que aconteceu?

P3 – Uma mutação.

P4 – Sim, uma mutação. Onde? Em que evento? Na transcrição, tradução, pós-tradução, onde? Eu não faço a mínima ideia.

P9 – As mutações gênicas, elas ocorrem no DNA, material genético. E as numéricas, né? Deixa eu me lembrar aqui... as estruturais. Eu sei que tem numéricas e tem gênicas. Eu posso ter mutação no número, na quantidade, número é em mitose e meiose, quando eu vou separar os cromossomos homólogos, os cromossomos irmãos.

P4 – É aumentado o número do cariótipo, mas aqui eu acho que o que ela tá querendo que a gente diga é, por exemplo, em que momento isso aqui aconteceu? Indivíduo com incapacidade no aproveitamento da lactose. Então isso quer dizer que ele não quebra.

P9 – Então olhe. Se isso aqui é uma enzima, então deve ter acontecido uma mutação gênica e não cromossômica.

P2 – Olha, aqui tá dizendo assim os eventos da expressão gênica e outros, quer dizer, tem que explicar passo a passo como ela ocorre e/ou processos ou possíveis eventos (pra mim deve ser a mesma coisa) que possam estar ocorrendo com o indivíduo durante a expressão, quer dizer, é o fenótipo? Aí? (referindo-se a doença)

P4 – É a expressão, é.

P2 – A expressão ou não de um determinado fenótipo. É. Neste caso, a doença. Então a gente tem que explicar como ocorreu e o que ocorre.

Percebemos que há ainda dificuldades na compreensão da proposta, bem como na execução da mesma. Além disso, ao partirem para a solução, os sujeitos relacionam a expressão do fenótipo patológico à mutações, não explicando, porém, como poderia ter ocorrido o evento. Embora P9 apresente uma indicação de conhecimento

do conceito, não consegue relacionar os eventos apresentando uma explicação clara, apontando novamente para um pensamento por complexos. Os complexos estão preenchidos por lacunas, uma vez que é possível generalizar, mas não estabelecer relações firmes.

Ainda neste diálogo, o sujeito P4 apresenta sua lacuna entre os conceitos de transcrição e tradução, não alcançando, portanto, a resolução da situação, até que P9 indica a sequência “transcreve depois traduz” e P4 então indica a expressão do fenótipo como sendo resultado de uma falha na tradução da proteína. Vale salientar que este sujeito afirma não saber um caminho para explicar o mini-caso, transparecendo em sua expressão “eu não faço a menor ideia”.

As duplas do Grupo B selecionaram as cartas com os recortes dos casos do diabetes (dupla 1) e da fenilcetonúria (dupla 2) e precisariam, portanto, explicar tais situações. Os recortes do diálogo mantido pelos sujeitos deste grupo durante a contextualização do conceito pode ser acompanhado a seguir:

P7 – Indivíduo acometido de autoimunização provocada pelo ataque de anticorpos/ síntese de insulina/ isso é o quê? Dizer o quê? Que tipo de indivíduo é esse é?

P5 – Ele é diabético.

P8 – [...] Sim, vai.

P7 – A de vocês qual é?

P8 – Indivíduo com alterações no metabolismo da fenilalanina podendo apresentar retardo mental.

P7 – Falciforme?

P8 – Da fenilalanina.

P6 e P8 – Fenilalanina? Sei não. Isso aí eu não sei não.

P7 – Falciforme. [...] prejudicando também a síntese de melanina, ex: clareamento de pele e pêlos. Sua causa é devida a uma mutação no loco do gene PKU que codifica a fenilalanina hidroxilase que transforma a fenilalanina em tirosina sendo esta última transformada em substâncias importantes para o bom funcionamento cerebral, entre elas os neurotransmissores dopamina e noradrenalina (lendo a carta onde se apresenta o caso do mini-caso selecionado pela segunda dupla).

P7 – Aí ela quer que relacione isso a essa expressão gênica? O que você acha que aconteceu com a expressão gênica desse indivíduo? (pergunta ao seu parceiro, o P5). Onde houve uma capacidade de sintetizar uma enzima que transforma o aminoácido fenilalanina em tirosina?

P6 – Então é a tradução. A formação da proteína?

P7 – É, é aí. Mas eu acho que pode ter sido a troca de um aminoácido.

P8 – É. Aminoácido.

P7 – que gerou essa...

P6 – Lá na tradução dessa proteína.

P7 – É correção gênica, não é?

P6 – E aí? Faz o quê?

P5 – ele fala que sua causa é devido a uma mutação no loco do gene. Até onde? É do gene

P7 – Então? Mas essa expressão gênica não aconteceu, né? [...] Essa

multiplicação, transcrição, tradução não é do gene? Essa expressão que a gente tá estudando né gênica? Eu acho que pode ser uma mudança, uma trinca, dessa que modifica, que modificou, e...

P8 – E ficou dessa cor aí (apontando para uma imagem no tabuleiro do jogo).

P6 – Ficou dessa cor.

P7 – [...] Por que não é uma enzima?

P8 – É.

P7 – Se é uma enzima que deixou de ser produzida, isso talvez é uma proteína que não tenha sido codificada, não tenha sido produzida, essa proteína, por uma troca, por uma falha ou talvez a supressão dessa. Uma coisa assim.

P6 – E a de vocês?

P7 – No caso da gente é diabete? (pergunta a P5)

P7 – [...] Em que lugar vocês acham que foi a expressão gênica?

P6 – Eu acho que é por aqui, nas traduções da vida.

P8 - É, nas traduções. O contexto é aí, na tradução, não é?

P7- Eu acho que sim

P8 – Eu acho.

P5 – [...] O nosso é o seguinte: indivíduo acometido de autoimunização provocada pelo ataque de anticorpos às células β do pâncreas, prejudicando a síntese de insulina (hormônio, no caso) e o metabolismo da glicose. Diabetes Mellitus tipo 1 (buscou a carta onde continha a descrição do caso referente ao mini-caso). Por sua vez a doença autoimune provocada pelo ataque de anticorpos as células β do pâncreas, destruindo-as, prejudicando desta forma a síntese de insulina que controla o metabolismo da glicose. Autoimune...

P8 – Mas qual é a dúvida disso aqui?

P7 – Ela quer saber em que parte dessa expressão gênica isso pode ter acontecido... Então eu acho que se prejudica a síntese nessa questão da expressão gênica, é a parte mais específica da tradução, agora, ele é acometido por algo de fora? Pelo ataque de anticorpos. Anticorpos, é defesa do organismo, são proteínas, anticorpos são proteínas.

P8 – Mas tá, mas isso não quer dizer que ele esteja se defendendo de coisas de fora, não. Ele tá se defendendo contra uma aberração.

P7 – É. É autoimunização.

Percebemos que, embora os sujeitos tenham repetidamente manipulado os eventos que possibilitam a expressão gênica, estes não estabeleceram uma relação de conjunto para os mesmos, tanto que P7 se refere a “em que lugar vocês acham que foi a expressão gênica?” Esta pergunta nos aponta a profundidade das lacunas apresentadas pelos sujeitos, bem como a dificuldade em perceber a sistemicidade do processo, amplo e essencial a nossa sobrevivência.

A partir deste diálogo, recorreremos novamente à organização cognitiva dos sujeitos, ainda muito linearizada, mesmo que estes tenham sido agrupados pela sua experiência e envolvimento com a perspectiva sistêmica. Em nossa visão, estes sujeitos apresentam um pensamento por complexos, uma vez que as discussões partem de fatos (ancorando-se no que foi apreendido anteriormente pelos sujeitos), porém, as relações não são estabelecidas, deixando claro para nós a não formação

de um conceito real, verdadeiro, dos eventos abordados na pesquisa, bem como da importância destes para aquilo que denominamos vida.

4.5 As Interações Durante aplicação do Jogo *Dominando a Expressão Gênica*

Pesquisas apresentadas por diversos autores, entre eles Pfutzenreuter *et al.* (2008) e Campos *et al.* (2002) apontam que os jogos didáticos vêm assumindo destaque cada vez maior nas salas de aula uma vez que, além do caráter lúdico a eles associado, estão sendo valorizados como instrumentos riquíssimos em signos capazes de estimular a interação e a mediação na formação de conceitos. No entanto, para que o jogo atinja seu objetivo, o professor precisa pautar seu planejamento em propostas capazes de “movimentar internamente” os alunos, para que a apropriação destes conceitos seja significativa.

Para Vigotski (*apud* LEONTIEV *et al.*, 2009) e Vigotski (2002; 2007) o homem não é um sujeito passivo na construção do conhecimento, ao contrário, ele é interativo nesta construção, porém, o acesso ao conhecimento se dá primordialmente, através de um processo denominado *mediação*. De acordo com Vigotski, a mediação acontece por meio de instrumentos e signos, capazes de estimular o desenvolvimento do pensamento.

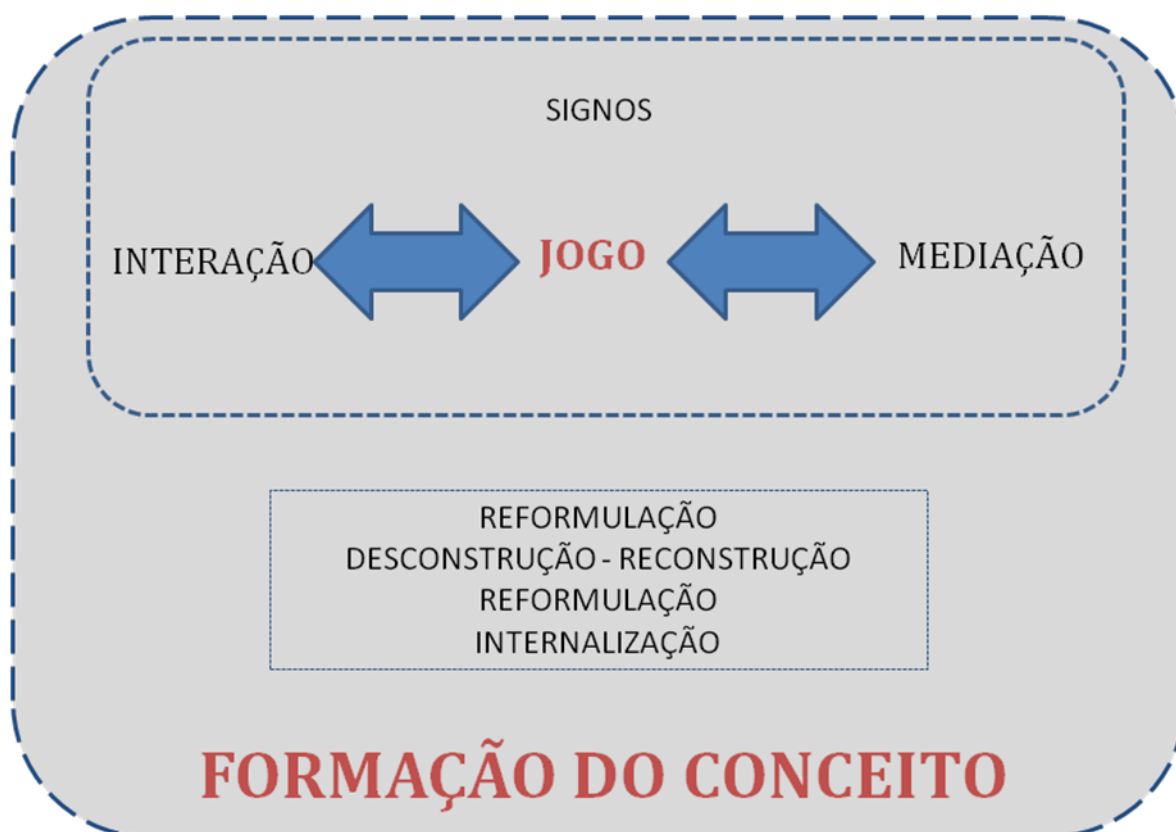
Nossa proposta contou com instrumentos (o jogo, a linguagem) e diversos signos (palavras, imagens) que serviram como provocação à interação entre os sujeitos e à consequente mediação na mobilização de diferentes conceitos para a resolução dos problemas apresentados e o alcance dos objetivos.

Sendo o jogo interativo por natureza, se constitui numa excelente estratégia didática para a mobilização de conceitos, principalmente os disciplinares específicos e abstratos. No entanto, para que a interação promovida seja construtiva, o jogo deve ser um instrumento mediador, ou seja, deve se constituir num meio para construir conceitos e não como um fim em si mesmo. Portanto, apenas quando se considerar o jogo como um instrumento rico em signos, sendo estes responsáveis pela mediação do processo de formação de conceitos, através da interação entre os pares que participam da atividade, é que se estará caminhando para a consolidação do aprendizado.

O autor nos aponta para o fato de que instrumentos são importantes mediadores uma vez que estabelecem uma relação dinâmica com os envolvidos (ação-reação), interagindo com o pensamento de cada um. Podemos salientar que a mediação ocorre continuamente, de forma natural (a relação entre sujeito e TIC; entre sujeito e mídias diversas, vídeos, entre outros, entre sujeito e professor ou mesmo entre sujeitos) ou ainda, como em nosso caso, provocativa, uma vez que a situação proposta para esta pesquisa se prendeu na interação com o jogo a fim de provocar a formação do conceito de gene, mais precisamente, da sua expressão no organismo.

No contexto desta pesquisa buscamos enfocar a mediação, sendo assim, o jogo se apresenta como instrumento mediador, capaz de interagir com o aparato biológico dos sujeitos provocando, desta maneira, mecanismos de aprendizagem e instigando interações com vistas à consolidação do conceito de expressão gênica (Figura 46).

Figura 46. Funcionalidade do jogo



Utilizando-se o jogo como instrumento mediador “desmodelizam-se os papéis, desarticulam-se as certezas e instala-se uma interatividade de novo tipo, mais próxima de atitudes como o diálogo, comunicação necessária e insubstituível e produção mais autoral de textos” (PFUTZENREUTER *et al.*, 2008, p.?).

A pesquisa nos possibilitou duas discussões distintas, mas interligadas: o jogo como instrumento mediador da formação de conceitos na perspectiva sistêmica em busca da flexibilidade cognitiva e as interações sociais entre os sujeitos envolvidos durante o jogo mediando a consolidação desses conceitos.

4.5.1 A Importância de um Processo Mediado

A formação de conceitos é um dos problemas mais discutidos em diversas áreas do conhecimento e vêm sendo propostas diferentes estratégias de ensino com vistas a uma aprendizagem significativa, algumas destas, com resultados muito construtivos e, portanto, positivos.

Como um dos pesquisadores mais focados em formação de conceitos, Lev Semenovitch Vigotski (1896-1934) enfatiza que o desenvolvimento cognitivo depende de condições internas e externas totalmente diferentes. Segundo o mesmo, “a formação de conceitos surge sempre no processo de solução de algum problema que se coloca para o pensamento [...]” (VIGOTSKI, 2009; p. 237).

Vigotski foi precursor da Teoria Histórico-Cultural. Esta teoria fundamenta a aprendizagem como uma atividade social e especificamente humana. Nesse contexto, o estudante é o centro do processo, considerado um sujeito ativo, consciente e orientado por um objetivo intencional (NÚÑEZ, 2009). O resultado esperado dessa ação e que se pode observar, está no campo das transformações tanto pessoais (psíquicas e físicas) quanto no objeto da atividade.

Núñez (2009) descreve a educação no contexto escolar como sendo essencial enquanto mecanismo cultural de desenvolvimento da personalidade integral do indivíduo.

Conceber a aprendizagem como sendo uma atividade transformadora requer entendê-la como sendo um processo mediado por signos. “A mediação nos processos de internalização é uma idéia-chave na teoria Histórico-Cultural” (NÚÑEZ, 2009, p. 26). Segundo Núñez (2009) existe uma diferença essencial entre signos e instrumentos. O primeiro está situado na pessoa e media a relação bem como a atitude do indivíduo com outros e consigo. Já os instrumentos se configuram como meios que facilitam a mediação do indivíduo com o objeto de observação.

Vigotski (2009) defende que a palavra é um signo, sendo decisiva na forma como a criança percebe e conhece a realidade que a cerca, e ainda determinante na formação de conceitos. Explica que é através da palavra que a “criança orienta arbitrariamente a sua atenção para determinados atributos. Com a palavra ela sintetiza, simboliza o conceito abstrato e opera com ele como lei suprema entre todas aquelas criadas pelo pensamento humano” (p.226).

O autor em seus estudos sobre o processo de formação de conceitos científicos no espaço escolar investigou as relações existentes entre desenvolvimento e aprendizagem. Após dialogar com vários teóricos que abordaram a mesma temática, observou não só o movimento entre os estágios no desenvolvimento dos conceitos, mas também o movimento dentro do próprio estágio, isso baseado nas transições dentro de um determinado estágio de generalizações. Explicou, ainda, que no desenvolvimento dos conceitos científicos não existe contato direto uma vez que os novos conhecimentos são mediatizados pelos conceitos anteriormente construídos. (VIGOTSKI, 2009).

Segundo Leontiev (2005 *apud* NÚNEZ, 2009) o princípio da mediação estabelece que a estrutura da atividade humana é mediada por ferramentas (físicas ou mentais) que rompem o vínculo entre estímulo e resposta tornando possível o controle do próprio comportamento e seus processos mentais. Núñez (2009) explica que Vigotski explora os conceitos de “social” e “mediação”, em sua teoria, para explicar o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, e que estes foram, posteriormente, desenvolvidos por Leontiev, tornando mais compreensível a relação ocorrida nos planos teórico e prático entre a atividade, o social e a mediação.

A mediação poderá acontecer através de recortes da realidade, operada pelos sistemas simbólicos que o indivíduo dispõe. Neste contexto, o autor considera a construção do conhecimento como um processo mediado e para tal é necessário a interação do indivíduo com o meio (compreendendo a cultura, a sociedade, as interações e as práticas) e com outros. Assim, a mediação é tida como essencial no desenvolvimento da percepção, da memória e do pensamento (CAVALCANTI, 2005; VIGOTSKI, 2002).

4.5.2 Interações no Jogo

O conteúdo expressão gênica é complexo por natureza, tanto no aspecto formal do termo quanto no paradigma que o norteia. Para ser compreendido, tal conteúdo necessita que outros conceitos sejam mobilizados como suporte, estabelecendo uma relação estreita entre as partes para que o todo seja compreendido. Sendo assim, o jogo surge no contexto como um instrumento mediador das interações entre os sujeitos e da elaboração ou re-elaboração de conceitos numa perspectiva sistêmica, ou seja, servindo de suporte para a interação entre as partes e o todo, entre o objetivo e o subjetivo. Este equilíbrio constitui a essência da complexidade.

Para tal, como já discutido nesta pesquisa, a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) proposta por Spiro (1988) mescla-se aos fundamentos que norteiam a teoria dos jogos didáticos (MARATORI, 2003; LOPES *apud* PEREIRA, 2008), as interações sociais e a mediação (VIGOTSKI, 2007), com a finalidade explícita de contribuir para a análise de como tais interações são capazes de mediar a construção de conceitos numa perspectiva sistêmica de maneira tal que os indivíduos sejam capazes de aplicar tais conhecimentos em diferentes contextos (Figura 47).

O desenvolvimento do jogo favoreceu o afloramento das lacunas conceituais dos envolvidos, dando margem a que os signos presentes levassem à discussões entre os pares capazes de mediar a consolidação do conceito de expressão gênica. Ao longo da atividade, observamos desconstruções e reconstruções quando os envolvidos, por diversas vezes, a partir das interações com os colegas, reafirmavam, reelaboravam ou mantinham sua posição diante dos conceitos e assim concluíam uma jogada. Tais desconstruções, talvez imperceptíveis até então aos sujeitos, nos apontam que as interações sociais estabelecidas entre os pares foram fundamentais na elucidação de aspectos obscuros que de outra forma teriam passado despercebidos configurando, desta maneira, a proposta como mediadora do processo de construção da aprendizagem.

Organizar os grupos de acordo com a área de pesquisa específica de seus componentes, seu grau de envolvimento com a perspectiva sistêmica e a experiência em ensino de Biologia, identificados a partir do perfil aplicado aos sujeitos (vide o Apêndice 2), seguiu a orientação da visão sócio-interacionista de Vigotski sobre a importância da colaboração entre parceiros para a aprendizagem

conceitual. Partimos do pressuposto de que as interações promovem, senão uma reconstrução, uma re-elaboração dos conhecimentos prévios do indivíduo a partir de suas relações com outros e com o meio e esta pode vir a consolidar-se a partir de um processo, denominado por Vigotski de internalização: “chamamos de internalização a reconstrução interna de uma operação externa” (VIGOTSKI, 2007, p. 56).

Ainda de acordo com o autor, a internalização passa por uma série de transformações e assim: (a) uma operação que inicialmente representa uma atividade externa é reconstruída e começa a ocorrer internamente; (b) um processo interpessoal é transformado num processo intrapessoal; e (c) a transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal é o resultado de uma longa série de eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento.

As modificações ocorridas continuam em processo por um longo período de tempo antes de internalizarem-se em definitivo. Segundo o autor, o desenvolvimento consiste num processo de aprendizagem do uso das *ferramentas intelectuais* por sujeitos mais experimentados no uso destas, sendo uma das ferramentas a *linguagem* (VIGOTSKI, 1998). Assim, o autor acredita que a interação social mais efetiva é aquela onde ocorre a resolução de um problema em conjunto e sob a orientação do participante mais apto em utilizar ferramentas intelectuais adequadas (VIGOTSKI, 2007).

Martins (1997), em seus estudos, argumenta que a interação entre os membros mais experientes e os menos experientes auxilia a resolução de problemas variados uma vez que através da orientação os pares menos aptos começam a desempenhar suas atividades e, pouco a pouco, aprendem a resolvê-las de modo independente.

Diante das inúmeras discussões entre os sujeitos durante a sequência de atividades propostas e observando suas inquietações, apontamos para a positividade na interação entre os mais experientes e menos experientes, considerando-se aqui a formação, o tempo de atuação no ensino e a área de pesquisa dos sujeitos. A análise das conversações dos grupos durante o jogo mostrou que estas são capazes de instigar, inquietar, estimular, complementar e levar os sujeitos a uma reflexão culminando, quase sempre, em esclarecimento de dúvidas e avanço da

jogada, mesmo que tal jogada não estivesse correta. Podemos perceber a importância do diálogo como mediador do processo de construção a partir da observação do trecho a seguir, mantido entre os membros do Grupo A:

P1: Na fase de síntese, o DNA é replicado. A gente já vai colocar ali. Aqui, ó!
 P4: Ah, aqui! Replicação. Peraí. No próximo a gente bota. Aqui é gene. Aqui. Vê. É definido por uma sequência... É! É gene.
 P1: Gente, vocês concordam que este é aqui?
 P4: Concordamos.
 P2: O quê?
 P1: Aqui, ó. Na fase de síntese o DNA é replicado. Ó aqui. A replicação do DNA. (apontando para a imagem na pedra do dominó).
 P4: Cadê o conector? Passa aí.
 P4: O conector. Por favor. Isso aí é replicação. Olhe. Durante a replicação pode ter uma mutação que acontece no gene que pode alterar o fenótipo.
 P2: Não. Fenótipo não. Fenótipo é meio ambiente. Genótipo.
 P4: Não, mas o genótipo não pode alterar o fenótipo, não?
 P1: Pode.
 P4: Se altera o genótipo, altera o fenótipo.
 P3: Você vai expressar, entendeu? Essa manifestação.
 P4: A manifestação, por exemplo, numa criança, não é? É porque o fenótipo...
 P2: Sim, sim, sim. É porque o fenótipo é mais uma característica externa.
 P1: Mas não tá aqui a mutação.
 P4: É não... Mas teve uma mutação no gene e alterou tipo... A mutação fez o olho dele ficar azul, o outro verde... Sei lá!
 P1: É. Pode ser.
 P2: Danou-se! Peraí. Isso aqui dá uma confusão de fenótipo – genótipo. Dá uma confusão danada.
 P4: É porque aconteceu uma mutação, aí vem a característica... Câncer, Deus me livre!
 P2: Porque fenótipo tem muito a ver com a característica ambiental. O genótipo dele pode ser de cor morena. Cor morena pode ser uma característica ambiental.
 P4: É. Mas se o genótipo dele for albino, ele não vai ser albino? Se sofrer uma mutação?
 P2: Vai, mas o fenótipo é uma expressão mais ambiental. O fenótipo tá mais ligado ao ambiente do que ao genótipo.
 P1: Aqui, ó. É definido por uma sequência especial...
 P2: O fenótipo tá mais ligado ao ambiente do que o genótipo. É!
 P4: Não, não. O fenótipo é uma manifestação do genótipo com alterações do meio, mas é o genótipo manifestado
 P1: É. É isso mesmo.
 P9: Pode ser.
 P3: É gene aí. É!
 P1: É definido por uma... É isso mesmo! Gene.
 P2: É gene. É gene mesmo. É isso aí mesmo. É a gente de novo, é?
 P1: Gene. Não. Eles estão terminando. A gente já vai botar aqui.

Percebemos que na discussão acima há uma dúvida na relação entre fenótipo e genótipo e, nesta, percebemos que os sujeitos referem-se ao fenótipo como uma característica essencialmente macro (P2), não considerando que uma célula poderá apresentar uma alteração em seu fenótipo se ocorrer uma mutação, por exemplo. A crença no fenótipo como característica macro promoveu impasse, dificultando a

jogada e a associação de um conector, mas percebemos que as discussões e colocações entre os sujeitos (P1 e P4) levam o sujeito (P2) a uma pausa e então a não rejeição do “fenótipo como resultado da expressão do genótipo com ações do meio ambiente” e talvez até, a ressignificar seus conceitos, percebendo, conseqüentemente, a relação entre estes. Isso nos chama a atenção para o fato de que “entender efetivamente como o indivíduo constroi seu conhecimento, melhora suas noções, aprimora sua argumentação e como ele se aproxima do conhecimento aceito cientificamente é importante para o avanço das pesquisas e conseqüentemente do próprio ensino das ciências” Carvalho (1992 *apud* SÁ, 2007).

Para esclarecer a dúvida sobre fenótipo salientada pelas discussões entre os membros do grupo, buscamos e encontramos em Griffiths a definição de fenótipo como: (1) a forma adotada por alguma característica (ou grupo de características) em um indivíduo específico e (2) as manifestações externas de um genótipo (GRIFFITHS, 2008).

Mais adiante, uma nova discussão envolvendo fenótipo cria novo impasse, mas esta é rapidamente resolvida, o que nos leva a crer que as argumentações da discussão anterior surtiram efeito positivo sobre os membros, uma vez que, neste segundo momento, a discussão foi breve. O diálogo pode ser acompanhado abaixo:

P1: Põe fenótipo lá (apontando para a pedra do dominó). Fenótipo na menininha.

P5: Fenótipo pode? Interação com o meio... Pode?

P4: [...] Fenótipo, sim. É o alimento, que vai determinar se ela vai crescer tudinho?

P2: Peraí, menina. Não! Danou-se!

P1: Botou fenótipo?

P5: Exatamente. A gente acha também.

P4: Põe estresse que...

P2: Não. Não!

P3: Põe estresse que vai determinar se ela vai ficar uma velha chata.

P2: Danou-se! Não!

P3: Vai não.

P1: É gente!

P4: O estresse determina se ela vai ter câncer e não sei o quê mais. Todo mundo sabia que tem estudos dizendo que está tudo relacionado. Vocês são matutos! Nunca ouviram falar disso, não?

P1: Isso. Está certo, é verdade. Todas essas questões de ambiente influenciam.

P3: [...] Faltou o conector.

P5: Patógeno, radiação... Terminou? Patógeno. Mutação? Já botou?

P3: Não.

P5: Mutação. Estresse.

Levando em consideração a descrição em Griffiths (2008), percebemos que há coerência na argumentação apresentada por P4. Chamamos a atenção para o fato de que a certeza apresentada diante do tema levou seus parceiros a repensarem, concluírem a jogada e avançarem no jogo, mas para isso foi necessário ao grupo interagir, lembrar e relacionar diversos conceitos.

Pozo (1994 *apud* COSTA & MOREIRA, 1997) nos esclarece que uma série de procedimentos e habilidades é comum a todos os problemas e, para que possamos resolvê-los, alguns pontos são essenciais: prestar atenção, recordar, relacionar elementos e elencar uma ordem para que seja possível atingir o objetivo proposto.

Considerando as interações entre os pares como mediadoras da formação de conceitos, apresentamos uma nova discussão, desta vez entre os membros do Grupo B, que chamou a atenção por se tratar de uma dúvida distinta da anteriormente descrita, mas que promove também ampla discussão entre os parceiros com consequente avanço na jogada.

- P8: À medida que o organismo envelhece sua atividade começa a diminuir.
 P7: Mas isso é relativo! Porque depende da divisão celular, porque na sua pele, no seu intestino, essas divisões são constantes.
 P8: É, mas na mesma velocidade, na mesma intensidade?
 P6: Na mesma intensidade?
 P7: Nesses locais? Eu acho que sim.
 P8: Tem a questão do crescimento, tem a questão dos muitos reparos.
 P7: Mas independente do crescimento, o nosso corpo tem áreas em que essas células são constantes, independente de você tá crescendo ou não. Depende das atividades delas.
 P8: Mas tu não achas que durante a divisão celular ela vai...
 P7: Eu acho que a atividade celular diminuiu. Quando se fala em atividade celular.
 P6: É. O ciclo celular.
 P7: Porque mitose é uma etapa do ciclo?
 P8: Eu acho que ela diminui.
 P7: É isso que eu tô dizendo. Depende do lugar.
 P8: Num contexto geral?
 P7: É. A atividade celular, como um todo, diminui. Eu acho que não só a divisão?
 P6: É. Porque eu acho que seria, celular também... Eu acho que diminui.
 P8: Pois é. Eu acho que diminui.
 P5: Por exemplo, na adolescência tem um hormônio que estimula o pirralha a crescer?
 P8: Uma atividade maior, pois é.
 P7: Mas só o fator de crescimento?
 P5: Tá.
 P8: Mas quando a gente vai fazer um balanço geral de tudo? Quando o cara tá lá quase...
 P7: A atividade celular diminuiu como tudo, como um todo...
 P6: Mas só a mitose não. É isso que ela tá dizendo.
 P8: A gente quer justificar desse jeito, se a atividade celular como um todo...

P7: Não tem nenhuma outra aí que fale não? (se referindo a outra peça do dominó)
 P6: Só tem o ciclo.
 P8: É. Só tem o ciclo.
 P6: E o ciclo celular não muda. Acontece do mesmo jeito, ou velho, ou novo.
 P7: É.
 P6: Agora, talvez a intensidade...
 P8: Eu acho que diminuiu, quer dizer, num balanço geral.
 P6: Mesmo que a renovação não conte?
 P7: A renovação é constante... Vamos usar como exemplo o intestino, o epitélio intestinal. Ele é renovado a cada setenta e duas horas porque a sua parte intestinal é muito utilizada? Principalmente o intestino delgado. Ele é utilizado mesmo. Enquanto você, na sua vida, se alimentar.
 P8: Aquilo tá se renovando, mas se você for olhar pra um organismo como um todo vai ter muitas partes que estão em atividade celular...
 P7: Certo. A atividade celular diminui, é verdade.
 P8: Então, é isso aí.
 P7: A atividade como um todo, porque a divisão celular, incluindo a mitose, diminui? É o ciclo celular. Ele é uma parte da atividade da célula, não é o todo, mas a célula não vive só de ciclo.
 P8: A gente quer justificar isso aqui assim, utilizando o ciclo (aponta para a pedra).
 P7: É, porque não encontraram (referindo-se a dupla) nenhuma outra. (referindo-se à pedra do dominó escolhida pela dupla P6 e P8).
 P8: Se o ciclo diminui... Eu acredito que diminui. É sério mesmo.
 P7: Mas deixa. Deixa (referindo-se à pedra novamente). Eu também acho que diminui, mas dependendo do lugar e dependendo da necessidade.

O diálogo mantido pelos parceiros do Grupo B relaciona-se com a justificativa colocada pela dupla (P6 e P8) para a pedra “à medida que o organismo envelhece sua atividade começa a diminuir” e, como a dupla não possuía outra pedra que justificasse melhor esta afirmação, sugerem a imagem que apresenta a mitose e tentam explicar, levando em consideração o organismo como um todo, que ao envelhecer a atividade celular vai diminuindo. Tal afirmação foi contestada por P7, que ao fazer suas colocações, deixou claro que “há regiões no organismo em que a atividade celular é essencial”, sendo, portanto, impossível que nessas regiões ocorra uma diminuição da atividade metabólica. Os sujeitos deste grupo terminam por chegar a um consenso. O trecho de diálogo a seguir é muito importante por ilustrar uma formatação cartesiano-linear, bem como o imediatismo causa-efeito favorecido pela pedra em questão. Sobre esta formatação, Mariotti (2007) comenta:

Na nossa cultura, existe um modo hegemônico de pensar que determina as práticas no dia-a-dia, tanto no plano individual quanto no social. Esse modelo é o pensamento linear-cartesiano, que, como se sabe, foi muito influenciado por um aspecto importante do pensamento de Aristóteles: a lógica do terceiro excluído. Essa lógica levou à ideia de que se B vem depois de A com alguma frequência, B é sempre o efeito e A é sempre a sua causa (causalidade simples). Na prática, essa posição gerou a crença errônea de que entre causas e efeitos existe sempre uma contigüidade ou uma proximidade muito estreita. Essa concepção é responsável pelo imediatismo, que dificulta e, muitas vezes, impede a compreensão de

fenômenos complexos [...] (MARIOTTI, 2007; p. 727).

O autor ainda nos diz que:

Por esse modelo, A só pode ser igual a A. Tudo o que não se ajustar a essa dinâmica fica excluído. É a lógica do «ou/ou», que praticamente exclui a complementaridade e a diversidade. Desde os gregos, esse modelo mental vem servindo de base para os nossos sistemas educacionais e, conseqüentemente, para as nossas práticas cotidianas (Id.; p.728).

O argumento de P7 considera o universo micro, desconsiderando que o envelhecimento atinge todas as células e seus ciclos de vida. O mesmo exemplificou seu ponto de vista a partir do epitélio intestinal e sobre a necessidade de renovação constante das células em órgãos essenciais à sobrevivência. Sobre isso, Lopes (2007) nos aponta que:

A maioria das células pode se dividir se houver necessidade, mas não o faz com frequência, uma vez que pertencem a tecidos que pouco se renovam ou não substituem suas células, mas têm capacidade considerável para proliferação regenerativa em caso de lesão. São exemplos o fígado, os rins e as fibras musculares, ficando assim, o ciclo celular interrompido em G_1 em um ponto específico chamado G_0 até que haja a necessidade da continuidade do mesmo para concretizar a substituição celular (LOPES, 2007, p. 51).

E continua:

Em tecidos onde há renovação constante das células (célula lábil), não há interrupção nas etapas do ciclo. São exemplos as células epiteliais de revestimento do intestino, que se dividem mais de duas vezes ao dia para renovar o epitélio intestinal continuamente; algumas glândulas epiteliais (glândulas holócrinas onde toda a célula desintegra para lançar seu produto de secreção); a medula óssea e a linha germinativa masculina nos testículos, caracterizando um período G_1 curto (LOPES, 2007, p. 51).

A segurança apresentada por P7 em sua colocação possivelmente motivou os sujeitos a refletirem sobre os fatos levantados e talvez os tenha levado a reorganizar o pensamento, explicitando melhor suas escolhas. Spiro (1988) propõe na sua TFC, uma metodologia para a compreensão de tópicos avançados, complexos e pouco estruturados, que complementa a mediação proposta por Vigotski (2007). Por tópicos avançados compreende aqueles conceitos que necessitam de uma gama de outros conceitos, ditos básicos formando, desta maneira, uma estrutura conceitual complexa e que o estudante precisa aprofundar para dominar o conceito que, em nosso caso, é o de expressão gênica. Considerando-se ainda as propostas de Vigotski, salientamos que as funções psíquicas já dominadas pelos sujeitos configuram a ZDR (Zona de Desenvolvimento Real) e nesta se encontram as habilidades em que os sujeitos apresentam domínio.

Voltando às discussões do grupo, apontamos o fato de que o ponto de vista apresentado pelo membro mais experiente e que configura a sua ZDR, suscitou dúvidas entre os demais participantes (devido as suas lacunas conceituais) quando debatiam se a pedra do dominó selecionada para a jogada em questão contemplava a respectiva associação. O membro mais experiente continuou a se colocar com a provável intenção de levar os parceiros a refletirem e questionarem até o ponto onde a argumentação apresentada seria pertinente à resolução do problema. A expectativa seria a de que, após citados os exemplos a pedra fosse revista e que se procurasse por outra, por esta não ter contemplado a afirmativa apresentada. O diálogo anteriormente descrito é um exemplo claro de um processo de mediação, ou seja, o membro mais experiente foi mediador, instigando os demais participantes a reestruturarem suas ideias em busca de uma solução mais adequada para o problema. As discussões continuam e um novo trecho pode ser a seguir acompanhado:

P7: Porque veja, os seus neurônios independentemente de você estar envelhecendo ou não, quando você atinge uma quantidade em número suficiente para trabalhar, ele não vai se reproduzir nunca mais, essa divisão celular não vai acontecer nunca mais e você não está envelhecendo e ela (referindo-se à divisão celular) parou, não diminuiu, ela cessou completamente. Ela passa eternamente o ciclo na fase G₁, então, depois eles (referindo-se aos neurônios) vão morrendo. Essa divisão celular deixa de acontecer para sempre, independente de você ter vinte anos, trinta anos, quarenta anos. Atingiu a quantidade em número suficiente para sua atividade cerebral, ele (o neurônio) não se duplica mais.

P8: É, mas quando se faz um balanço disso aqui novamente (referindo-se à pedra do dominó), da pessoa aqui, sua função cerebral, da questão do investimento, se a gente for fazer esse balanço de novo, a atividade diminuiu.

P6: Pronto! Chegou com a mesma história de novo! (risos).

P7: Não, mas deixa, deixa (referindo-se à pedra do dominó). Bota agora o seu conector.

Percebemos que o impasse continuou e embora P7 afirme que a atividade celular não diminui em determinados órgãos, P8 continua a relacionar as afirmativas de P7 com uma diminuição da atividade da célula, levando em consideração o organismo como um todo. Este trecho do diálogo tem relação direta com a diferenciação celular e, portanto, devemos salientar que, segundo Harper (2006), o genótipo de todas as células somáticas apresenta o mesmo potencial e que o processo de diferenciação celular é que vai determinar a função de cada célula no organismo. O autor afirma ainda, que a parada em G₁ pelo neurônio ao qual P7 se refere, ao atingir um determinado número de cópias, de um modo geral, é uma indicação de que a

atividade celular diminuiu. Sendo assim, levantamos uma dupla possibilidade de reafirmação de conceitos, visto que nem P7 e nem P8 estão incorretos, já que a diminuição da proliferação é devida à redução da atividade celular por contextos diferentes e necessidades do organismo. Sobre esta redução, Lopes (2007) afirma que:

Quando as células estão proliferando, podem parar de crescer – uma hipótese é a privação de nutrientes, como os aminoácidos – mas continuam o ciclo até atingir a fase G_1 . É neste ponto do ciclo celular que permanecem em um estado de não crescimento denominado estado de repouso G_0 (G zero), que é distinto de qualquer outro no ciclo onde as células estão em proliferação (LOPES, 2007, p.51).

Partindo desta colocação, consideramos que a redução da proliferação celular não quer dizer que a célula encerrou seu ciclo e, conseqüentemente, sua atividade, mas sim, que a mesma passou a sofrer controle químico, por exemplo, para que não prejudique o desempenho de outras células em determinado tecido ou órgão. Se levarmos em conta que a célula continua “exercendo as funções esperadas”, mas se encontra em repouso (G_0), podemos apontar certamente para uma diminuição em sua atividade, sendo assim, tanto P7 como P8 apresentam-se coerentes em suas colocações sendo, portanto, indício de pensamento sistêmico, ou seja, por caminhos diferentes se chega ao mesmo fim numa confirmação de que um conceito é muito mais abrangente do que a princípio o percebemos.

As discussões nos apontaram a presença de lacunas conceituais entre os sujeitos, uma vez que suscitaram diversas dúvidas em relação à imagem (pedra do dominó) a ser utilizada na associação, mas também levaram o membro mais apto desse grupo a refletir sobre a redução da atividade celular em um contexto generalizado e, embora o mesmo não concordasse com todos os ângulos apresentados devido às suas concepções, termina por aceitar, por imposição, a solução apresentada por P8, mas com ressalvas, por não considerar a imagem adequada à solução da jogada. O diálogo mantido aponta novamente para as interações como mediadoras da construção de conceitos, pressuposto da TFC. Para reforçar sua importância, apresentamos abaixo um trecho onde os envolvidos percebem e indicam a “ajuda” dos parceiros para o desenvolvimento da atividade:

P3: [...] Ele enche de conector (referindo-se ao sujeito P5)... É porque está tudo relacionado, não é?

P5: (afirma positivamente com a cabeça).

P4: Está certo.

P1: [...] Qualquer alteração... Tem aqui: sua organização é dinâmica, pois se altera de acordo com a fase do ciclo celular... Sua organização é dinâmica...

P3: [...] É cromatina. Tem divisão celular aqui? Deixa-me ver.

P2: Tem. Isso aqui está parecendo ser divisão. Está parecendo. Sei não. Estou achando por causa disso aqui (apontando para a imagem da pedra do dominó).

P1: [...] Organização e dinâmica se alteram de acordo com a fase do ciclo e com o grau de atividades.

P2: Que danado é isso?

P4: [...] proteína. É proteína!

P3: Proteína, aqui... Cromossomo...

P4: Peraí. Não. DNA. É cromatina!

P3: Principal componente da cromatina e dos cromossomos...

P2: Sua organização é dinâmica e se altera de acordo com a fase do ciclo celular...

P5: Vejam se combina.

P1: Aqui, ó. Esse aqui é? É o principal componente da cromatina e dos cromossomos.

P2: Isso aqui é um cromossomo, não é isso? Peraí. Sua organização é dinâmica e se altera de acordo com a fase do ciclo celular.

P4: Eu acho que isso aí é cromatina. É a cromatina que a gente estava tentando colocar aí. É.

P2: Ela está naquele processo de divisão celular e com o grau... (e volta a ler a pedra) Sua organização é dinâmica, pois se altera de acordo com a fase do ciclo celular. Tem cromossomo aí?

P4: Não.

P5: Mas vocês podem usar um negócio desse aqui? Não pode? (referindo-se ao conector coringa).

P1: Mas tu vai usar isso pra quê?

P5: Pra escrever. A gente não pode usar isso a qualquer momento?

P1: Pode.

P4: Olha a cromatina...

P2: Acho que é cromatina. Material parcialmente condensado composto por uma associação entre DNA e proteína... Eu botaria esse aqui. Isso não vai se alterando de acordo com a fase do ciclo celular? É ou não?

P4: É. Cromatina.

P1: É. Isso mesmo.

P2: Olha, eu estou achando que é. Não sei não, viu? Isso aqui está parecendo mais sabe o quê?

P3: É porque é G₁ e G₂.

P4: De qualquer forma, isso é cromatina (e aponta para a descrição contida na pedra do dominó). Ali também fala (e aponta novamente).

P1: É. Coloca.

P2: Só que eu nunca vi imagem de divisão assim tão... Eu só estou achando por causa dessa aqui tão no meiozinho. Aqueles empareamentos (aponta para a imagem). Eu não tenho certeza não, viu? Mas está parecendo.

P4: Cadê o conector?

P3: Eu estava procurando para cromatina, mas não achei.

P5: Intérfase.

P2: Não, mas aqui não é aquela que tem aquele empareamento? Não é prófase, anáfase, metáfase, telófase? Não é o ciclo todo não? Porque aqui não tem aquela fase que eles ficam empareados todinhos, assim, que forma a placa equatorial? Isso não é na intérfase não.

P4: Ah, é!

P3: É não. Eu acho melhor nem colocar intérfase. Era bom colocar...

P5: Então, não é o ciclo celular, não.

P2: Não. Mas o ciclo celular não é mitose não.

P4: Mas a mitose faz parte do ciclo celular.

P2: Mitose faz parte? (fala dando ênfase à palavra *faz*)
 P4: Então deixa aí. Que é que tem. Acho interessante. Bota DNA porque DNA junta tudo.
 P5: DNA, mitose, meiose...
 P2: Eu não botaria só a intérfase não, porque a intérfase é só...
 P5: Não, bota mais.
 P1: Aí a gente coloca que conector ali?
 P2: Onde?
 P1: Ali (e aponta para a pedra da associação anterior que ainda estava sem conector).
 P4: É cromatina ali.
 P2: A gente não está jogando em dupla não, a gente está jogando todo mundo junto (risos).
 P1: Eu acho que a ideia é essa. É a gente jogar se ajudando.
 P3: E não competindo. O negócio aqui é tão sério que se o outro não ajudar, tem uma hora em que me dá um sono e eu começo a fechar os olhos...

A discussão está relacionada com a pedra onde se lê: *“sua organização é dinâmica, pois se altera de acordo com a fase do ciclo celular”*. A princípio, a pedra é relacionada com o conceito *“cromatina”*, mas, assim que o sujeito P3 pergunta se há alguma imagem do ciclo celular, P2 seleciona uma pedra que apresenta diferentes proteínas e que, pela disposição das mesmas, leva-o a relacioná-las com o ciclo celular. Embora P4 afirme, a princípio, que a imagem é uma proteína, acaba voltando atrás e passa a relacioná-la também com o ciclo celular, uma vez que P2 esclarece as diferentes fases do mesmo na pedra selecionada para a respectiva associação, chamando a atenção de todo o grupo. Por fim, todos juntos buscam conectores para finalizar a jogada.

Podemos apontar outra vez para as lacunas conceituais dos sujeitos percebidas através das dúvidas levantadas. Neste caso, as interações mediaram um consenso para que a jogada fosse concluída, porém e provavelmente devido às lacunas existentes, a associação foi incorreta. Salientamos ainda, que ao final das discussões, os sujeitos do grupo, devido talvez a sua experiência em ensino ou ao conhecimento sobre a aprendizagem de seus educandos, salientam a importância das ações em conjunto, uma vez que o alto nível de complexidade do jogo, salientado por P3, não possibilitaria a conquista do objetivo se não houvesse a contribuição de outros.

A afirmativa de que a interação é mediadora foi também abordada pelo Grupo B e podemos observar o fato no breve diálogo entre seus membros a seguir:

P8: A gente cometeu um erro aqui. A gente começou assim: separou as coisas e ficou só nas duplas, sem discussão e no final, quando as coisas não andavam mais, foi que a gente começou a interagir... Faltou mais interação. Talvez se a gente tivesse começado no início, com essa interação...

P7: É. Pode ser.

P8: [...] Se eu fosse jogar de novo, eu iria assim. Eu iria dar essa sugestão: que colocasse as pedras pra todo mundo interagir com todo mundo. Começar a interagir bem.

P6: [...] Eu acho que isso fragmenta (referindo-se ao fato de não terem interagido bem desde o início do jogo).

P7: Fica pior ainda a coisa (concordando com a questão de fragmentação por falta de interação).

Nas discussões anteriormente descritas, uma vez que os membros dos grupos apontaram a necessidade de interagir em conjunto, um processo com grande riqueza devido à mediação e, conseqüentemente, o alcance do objetivo, podemos inferir, então, que a interação entre os pares apresenta-se como facilitadora do entendimento e da resolução do problema. Assim, consideramos que as atividades em grupo, propostas por diversas vezes nas salas de aula, são essenciais ao desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, pois os leva a discussões, a interações entre aqueles mais ou menos aptos, favorecendo, através das diversas discussões, a construção, reconstrução ou re-elaboração de conceitos, uma vez que a interação estará mediando a formação de conceitos em nossos estudantes.

Fundamentando-se nos preceitos da visão sócio-interacionista de Vigotski (2007) e na proposta da flexibilidade cognitiva de Spiro (1988), três hipóteses foram levantadas em relação à atuação dos sujeitos participantes desta pesquisa. As hipóteses para a análise da importância das interações no processo de mediação da formação de conceitos entre os participantes podem ser melhor compreendidas através da Figura 47.

Para a primeira hipótese, esperava-se que os membros mais experientes (mais aptos) de cada grupo conduzissem situações, levantassem questões, problematizassem situações, enfim possibilitassem aos demais parceiros oportunidades para analisar e refletir sobre os fatos.

Na segunda hipótese, esperava-se que os demais membros dos grupos fossem capazes de refutar, debater e propor suas considerações e observações, levando o grupo a uma análise mais profunda do problema, uma vez que os mesmos também apresentam experiência com o ensino da Biologia e com a visão sistêmica ou

complexa em diferentes graus de maturidade. Assim, as discussões seriam enriquecidas a ponto de levar até mesmo o membro mais apto a repensar suas colocações, buscando fundamentá-las de uma forma mais clara e precisa ou mesmo refletir e interiorizar, reformulando seus próprios conceitos.

Figura 47. Resultados esperados a partir das hipóteses levantadas



A terceira hipótese se referia a própria atuação dos grupos. Para estes, esperava-se que, tanto o Grupo A quanto o B, contemplassem o objetivo do jogo (vide Apêndice A), mesmo que por percursos distintos, provocados pela mediação durante as interações estabelecidas entre os pares, uma vez que estas seriam capazes de mediar a mobilização de diversos conceitos, necessários ao avanço da partida, ou seja, esperava-se que o processo interpessoal fosse capaz de provocar situações que mobilizassem uma transformação interior, um processo intrapessoal capaz de inquietar os sujeitos levando-os à resolução de problemas, relacionando fatos e assim, atingindo o objetivo proposto.

Após a análise dos dados, percebemos que as três hipóteses foram contempladas. As interações promoveram movimento, pensamento, reflexão, estabelecimento de relações (TFC); a posição do par mais apto foi evidenciada de maneira natural; os demais membros se colocaram assumindo papel essencial ao debate (interação) capaz de mediar transformações como papel facilitador para a flexibilidade cognitiva necessária ao avanço do grupo e, conseqüentemente, à finalização do jogo. Estas transformações foram observadas e apresentadas através dos diálogos descritos e o objetivo da pesquisa verdadeiramente contemplado.

Enquanto envolvida no processo da pesquisa da articulação entre a formação de professores e a formação de conceitos, apontamos para a relação íntima entre estas áreas de pesquisa, uma vez que pareceu-nos clara a necessidade do domínio do conteúdo para que explicações ou elucidações pertinentes possam ser fornecidas aos estudantes. Nessa perspectiva, parece-nos necessário que o professor coloque-se como mediador do processo de aprendizagem e construa planejamentos capazes de articular a reflexão-ação através de propostas ricas em instrumentos e signos e mediadoras da consolidação de conceitos que possam vir a promover a resolução de problemas em diferentes contextos.

Para finalizar, salientamos a importância da linguagem como instrumento essencial à aprendizagem, através da qual as interações se concretizam a partir dos diferentes diálogos estabelecidos e assim, recorremos outra vez a Vigotski (2006; p. 16) quando este nos diz que “a linguagem é também ela condicionadora dos processos de ensino-aprendizagem e determinante por tal fato do próprio desenvolvimento humano”.

Assim, ao analisarmos os dados construídos por esta proposta, apontamos para a positividade de uma sequência didática dialógica, interativa, portanto, mediadora da aprendizagem, articulada ao planejamento e com a participação efetiva dos sujeitos em seu próprio processo de construção do conhecimento.

CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Biologia é uma área que estuda a vida, portanto, viva, em movimento contínuo. Sendo assim, podemos inferir que, enquanto um professor lida com a aprendizagem de inúmeros conceitos desta área, estes fenômenos encontram-se em pleno desenvolvimento no organismo de cada um. Neste contexto, percebemos que os conceitos abordados na Biologia são essencialmente abstratos e para compreendê-los é necessário grande esforço por parte dos estudantes. No entanto, abstrair tem se tornado grande obstáculo à aprendizagem e assim, proporcionado grandes insucessos nos processos de aprendizagem nesta área do conhecimento. Pesquisar formas de superar esses obstáculos é o que buscamos neste estudo.

A partir da análise dos dados foi possível perceber que muitos dos obstáculos às aprendizagens dos professores, se devem a lacunas conceituais. Estas se formam, possivelmente, devido ao modo como os conceitos foram abordados durante seu estudo e se consolidaram na mente dos professores quando ainda estudantes. Tais lacunas, por sua vez, dificultam a mobilização e articulação dos novos conceitos, especialmente quando estes são necessários à resolução de problemas (SÁ, 2007).

A forma usual de ensino está voltada à compreensão de cada conteúdo, separadamente, com o pressuposto de que ao compreender cada parte o estudante estará apto a compreender o todo. No entanto, não é assim que funciona. É fundamental que não se perca a visão da totalidade, durante o processo. Assim, após um trabalho entre as “partes”, é necessário se potencializar a compreensão do “todo”, articulando suas “partes” e preocupando-se em promover situações que estimulem a articulação entre estes conteúdos.

Para compreender a importância das partes no todo, poderemos utilizar as analogias, defendidas por Spiro *et al.* (1988, 1989), e pensarmos, por exemplo, que tijolos, pequenos fragmentos, podem se tornar grandes estruturas se unidos à areia, cimento e água, assumindo uma função concreta, muito maior e profunda: um abrigo talvez e, com este, todo o contexto que acompanha tal função.

Apresentar problemas complexos (casos e mini-casos) se constitui uma excelente proposta para contextualizar conteúdos e praticar sua aplicação, compreendendo

também sua importância. Ao se analisar os dados, ao longo desta pesquisa, foi possível perceber a importância de uma sequência didática problematizadora. A contextualização e a problematização podem ser ferramentas importantes a serem utilizadas e, para isto, o professor precisa aprender a manejá-las adequadamente para atingir os fins pretendidos.

Compreender conceitos considerando os universos micro e macroscópicos é essencialmente difícil para aqueles que compreendem o micro como os fenômenos microscópicos que ocorrem no interior do organismo e, os eventos macro, como os que ocorrem externamente a este. Muitos impasses foram observados durante o estabelecimento da interação micro-macro a nível celular (da transcrição do gene até a expressão fenotípica), mas certamente favoreceu a reflexão e a relatividade desta relação.

Em nossa proposta, fundamentada na Teoria Histórico-Cultural (VIGOTSKI, 2007; 2009) articulada à Teoria da Flexibilidade Cognitiva (SPIRO *et al.*, 1988; 1989) para a formação de conceitos sistêmicos e flexivelmente aplicáveis, apresentamos apenas um mini-caso para cada caso, visando levar os sujeitos a sucessivas desconstruções dos conceitos já apreendidos de forma que ao reconstruí-los, ocorresse a consolidação do conceito de expressão gênica. As desconstruções foram possibilitadas pelas interações entre os pares, que estimulados pelos signos disponibilizados nas peças do jogo, debateram, discutiram e assim, reformularam suas concepções prévias.

Salientamos a importância do jogo como “ponte” para a construção cognitiva. O jogo foi visto durante muito tempo como um passatempo, uma maneira de “gastar” a energia dos estudantes, ocupá-los integralmente e é aí que se encontra a força deste objeto: o jogo é interativo por natureza e esta força deve ser canalizada para um objeto nobre: o aprender. Em outras palavras, planejar e agregar o jogo ao planejamento, articulando-os de tal maneira que a proposta se transforme em lúdico-pedagógica e assim, seja capaz de levar os estudantes a refletirem sobre o contexto. Este planejamento será ainda mais rico se o jogo for construído pelo próprio professor, considerando-se o pedagógico (teorias) que fundamentam o objetivo que se quer atingir e inserindo o específico (conteúdos), promovendo situações que estimulem a cognição. O jogo, portanto, não é responsável na

formação de conceitos, mas apresenta um importante papel na mediação da consolidação destes.

Apontamos para a importância de uma contínua articulação entre a formação pedagógica do professor e a sua formação específica, uma vez que dominar aquele conteúdo que se vai ensinar é ponto-chave para a realização de um planejamento articulado, capaz de contribuir para a formação de uma visão interacionista, de relações, sistêmica e que após a internalização e consolidação dos conceitos em estudo possam ser úteis à vida, não apenas à escola.

Resta-nos, portanto, salientar a riqueza da proposta ora apresentada e a importância de possibilitar situações de ensino que promovam as interações signo-sujeito e sujeito-sujeito para a construção do conhecimento, de modo que este faça sentido para aquele que aprende, sendo, conseqüentemente, útil em outras situações.

Pensar em situações de ensino nos instiga a refletir sobre as salas de aula e os processos de ensino de conceitos de domínios complexos e pouco-estruturados (SPIRO *et al.*,1988) e ainda, na abordagem destes para que lacunas tenham se constituído. Chamamos nossa própria atenção para a seguinte questão: como estão pautados os planejamentos dos professores de Biologia do ensino médio? Como está fundamentado o planejamento dos formadores destes professores nos cursos de graduação?

Refletir sobre tal situação aponta outra vez para o ensino fragmentado, linear, desarticulado e nos leva a acreditar que uma grande virada nesta situação seria a construção de um pensamento aberto, abrangente, de conexões, “o pensamento do abraço” (MARIOTTI, 2010). Tal pensamento não é um momento, não é ensinado. É um modo de vida. Equilibrar tais perspectivas, dosando-as através de um planejamento articulado à complexidade, como as sugeridas pela TFC, por exemplo, será capaz de consolidar a aprendizagem de um determinado conceito de tal modo que as lacunas conceituais possam ser minimizadas até a sua completa extinção.

Estas análises nos levam a apontar para nós mesmos e perguntar: o que estamos aprendendo? Estamos verdadeiramente aprendendo? O que e como estamos ensinando em nossas salas de aula?

Construir uma visão sistêmica não é fácil, principalmente se não há conceitos formados. Tão certo quanto o ensino fragmentado é a necessidade de mostrar aos nossos estudantes o porquê e como as coisas acontecem. Se abordarmos linearmente um conteúdo e não apresentarmos problemas que instiguem o estabelecimento de relações, lacunas estarão se formando e se consolidando, levando-nos a não compreender o conceito e, conseqüentemente, a não sermos capazes de ensiná-los. Como compreender a essencialidade das funções orgânicas se não conseguimos interligá-las a ponto de conseguir explicar como o organismo vivo se mantém em equilíbrio? Como acontece a interação entre o eu e o ambiente?

Nossas abordagens precisam ser repensadas, estudadas, articuladas e (re) planejadas. Isto só poderá ser alcançado se nós, educadores, nos mantivermos em constante formação, em constante interação com outros e com o meio de forma que estes sejam mediadores da nossa aprendizagem contínua. Embora graduados, licenciados, especialistas ou mestres, nunca seremos capazes de aprender tudo, dominar tudo, pois o conhecimento é infinito. Precisamos estar sempre em busca de novas oportunidades, novas propostas, novas situações que nos instiguem a pensar o mesmo conceito sob diferentes focos, afinal, não há uma única solução possível para um problema. Há diferentes formas de abordagem, mas, o conceito empregado será sempre o mesmo.

Enfim, se compreendermos a riqueza das relações, se passarmos a pensar o conjunto no lugar da unidade, se equilibrarmos a ordem e a desordem, o objetivo e o subjetivo, estaremos construindo uma aprendizagem significativa e formando verdadeiros conceitos, não permitindo a instalação de lacunas conceituais. Se aprendermos verdadeiramente, se conseguirmos contextualizar com situações reais, seremos capazes de aplicar tal aprendizagem em situações cotidianas, flexibilizando quando necessário e resolvendo os diferentes impasses que se apresentam. Este é, portanto, o verdadeiro sentido da perspectiva sistêmica da formação de conceitos.

5.1 Conclusões

- A construção e manipulação do *Dominando a Expressão Gênica* foi essencial à formação da pesquisadora, uma vez que o mesmo demonstrou ser um excelente

instrumento para diagnóstico e articulação entre a “teoria e a prática”, e, portanto, um mediador da aprendizagem.

- As interações intra-grupais permitiram o reconhecimento de lacunas conceituais, sugerindo uma aprendizagem fragmentada, fruto de planejamentos cartesianos que dificultam as inter-relações dos conceitos intra e inter-Biologia e, conseqüentemente, uma visão sistêmica dos fenômenos.
- As argumentações entre os sujeitos indicaram um princípio desconstrutivo, sugerido pelas dúvidas levantadas durante as discussões de determinados eventos. A partir daí percebemos um possível caminho para a minimização ou completa extinção das lacunas, subdividindo a proposta numa sequência didática per e pós-sistematização.
- O jogo, se articulado ao planejamento didático do professor, pode se tornar um importante instrumento para a desconstrução, reconstrução e consolidação do conceito de expressão gênica, de maneira a permitir a resolução de diferentes problemas a partir do mesmo.
- Recomendamos a utilização de diferentes mini-casos, para cada caso abordado, uma vez mini-casos diferentes, mas de mesmo contexto provavelmente levarão os estudantes a perceber a recorrência na aplicação e articulação dos conceitos.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **Biologia Molecular da Célula**, 7 ed. Garland Scient Edit. 2009.

AMENDOLA, L. C. B.; VIEIRA, R. A contribuição dos genes BRCA na predisposição hereditária ao câncer de mama. **Revista Brasileira de Cancerologia** 2005; 51(4): 325-330.

BARBOSA, C. R.; ANDREAZZI, M. A. Intolerância à lactose e suas consequências no metabolismo de cálcio. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 1, p. 81-86, janeiro/abril de 2011.

BAYNES, J. W.; DOMINICZAK, M. H. **Bioquímica médica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 716 p.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB), Departamento de Políticas de Ensino Médio. **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional do Câncer. INCA. **O que é o câncer?** MS, 2001. Disponível em: http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=322>

BROWN, T. A. Genética um enfoque molecular. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 3 ed. 1999. 336p.

BRITO, A. M. M. **Representações sociais, crenças e comportamentos de saúde: um estudo comparativo entre homens e mulheres**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

CAMPOS, L. M. L.; BARTOLO, T. M.; FELÍCIO, A. K. C. **A produção de jogos didáticos para o ensino da Biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem**. UNESP – Instituto de Biociências, 2002. Disponível em: <<http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>>

CAPRA, F. **A Teia da Vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução Newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix, 2006. 256 p.

CAPRA, F. **As Conexões Ocultas: ciência para uma vida sustentável**. Tradução: Marcelo Brandão Cipolla. São Paulo: Cultrix, 2005. 296 p.

CAPRA, F. **O ponto de mutação:** a ciência, a sociedade e a cultura emergente. Tradução de Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 2006. 445 p.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; SÁ, R. G. B.; JÓFILI, Z. M. S. **Formação do pensamento científico no ensino de ciências:** a Biologia e suas interfaces como ponto de reflexão. IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade; Laranjeiras- SE; 2010.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. A., MAYER, M., NOGUEIRA, R. A. Ensinando Biologia numa perspectiva de complexidade. In: JÓFILI, Z. e ALMEIDA, A. V. (org.) **Ensino de Biologia, meio ambiente e cidadania:** olhares que se cruzam. Recife: UFRPE, Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia/Regional 5, 2009. p. 197-206.

CARVALHO, A. A. A. A representação do conhecimento segundo a Teoria da Flexibilidade Cognitiva. **Revista Portuguesa de Educação**, 2000, 13(1), p. 169-184.

CARVALHO, A. A. A. Promover a flexibilidade cognitiva em níveis elevados do conhecimento. **Revista da FAGED**, nº 06, 2002, p. 25-46.

CARVALHO, A. A. A.; PINTO, C.; PEREIRA, V. **Promover a flexibilidade cognitiva através da desconstrução e da reflexão.** Conferência eLES – eLearning no Ensino Superior. Universidade de Aveiro (eds), 2004.

CAVALCANTI, L. S. Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: uma contribuição de Vygotsky ao ensino da geografia. **Cad. Cedes, Campinas**, v. 25, n. 66, p.185–207, maio/ago. 2005.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Tradução de Raul Fiker: 1ed. São Paulo: Brasiliense, 1993. 224 p.

CHAMPE, P. C., HARVEY, R. A. FERRIER, D. R. Bioquímica Ilustrada. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 528 p.

COSTA, S. S. C & MOREIRA, M. A. Resolução de problemas IV: estratégias para resolução de problemas. **Investigação em Ensino das Ciências**. V2(3), p. 153-154. 1997.

COSTAS, F. A. T.; FERREIRA, L. S. Sentido, significado e mediação em Vygotsky: implicações para a constituição do processo de leitura. **Revista Ibero-Americana de Educación**, n.º 55 (2011), p. 205-223.

CRUZ, R. M.; OLIVEIRA, S. B. Análise *Genética* de problemas craniofaciais-revisão de literatura e diretrizes para investigações clínico-laboratoriais (parte 2). **Revista Dental Press Ortodon Ortop Facial**. Maringá, v. 12, n. 5, p. 141-150, set./out., 2007

DARWIN, C. **A origem das espécies.** Tradução de John Green. São Paulo, SP: Editora Martin Claret, 1 reimpressão, 2009. 547p.

DAVIS, C.; SILVA, M. A. S. S; ESPÓSITO, Y. Papel e valor das interações sociais em sala de aula. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo (71), p. 49-54. Novembro de 1989. Disponível em:
<<http://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/cp/arquivos/812.pdf>.>

DI NUZZO e FONSECA, 2004, D. V. P.; Fonseca S. F. Anemia falciforme e infecções. **J Pediatr (Rio J)**. 2004;80:347-54.

DUGI, K. The incidence of diabetes is on the rise, in both the developed and developing worlds. **Science in School**, Issue 1; Spring: 2006. Disponível em: <www.scienceinschool.org>

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

FELTOVICH, P.; SPIRO, R. & COULSON, R. The nature of conceptual understanding in biomedecine: the deep structure of complex ideas and the development of misconceptions. In D. Evans e V. Patel (Eds.) **The Cognitive Sciences in Medicine**. Cambridge, MA: MIT Press, 1989; p. 113-172.

GOMES *et al.*, Stress ocupacional no ensino: um estudo com professores do 3º ciclo e ensino secundário. **Psicologia & Sociedade**; 22 (3): 587-597, 2010.

GRIFFITHS, A. J. F.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C; GELBART, W. M.; SUZUKI, D. T.; MILLER, J. H. **Introdução à genetic**, 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2008. 726 p.

GROSS, J. L.; SILVEIRO, S. P.; CAMARGO, J. L.; REICHELT, A. J.; AZEVEDO, M. J. Diabetes melito: diagnóstico, classificação e avaliação do controle glicêmico. **Arq Bras Endocrinol Metab**; vol 46; nº 1. Fev, 2002.

HOSHINO, A.; YEE, C. J.; CAMPBELL, M.; WOLTJER, R. L.; TOWNSEND, R. L.; MEER, R. V. D.; SHYR, Y.; HOLT, J. T.; MOSES, H. L.; JENSEN, R. A. **Effects of BRCA 1 transgene expression on murine mammary gland development and mutagen-induced mammary neoplasia**. 2007; 3(5):281-291. Disponível em: <www.biolsci.org.>

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

JUNQUEIRA, L. C. & CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**, 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. São Paulo: Ed. Cortez, 1996.

LEONTIEV, A.; LURIA, A. R.; VIGOTSKI, L. S. **Psicologia e Pedagogia: bases psicológicas da aprendizagem e do desenvolvimento**. Tradução de Rubens Frias. São Paulo: Centauro, 2009.

LOPES, F. M. B. **Ciclo celular: estudando a formação de conceitos no ensino médio**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. UFRPE, 2007.

MARASCHIN, J. F.; MURUSSI, N.; WITTER, V.; SILVEIRO, S. P. Classificação do diabete melito. Atualização Clínica: Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arq Bras Cardiol** 2010; 95(2): e40-e47.

MARATORI, P. B. **Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem?** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2003.

MARIOTTI, H. **As paixões do ego: complexidade, política e solidariedade**, 1 ed. São Paulo: Palas Athena, 2000. 356 p.

MARIOTTI, H. **Os Cinco Saberes do Pensamento Complexo**.(2000).Disponível em: <<http://www.comitepaz.org.br/download/OS%20CINCO%20SABERES%20DO%20PENSAMENTO%20COMPLEXO.pdf>>

MARIOTTI, H. Complexidade e Pensamento Complexo: breve introdução e desafios actuais. **Rev Port Clin Geral** 2007; (V) 23; p. 727 a 731

MARIOTTI, H. **As paixões do ego: complexidade, política e solidariedade**, 3 ed. São Paulo: Palas Athena, 2008. 356 p.

MARIOTTI, H. **Pensamento complexo: suas aplicações à liderança, à aprendizagem e ao desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Atlas, 2010.

MARIOTTI, H. **Pensando diferente: para lidar com a complexidade, a incerteza e a ilusão**. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, J. C. **VIGOTSKI e o papel das interações sociais na sala de aula: reconhecer e desvendar o mundo**. Série Idéias n. 28. São Paulo: FDE, 1997; p. 111-112. Disponível em: www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_28_p111-122_c.pdf

MATTAR, R.; MAZZO, D. F. C. Intolerância à lactose: mudança de paradigmas com a Biologia molecular. **Rev Assoc Med Bras** 2010; 56(2): 230-236.

MAYER, Margareth ; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. ; JÓFILI, Z. . Os descompassos entre os PCN's e a formação de professores de Biologia. In: I Simposio Latino-Americano da International Organization for Science and Technology Education (IOSTE), 2000, São Paulo. Coletânea I IOSTE. São Paulo : Editora Universidade de São Paulo, 2000. p. 43-47.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Tradução de Ivo Martinazzo. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107p.

MAYR, E. **Uma ampla discussão: Charles Darwin e a gênese do moderno pensamento evolucionário**. Tradução: Antonio Carlos Bandouk. Ribeirão Preto, SP: FUNPEC Editora, 2006. 195p.

MENDONÇA, A. A. **Genética, mídia e cidadania: vídeos na formação de conceitos**. Relatório Final. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – FACEPE. Universidade de Pernambuco – UPE; agosto de 2010.

MENEZES, E. T.; SANTOS, T. H. Contextualização (verbete). **Dicionário Interativo da Educação Brasileira** - EducaBrasil. São Paulo: Midiamix Editora, 2002, <http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp?id=55>.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UNB, 2006.

MORIN, E. **O Método II: a vida da vida**. Porto Alegre: Sulina: 2001.

MORTMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**. V1(1), p.20-39, 1996.

MURRAY, R. *et al.*, **HARPER**: Bioquímica ilustrada. 27 ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2009. 692p.

MYNAYO, M. C. S.; HARTZ, Z. M. A.; BUSS, P. M. Qualidade de vida e saúde: um debate necessário. **Ciência & Saúde Coletiva**, 5(1):7-18, 2000.

NÚÑEZ, Isauro B. Formação de conceitos segundo a teoria de assimilação de Galperin. **Cad. Pesq.** nº 105, Nov. 1998; p. 92-109.

NÚÑEZ, Isauro B. **Vigotski, Leontiev, Galperin**: Formação de conceitos e princípios didáticos. Brasília: Liber Livro, 2009.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA, M. J.; GALUCH, M. T. B. Mediação pedagógica e a formação de conceitos científicos sobre hereditariedade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol 10, Nº 1, 2011; p. 109-132.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 6, Nº 2, 2007; p. 299-309.

PEREIRA, A. F. **Diagnóstico inicial das dificuldades de articulação e sobreposição de conceitos básicos da Genética utilizando jogos didáticos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 2008.

PFUTZENREUTER, E. P. Jogo como elemento mediador no processo de construção do conhecimento no espaço universitário. **Jogos eletrônicos e educação**. UNICAMP, 2008. Disponível em:
<http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/seminario4/trab/epp_rcmts.pdf>

REGO, T. C. **VIGOTSKI**: Uma Perspectiva Histórico-Cultural da Educação. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 2003.

SÁ JÚNIOR, L. S. M. Desconstruindo a definição de saúde. **Jornal do Conselho Federal de Medicina (CFM)**. Jul-Set, 2004.

SÁ, R. G. B. **Um estudo sobre a evolução conceitual de respiração**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) 2007; 168 p.

SANTOS, B. V. S. **Um discurso sobre as ciências**. 6ª Ed. São Paulo: Cortez, 2009.

SEGRE, M.; FERRAZ, F. C. O conceito de saúde. **Revista de Saúde Pública**. São Paulo, SP: vol. 31, nº 5; outubro, 1997; p. 538-542.

SEMZEZEM, C.; OLIVEIRA, A. V. Associação dos antígenos leucocitários humanos com o Diabetes Mellitus tipo 1. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 2, n. 2, p. 233 -239, maio./agosto de 2009.

SESTERHEIM, P.; SAITOVITCH, D.; STAUB, H. L. Diabetes mellitus tipo 1: multifatores que conferem suscetibilidade à patogenia autoimune. **Scientia Medica**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 212-217, outubro/dezembro de 2007.

SILVA, M. E. R.; MORY, D.; DAVINI, E. Marcadores genéticos e auto-ímmunes do diabetes melito tipo 1: da teoria para a prática. **Arq Bras Endocrinol Metab.** 2008; 52/2.

SPIRO, R. *et al.*, Knowledge acquisition for application: cognitive flexibility and transfer in complex content domains. In B.C. Britton e S. M. Glynn (Eds.). **Executive control in processes in reading**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1988; p. 177-199.

SPIRO, R.; COULSON, R.L.; FELTOVICH, P.J.; ANDERSON, D.K. **Cognitive Flexibility Theory: Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains**. In Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988; p. 375-383.

SPIRO, R.; FELTOVICH, P.; COULSON, R. & ANDERSON, D. Multiple analogies for complex concepts: antidotes for analogy-induced misconceptions in advanced knowledge acquisition. In S. Vosniadou e A. Ortony (Eds.), **Similarity and Analogical Reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

SPIRO, R.J.; FELTOVICH, P.J.; JACOBSON, M.J.; COULSON, R.L. Cognitive flexibility, constructivism and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In: DUFFY, T. & JONASSEN, D. (Eds.). 1992. **Constructivism and the Technology of Instruction**. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

SPIRO, R.J.; JEHNG, J. Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the non-linear and multidimensional traversal of complex subject matter. NIX, D. & SPIRO, R. (Eds.). **Cognition, Education, and Multimedia**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1990.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 13 ed. São Paulo: Cortez, 2004.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2 ed. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2009.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. 7 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKI, L. S. Coleção Aprendizagem. **Obras escogidas IV**. Vol. CXXII. A. Machado Libros S.A: 2006.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem em Lev VIGOTSKI e Jean Piaget**. 2006. Disponível em: <<http://www.bocc.ubi.pt/pag/silva-jose-manuel-pensamento-linguagem.pdf>>

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. 2002. Disponível em:
<<http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/vigo.pdf>>

VILARINHO, L.; QUEIRÓS, A.; LEANDRO, P.; ALMEIDA, I. T.; Fenilcetonúria Revisitada. **Arquivos Médicos**. 2006; 20(5-6):161-172.

ZECHIN, H. G.; CARVALHEIRA, J. B. C.; SAAD, M. J. A. Mecanismos moleculares de resistência à insulina na síndrome metabólica. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**, Vol. 14, nº 4; Julho/Agosto de 2004.

ZUCOLOTO, K. A. Dificuldades de aprendizagem em escrita e compreensão em leitura. **Interação em Psicologia**, 2002, 6(2), p. 157-166.

APÊNDICE A - TCLE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Eu, **Verônica Freitas da Silva**, mestranda em Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no momento estou desenvolvendo a pesquisa intitulada “**Do Gene à Proteína: A Visão Sistêmica da Expressão Gênica**”, sob a orientação das Professoras Dra Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão e Dra Zélia Maria Soares Jófili. São objetivos principais deste estudo: investigar a relação entre as atividades lúdicas e a construção de conceitos no processo ensino-aprendizagem da expressão gênica através das interações estabelecidas entre participante/participante e participante/jogo e, ainda, analisar a influência do jogo no processo de construção de conceitos em expressão gênica.

Assim, solicito a sua colaboração ativa nesta pesquisa., ressaltando que: 1, a participação não é obrigatória; 2, constará de uma sequência didática desenvolvida através de uma rodada do jogo intitulado “**Dominando a Expressão Gênica**”; 3, as interações e discussões desenvolvidas durante a execução do jogo serão videogravadas, preservando-se a identidade dos participantes.

Informo que as videografações ficarão à disposição dos participantes ou responsáveis que poderão autorizar, ou não, a divulgação das imagens gravadas. A qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento e sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou a Universidade. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço da pesquisadora, podendo esclarecer suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Solicito a devolução deste documento assinado, considerando que a aplicação piloto será realizada no mês de outubro de 2010, sendo a data considerada de acordo com a disponibilidade dos participantes.

=====
Dados da Pesquisadora:

Verônica Freitas da Silva

Fone: (81) 8820–9261 ou (81) 9946–1243

Email: freitas.veronica@gmail.com
=====

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na presente pesquisa e concordo em participar.

Recife, 20 de outubro de 2010.

Nome completo do Participante

Assinatura

Endereço e email

Telefone e email

APÊNDICE B – FICHA PERFIL DO PROFESSOR

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS		
PERFIL DO PROFESSOR		
NOME:		
IDADE:	TELEFONE:	EMAIL:
ESTUDOU EM ESCOLA PÚBLICA	() SIM	() NÃO
ESTUDOU EM IES*	() PÚBLICA	() PRIVADA
FORMAÇÃO ACADÊMICA/ANO DE CONCLUSÃO		
LECIONA ATUALMENTE	() SIM	() NÃO
EM QUE NÍVEL DE ENSINO?	() EF*	() EM* () ES*
SE PROFESSOR, DE QUAL REDE?	() PÚBLICA	() PRIVADA
TEMPO DE MAGISTÉRIO:		
DISCIPLINA(S) QUE LECIONA:		

APÊNDICE C – REGRAS DO *DOMINANDO A EXPRESSÃO GÊNICA*

Este jogo está organizado em uma sequência de três etapas.

Objetivos

- A. Identificar os eventos da expressão gênica;
- B. Associar e relacionar as pedras do dominó aos eventos descritos (com uso de conectores);
- C. Contextualizando tais eventos com a carta-objetivo (fenótipo-doença).

ETAPA 1

Material:

- 15 cartas descrevendo os eventos da expressão gênica (Carta-Descrição);
- 15 cartas com representações gráficas de etapas da expressão gênica (Carta-Imagem);

Como jogar:

1. Os jogadores deverão estar dispostos em duplas.
2. Cada dupla receberá 5 Cartas-Descrição e 5 Cartas-Imagem.
3. As duplas deverão relacionar as 10 cartas recebidas (Descrição e Imagem), considerando a ordem dos eventos do micro ao macro universo.

ETAPA 2

Material:

- 01 (um) tabuleiro;
- 42 (quarenta e duas) pedras de dominó;
- 23 (vinte e três) conectores diferentes, incluindo o conector-coringa;
- 60 pinos pequenos em quatro cores.
- 16 molas, em quatro cores.

Como jogar:

3. Cada dupla escolherá sua cor de pino: sendo os pequenos para a identificação das jogadas e os grandes para identificação dos eventos da expressão gênica.
4. As pedras do dominó deverão ser misturadas e dispostas com a frente para baixo, de modo que a escolha das peças seja realizada aleatoriamente.
5. Cada dupla escolherá, aleatoriamente, as pedras do dominó, sendo 14 quando 6 participantes ou 21 quando 4 participantes. Nenhuma peça do dominó poderá ficar fora do jogo.
6. Negociar o início da partida:
 - Quem será o primeiro jogador?
 - Qual será a primeira pedra (uma carroça ou uma pedra aleatória)?
 - Qual será o sentido das jogadas (horário ou anti-horário)?
7. A primeira dupla colocará a primeira pedra no tabuleiro. Em seguida, a próxima dupla associará com uma outra pedra, relacionando o(s) conector(es) que identifica(m) o contexto da articulação das duas pedras. Os demais procederão da mesma forma até a última pedra.

1. Para identificar as jogadas da dupla serão utilizados os pinos pequenos como marcadores.
2. A qualquer momento, as duplas poderão associar o Conector-Coringa, escrevendo no mesmo alguma palavra de conexão que considerar necessária e que não foi contemplada nos demais conectores.

IMPORTANTE

Faz parte da jogada explicar **porque** os conectores foram colocados naquela posição, permitindo-se aos demais jogadores concordar, discordar e argumentar a respeito das jogadas.

IMPORTANTE

Se, em algum momento do jogo, a dupla não conseguir associar pedras, as do tabuleiro poderão ser “conectadas” entre si utilizando as molas e/ou conectores em qualquer ponto, inclusive nas duas extremidades, caso se refiram a um evento correlato. Tais conectores deverão ser diferentes dos já existentes.

8. Mesmo que haja associação das extremidades do dominó, a dupla seguinte deverá reiniciar o jogo em qualquer das duas extremidades, caso não tenha, passará adiante.
9. Finalmente, se nenhuma das duplas tiver uma peça compatível com as extremidades, então o jogo poderá reiniciar em qualquer ponto do tabuleiro.

ETAPA 3**Material:**

- 24 pinos-flor grandes em quatro cores
- 6 cartas descrevendo uma expressão fenotípica, em seis cores.
- 6 bonecos representando indivíduos, em seis cores.

Como jogar:

1. Cada dupla deverá identificar nas jogadas os eventos da expressão gênica (correspondentes as cartas Descrição e Imagem recebidas na primeira etapa), colocando o pino grande como marcador para identificação da jogada da dupla.
2. Cada dupla escolherá aleatoriamente uma Carta-Objetivo, recebendo um indivíduo na mesma cor da carta. Se necessário será disponibilizada cartas “ajuda aos universitários”.
3. Partindo do objetivo escolhido, cada dupla socializará ao grupo as etapas da Expressão Gênica e/ou outros possíveis eventos que possam estar ocorrendo com o indivíduo durante a expressão ou não de um determinado fenótipo, neste caso uma das doenças apresentadas entre as Cartas-Objetivo.

APÊNDICE D – CONECTORES DISPONIBILIZADOS NO JOGO

GENE	PÓS-TRADUÇÃO	PROTEÍNA
TRADUÇÃO	DNA	mRNA
PATÓGENO	TRANSCRIÇÃO	SPLICING
RADIAÇÃO	ALIMENTO	MUTAÇÃO
FENÓTIPO	tRNA	STRESS
INTÉRFASE	MUTÁGENO	RIBOSSOMO
RNA-POLIMERASE	DNA-POLIMERASE	rRNA
CROMATINA		

APÊNDICE E – VALIDAÇÃO DO *DOMINANDO A EXPRESSÃO GÊNICA*

Pergunta 1: Quando foi convidado para participar do jogo, teve expectativas? Quais?	
Sujeitos	Respostas
1	Sim, de aprender Genética utilizando o jogo.
2	Sim, todas. Não sabia do que se tratava. Só sabia que era uma aplicação do jogo didático.
3	Sim. Fiquei curioso em saber que jogo seria.
4	Sim. Fiquei com medo de me deparar com as minhas lacunas.
5	Sim. Que apresentasse alguma limitação no campo conceitual, já que há algum tempo não venho estudando Biologia Básica.
6	Sim. No começo fiquei com receio pois achava que seria avaliada pelos meus conhecimentos, depois fiquei na expectativa para saber como seria.
7	Sim. Contextualização, relacionar os conceitos, relacionar o micro e o macro.
8	Sim, de como seria o jogo e de que forma seriam abordados os assuntos.
9	Sim, que poderia ser complicado tendo em vista o conteúdo Genética carregar essa característica. Porém o jogo superou as minhas expectativas, se mostrando dinâmico e muito interessante.

Pergunta 2: Achou as regras claras? Facilitaram a compreensão da prática do jogo?	
Sujeitos	Respostas
1	Não. Não facilita a compreensão.
2	Não, muitas vezes o grupo criou regras novas para jogar.
3	Sente-se um pouco de dificuldade. Acredito que faltou a discriminação de alguns pontos. Ex: cores dos bonecos, no caso das ferramentas que foram usadas no jogo.
4	Não. As regras não estão nem um pouco claras. O jogo tem muitas peças sem identificação do quê é o quê.
5	Tive alguma dificuldade. Talvez numa segunda partida, assimilasse melhor as regras.
6	Sim. Só na terceira etapa que não achei tão clara.
7	Sim, as regras facilitaram a compreensão do jogo.
8	Algumas vezes ficaram meio confusas porém, mesmo assim deu para continuar o jogo.
9	Sim.

Pergunta 3: Quais aspectos ficaram mais claros? A compreensão das regras ou a prática do jogo?	
Sujeitos	Respostas
1	A prática do jogo.
2	A partir do momento que as regras não são claras, o jogo se torna também complicado. Até o momento que o grupo assume uma regra ou uma lógica.
3	A prática.
4	Acho que não podemos separar as duas coisas. Tivemos dificuldades com as regras e, conseqüentemente, com o jogo.
5	A prática do jogo em si, ficou mais claro.
6	A prática do jogo.
7	A compreensão das regras.
8	A prática do jogo. Pois vivenciar situações tornar-se mais fácil de compreender do que apenas ler.
9	A prática do jogo, pois as regras embora simples, exigiram um pouco mais de atenção.

Pergunta 4: Marque as opções que achar pertinentes ao jogo									
Sujeitos	Respostas								
	Ruim	Regular	Bom	Ótimo	Cansativo	Demorado	Bem elaborado	Interessante	Com restrições
1					X	X	X	X	
2					X	X	X	X	X
3			X		X	X		X	
4			X		X	X			X
5				X		X		X	X
6			X			X	X	X	
7				X			X	X	
8			X	X	X	X	X	X	
9							X	X	X

Pergunta 5: Acha que o “Dominando a Expressão Gênica” é viável para o trabalho em sala de aula?	
Sujeitos	Respostas
1	Sim.
2	Não da forma como foi trabalhado conosco. Envolve muitas conexões e acaba cansando mentalmente. Envolve a construção de vários conceitos.
3	Até certo ponto sim. Depende em que nível irá ser trabalhado por conta do tempo que dura o jogo.
4	Não. Nem de ensino superior, por causa do tempo e da complexidade.
5	Sim. Entretanto do jeito que jogamos, só no nível médio ou superior.
6	Teria que ser adaptado pois como as aulas têm um tempo pré-determinado, talvez não desse tempo.
7	Sim, no entanto o tempo é algo que deve ser pensado, pois na escola acredito que não dá tempo de jogar com a mesma quantidade.
8	Sim, porém como o tempo é curto, a quantidade de peças deve ser menor para que o aluno não fique com tédio.
9	Sim, pois é uma forma de exercitar o aprendizado e fixar o conhecimento construído.

Pergunta 6: Que sentimentos ficaram após a prática do jogo?	
Sujeitos	Respostas
1	Que preciso estudar, relacionar contexto e teoria.
2	De várias lacunas conceituais.
3	Cheia de lacunas, fiquei angustiada pois percebi o quanto não compreendo de Genética.
4	Tenho muitas lacunas e preciso superá-las.
5	O desafio de estudar mais para um melhor aproveitamento numa partida futura.
6	De satisfação.
7	É muito difícil abandonar a visão fragmentada e linear da formação universitária, embora tenha feito um mestrado com desenvolvimento de um trabalho com viés sistêmico. Fica um sentimento de que muito caminho ainda precisa ser percorrido para minimizar essa ação linearizada.
8	Sim, de que tudo pode ser relacionado facilmente, cabendo a nós mesmos a paciência para a resolução.
9	Que eu preciso me familiarizar mais com o conteúdo em questão. E que ainda tenho uma forma muito linear de ligar as definições que envolve esse conceito.

Pergunta 7: Você poderia dizer se, em relação aos conceitos trabalhados, o jogo foi construtivo?	
Sujeitos	Respostas
1	Sim.
2	Não construtivo, mas sim avaliativo... Serviu para localizar minhas dificuldades ou lacunas conceituais onde não fui capaz de fazer as devidas localizações.
3	Até um certo ponto sim. Mas, por conta das lacunas, ele já não ajuda a construir, deixando mais confusos os conceitos.
4	O jogo foi "destrutivo" no sentido de me tirar da zona de conforto, mas não acredito que tenha construído significados depois de jogar.
5	Sim. Bastante. Principalmente porque ele estimula a discussão entre os participantes do jogo.
6	Foi sim, pois aborda conceitos específicos de uma maneira integrada, o que facilita a compreensão.
7	Acredito que sim, pois tive a oportunidade de entender outras relações apresentadas pelos colegas.
8	Sim, pois trouxe conceitos distintos de forma clara para que os participantes associassem as ideias.
9	Na verdade, o jogo me permitiu uma reaproximação com os conceitos trabalhados por ele, fez lembrar-me de muitos deles e me fez ver que muitos ainda eu não tinha domínio esperado para um licenciado em Biologia.

Pergunta 8: Gostaria de sugerir alguma modificação na estrutura ou regras do jogo?	
Sujeitos	Respostas
1	Penso que as regras poderiam ser mais claras, ou serem discutidas com os participantes do jogo.
2	As regras precisam ser ajustadas. Achei interessante a preocupação com os eventos micros e macros, talvez precise de mais clareza, mas que no meu caso a dificuldade se deve às lacunas.
3	Acho que você deveria clarear mais as regras e reduzir um pouco os conceitos da estrutura do jogo. Acredito que por ter ficado um jogo em cima do outro, deixou confuso também. E que não fossem duplas, que trabalhasse todo o grupo no jogo.
4	Este jogo poderia ser dividido em 3, talvez separadamente ele possa ser aplicado numa turma do ensino superior.
5	Acho que precisa. Necessitaria de jogar mais vezes, entendendo totalmente a regra do jogo, para sugerir algumas modificações. No nosso caso, onde cada dupla ficou com 21 pedras, tornou o jogo longo.
6	Não.
7	Não.
8	Sim. Acredito que se o jogo tem nos seus objetivos a interação entre os participantes, jogar sem dividir as pedras por duplas trará logo de início um panorama integral das mesmas e a condução provavelmente será a mais sistêmica possível.
9	O jogo foi muito bem elaborado.