

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO DAS CIÊNCIAS
MESTRADO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

ALBA FLORA PEREIRA

DIAGNÓSTICO DAS DIFICULDADES DE ARTICULAÇÃO E
SOBREPOSIÇÃO DOS CONCEITOS BÁSICOS DA GENÉTICA
UTILIZANDO JOGOS DIDÁTICOS

RECIFE

2008

ALBA FLORA PEREIRA

DIAGNÓSTICO DAS DIFICULDADES DE
ARTICULAÇÃO E SOBREPOSIÇÃO DOS CONCEITOS
BÁSICOS DA GENÉTICA UTILIZANDO JOGOS
DIDÁTICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC), Nível de Mestrado, 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).

Orientadora: Prof^a Dr^a Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão

Co-Orientadora: Prof^a Dr^a Zélia Maria Soares Jófili

RECIFE

2008

FICHA CATALOGRÁFICA

P436d Pereira, Alba Flora
Diagnóstico das dificuldades de articulação e sobreposição dos conceitos básicos da genética utilizando jogos didáticos / Alba Flora Pereira. -- 2008.
189 f. : il.

Orientadora : Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Educação.
Inclui apêndice e bibliografia.

CDD 371.3

1. Ensino
 2. Genética
 3. Jogos
 4. Visão sistêmica
 5. Didática
- I. Carneiro Leão, Ana Maria dos Anjos
 - II. Título

ALBA FLORA PEREIRA

DIAGNÓSTICO DAS DIFICULDADES DE ARTICULAÇÃO E
SOBREPOSIÇÃO DOS CONCEITOS BÁSICOS DA GENÉTICA
UTILIZANDO JOGOS DIDÁTICOS

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes professores (as):

Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão, Dr^a

Orientadora – UFRPE

Maria Tereza dos Santos Correia, Dr^a

Examinadora externa – UFPE

Marília de França Rocha, Dr^a

Examinadora externa – UPE

Zélia Maria Soares Jófili, PhD

Examinadora interna – UFRPE

Dissertação aprovada no dia 29/02/2008 no Departamento de Educação da UFRPE

À

Meu esposo, João e nossas filhas, Thaís e Joana

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, companheiro sublime de todos os momentos.

À meu pai, Miro (*in memoriam*) e minha mãe, Lindalva, pelos ensinamentos de vida e pelo esforço que fizeram para nos instruir.

À professora, orientadora Ana Maria, pela valiosa orientação e importantes sugestões que enriqueceram o trabalho e principalmente pela amizade que nasceu a partir desta pesquisa.

À professora, co-orientadora, Zélia Jófili, pelas contribuições importantes e pela pessoa humana que é.

Ao meu irmão e minhas irmãs, pelo carinho, incentivo e união durante toda a vida. Aos meus sobrinhos, Matheus e Emmanuel, e sobrinhas, Mirela, Clarissa e Naira, pelo auxílio nas filmagens durante a aplicação dos jogos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências pelas contribuições valiosas e dedicação e aos companheiros de curso pela amizade e carinho.

À Fernanda, uma grande amiga, pela grande colaboração durante todo o desenvolvimento desse trabalho e ao seu filho, Vilanêz pela ajuda nas imagens.

À João, meu esposo, pela dedicação e colaboração nas filmagens e produção dos CDs.

À todos os participantes da pesquisa que contribuíram para a realização da mesma.

Ao professor George Jimenez, um grande amigo, pelo incentivo e carinho desde o início da minha vida acadêmica.

Ao professor Gilberto Farias pela sugestão inicial da construção dos jogos.

Deve haver uma comunhão entre os impulsos da forma e da matéria, isto é, um impulso lúdico, pois só a união da realidade com a forma, do acaso com a necessidade, do sofrimento com a liberdade, torna o conceito de homem completo.

Friedrich Von Schiller

RESUMO

O Ensino da Genética, que aborda um conjunto de conceitos articulados no micro e macro universo, a exemplo de genes, DNA, características dominantes e recessivas, hereditariedade, probabilidades, entre outros, tem sido trabalhado a partir de um pensamento reducionista e linear. Tal abordagem, no entanto, é inadequada perante uma concepção complexa do ser vivo, entendido como resultante das interações de uma rede complexa de eventos (biológicos, físicos e químicos), inclusive com o meio. É fundamental conhecer tais conceitos isoladamente e também abstraí-los, de forma a aplicá-los em diversos contextos próximos à realidade do próprio aprendiz. Considerando que os jogos didáticos são instrumentos que favorecem a compreensão e o interesse no estudo dos conteúdos, bem como a socialização entre os aprendizes, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar dois novos jogos (Trinca de Cartas e Dominó) utilizando conceitos básicos da Genética. Esses jogos permitiram o diagnóstico e o estabelecimento de associações e articulações desses conceitos com os de áreas afins, tendo sido aplicados a alunos de Ensino Médio e Graduação, além de docentes formadores das IES, das redes pública e privada de Pernambuco. Constatou-se que os jogos são excelentes ferramentas diagnósticas, permitindo identificar as dificuldades de abstração dos conteúdos e de sua aplicação; a fragmentação e a desarticulação no ensino descontextualizado de tais conceitos; identificar quais os conceitos de Genética mais “difíceis” para o estabelecimento de relações. Tais resultados conduzem a uma reflexão da prática docente e sugerem novos investimentos nesta linha de pesquisas.

Palavras-chave: Ensino de Genética, jogos didáticos, visão sistêmica

ABSTRACT

Teaching of Genetics covers a range of articulated concepts into the micro and macro universe. Genes, DNA, dominant and recessive characteristics, heredity, and probabilities, among others are suitable examples. It has been worked on a reductionist and linear basis. This approach, however, is inadequate to understand a complex design of living, a result of a complex network of events interaction (biological, physical and chemical), even with the environment. It is important the basic concepts knowledge besides their abstraction in order to apply them in various contexts close to the reality of the student. Since didactic games are educational tools which promote content understanding and interest and the socialization among the students, the objective of this study was to develop and implement two new games (Trinca de Cartas and Dominó) using basic concepts of genetics. These games would allow the diagnosis and the establishment of associations and joints of these concepts with those of related areas and has been applied to students in high school and graduation, in addition to teacher trainers of IES from public and private institutions of Pernambuco. The games showed to be excellent diagnostic tools, allowing identify: difficulties of abstraction of content and its application, the fragmentation and dismantling between such concepts; to identify the most "difficult" concepts of genetics to establish relations. This result leads to a discussion of teaching practice and suggests new investment in this line of research.

Keywords: Genetics Teaching, didactic games, systemic view.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

INTRODUÇÃO	14
OBJETIVOS	20
HIPÓTESES	20
CAPÍTULO I – JOGOS DIDÁTICOS	21
1.1 HISTÓRICO.....	23
1.2 JOGOS DIDÁTICOS NA EDUCAÇÃO.....	26
1.2.1 Jogos didáticos no processo ensino-aprendizagem	27
1.2.2 Jogos para o ensino de conceitos	30
1.2.3 Jogos didáticos e o ensino da Genética	32
CAPÍTULO II – UMA VISÃO SISTÊMICA DOS CONCEITOS BÁSICOS NA GENÉTICA	36
2.1 CONTEXTUALIZANDO O CÂNCER DE PULMÃO HISTORICAMENTE	41
2.2 TRABALHANDO OS CONCEITOS BÁSICOS DA GENÉTICA NO CONTEXTO DO CÂNCER PULMONAR	43
CAPÍTULO III – METODOLOGIA	55
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	55
3.2 MATERIAL E MÉTODO	56
3.2.1 Construção dos jogos	57
3.2.1.1 Jogo “Trinca Genética”	57
3.2.1.2 Jogo “Dominogêneo”	57
3.2.2 Aplicação dos jogos em grupos de escolaridade distinta	58
3.3 ANÁLISE E CATEGORIZAÇÃO DOS DADOS	60
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1. CONSTRUÇÃO DOS JOGOS: “TRINCA GENÉTICA” E “DOMINOGÊNEO”.....	62
4.1.1 Da escolha dos conceitos	63
4.1.2 Da pesquisa sobre jogos em Genética	64
4.1.3 Construção dos jogos	65
4.1.4 Dos elementos dos jogos: participantes, forma de organização e estratégias	68
4.2 VALIDAÇÃO DOS JOGOS COMO FERRRAMENTA DIAGNÓSTICA	70
4.2.1 Posicionamentos a respeito da validação dos jogos como ferramenta diagnóstica	71
4.2.2 Posicionamentos a respeito dos conceitos e imagens dos jogos	81
4.2.3 Posicionamentos a respeito da relação do grupo quanto à interação dos jogos	85
4.3 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA AO ESTABELEECER RELAÇÃO/ASSOCIAÇÃO ENTRE PALAVRA-CONCEITO-IMAGEM: JOGO “TRINCA GENÉTICA”	86
4.3.1 Procedimentos desenvolvidos pelos grupos durante o jogo “Trinca Genética”	87
4.3.2 Estabelecendo associações/relações entre Palavra-Conceito-Imagem: grupos do Ensino Médio (Escolas particulares e Escola Pública)	89
4.3.2.1 Análise comparativa do jogo “Trinca Genética” entre os alunos do Ensino Médio das Escolas particulares e da Escola pública	102
4.3.3 Estabelecendo associação/relação entre Palavra-Conceito-Imagem nos grupos da Graduação (Licenciatura em Ciências Biológicas: grupos F, G e H) e diferentes formações (grupo E)	106

4.3.3.1 Análise comparativa do jogo “Trinca Genética entre graduandos de formação específica (Licenciatura em Ciências Biológicas: grupos F, G e H) e diferentes formações (grupo E)	112
4.3.4 Estabelecendo associação/relação entre Palavra-Conceito-Imagem nos grupos de professores da Graduação (grupos I e J)	115
4.3.4.1 Análise comparativa do jogo “Trinca Genética” entre os grupos de docentes do Ensino Superior (grupos I e J)	118
4.3.5 Análise comparativa do jogo “Trinca Genética” nos diferentes níveis de escolaridade	120
4.4. AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA AO ESTABELECEM A ARTICULAÇÃO E SOBREPOSIÇÃO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS ENTRE SI E ÁREAS AFINS: JOGO “DOMINOGÊNEO”	121
4.4.1 Procedimentos propostos pelos grupos quanto aos critérios das jogadas (arranjos).....	121
4.4.2 Estabelecendo articulação dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins: grupos do Ensino Médio (grupos A e D)	122
4.4.2.1 Análise comparativa do jogo “Dominogêneo” entre grupos do Ensino Médio (grupos A e D)	128
4.4.3 Estabelecendo articulação dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins: grupos da Graduação (grupos E, F, G e H)	130
4.4.3.1 Análise comparativa do jogo “Dominogêneo” entre os grupos da Graduação (grupos E, F, G e H)	140
4.4.4 Estabelecendo articulação dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins: Professores das IES (grupos I e J)	141
4.4.4.1 Análise comparativa do jogo Dominogêneo entre os grupos das IES (grupos I e J)..	146
4.4.5 Visão linear e não linear da Genética nos diferentes níveis de escolaridade: um caminho para as possibilidades (sobreposição de conceitos): Jogo “Dominogêneo	148
CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	153
5.1 CONSTRUÇÃO DOS JOGOS: TRINCA DE CARTAS E DOMINÓ.....	153
5.2 VALIDAÇÃO DOS JOGOS COMO FERRAMENTA DIAGNÓSTICA	154
5.3 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA AO ESTABELECEM A RELAÇÃO/ASSOCIAÇÃO ENTRE PALAVRA-CONCEITO-IMAGEM: JOGO TRINCA GENÉTICA.....	155
5.4 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA AO ESTABELECEM A ARTICULAÇÃO E SOBREPOSIÇÃO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS ENTRE SI E ENTRE ÁREAS AFINS: JOGO DOMINOGÊNEO	156
5.5 CONCLUSÕES	157
REFERÊNCIAS	158
APÊNDICES	167
Apêndice A – Validação dos jogos como ferramenta didática.....	167
Apêndice B – Trinca corretas	177
Apêndice C – Imagens dos tabuleiros do jogo Dominogêneo	178
Apêndice D – Regras dos jogos	182
Apêndice E – Registros das Trinca – GRA	184
Apêndice F – Resultados por grupo quanto ao jogo “Dominogêneo”	185
ANEXO	
Normas para publicação do artigo	188

LISTA DE FIGURAS

Figura nº 1 – Câncer de pulmão causado por agentes químicos do tabaco.....	42
Figura nº 2 – Biologia do crescimento tumoral.....	45
Figura nº 3 – Adenocarcinoma de pulmão – a patologia visualizada em diferentes escalas ...	46
Figura nº 4 – Representação esquemática dos eventos relacionados à patogênese molecular do câncer	48
Figura nº 5 – A Caquexia e a progressão da perda de massa muscular	52
Figura nº 6 – Representação esquemática das etapas desenvolvidas durante a metodologia aplicada.....	56
Figura 7 - Esquema representando as etapas dos grupos do Ensino Médio (EM).....	59
Figura 8 - Esquema representando as etapas dos grupos da Graduação (GRA).....	59
Figura 9 - Esquema representando as etapas dos grupos das Instituições de Ensino Superior (IES).....	60
Figura 10 - Mapa conceitual dos conceitos básicos da Genética com suas relações/articulações, utilizado como base para a construção dos jogos.....	64
Figura 11 – Associação de pedras contendo dois conectores para representar os contextos em que o fenômeno acontece.....	68
Figura 12 - Síntese das respostas da questão 1 - Que expectativa você teve quando foi convidado para participar dos jogos?.....	71
Figura 13 - Síntese das repostas da questão 2 - Marcar as opções que você achar pertinente aos jogos.....	72
Figura 14 - Síntese das respostas da questão 3 - As regras adotadas foram claras? Elas estavam compatíveis com a prática de cada jogo?.....	74
Figura 15 - Síntese das respostas da questão 4 - Quais dos dois aspectos estavam mais compreensíveis: a leitura das regras ou a prática dos jogos?	75
Figura 16 – Síntese das respostas da questão 6 – Qual a sensação após o jogo?	78
Figura 17 - Carta-conceito de cromossomo homólogo.....	82
Figura 18 - Cartas-imagem de “genótipo” (A) e de “1ª Lei de Mendel” (B). Quadrado de Punnett (C)	83
Figura 19 - Carta-imagem de “cromatina”	84
Figura 20 -Trincas formadas pelo grupo A.....	90
Figura 21 - Trincas formadas pelo grupo B.....	92
Figura 22 - Trincas formadas pelo grupo C.....	95
Figura 23 - Mapa de conceitos construído a partir das trincas formadas pelo grupo A.....	98
Figura 24 - Mapa de conceitos construído a partir das trincas formadas pelo grupo B.....	99
Figura 25 - Mapa de conceitos construído a partir das trincas formadas pelo grupo C.....	100
Figura 26 - Inversão de imagens entre fenótipo, cromossomo homólogo e 1ª Lei de Mendel e inversão de conceitos entre cromossomo homólogo e cromossomo, do grupo E, antes da discussão.....	107
Figura 27 - Inversão entre si dos conceitos gene, alelo e genótipo e inversão de imagens entre 1ª Lei de Mendel e genótipo estabelecidos no grupo F.....	109
Figura 28 - Inversão entre si das imagens genótipo e 1ª Lei de Mendel dos grupos G e H (A); inversão entre si dos conceitos entre cromossomo e cromatina do grupo H (B).....	111
Figura 29 - Associações corretas com conectores corretos do grupo A.....	123
Figura 30 – Dificuldades de associação encontradas no grupo A.....	125
Figura 31 - Associações corretas com conectores corretos do grupo D.....	126
Figura 32 - Dificuldades de associação encontradas no grupo D.....	127
Figura 33 - Comparativo entre o número total de associações (A) e as associações corretas + conector correto (B) nos grupos do EM (A e D)	129

Figura 34 - Associações corretas com conectores corretos do grupo E.....	131
Figura 35 - Dificuldades de associação encontradas no grupo E	132
Figura 36 - Algumas associações do grupo F	132
Figura 37 – Representação esquemática das etapas de compactação de cromatina em cromossomo	133
Figura 38 – Algumas associações do grupo G.....	136
Figura 39 – Associações corretas com conectores corretos do grupo H	138
Figura 40 – Associação incorreta com conector parcialmente correto do grupo H.....	139
Figura 41 - Comparativo entre o número total de associações (A) e as associações corretas + conector correto (B) nos grupos da GRA (E, F, G e H)	141
Figura 42 – Algumas associações do grupo I.....	142
Figura 43 – Algumas associações do grupo J.....	144
Figura 44 – Comparativo entre o número total de associações (A) e as associações corretas + conector correto (B) nos grupos das IES (I e J).....	147
Figura 45 – Sobreposição do grupo A (A, B e C) e sobreposições do grupo D	148
Figura 46 – Sobreposições dos grupos da GRA: grupo E (A e B), grupo G (C) e grupo H (D)	149
Figura 47 – Sobreposições do grupo I.....	150
Figura 48 – Sobreposições do grupo J.....	151
Figura 49 – Apresentação das trincas corretas do jogo “Trinca Genética”	177
Figura 50 - Tabuleiro do grupo A (alunos do EM da rede particular)	178
Figura 51 - Tabuleiro do Grupo D (alunos do EM da rede pública)	178
Figura 52 - Tabuleiro do Grupo E (alunos da GRA de diversas áreas)	179
Figura 53 – Tabuleiro do grupo F (alunos da GRA de área específica da rede particular) ...	179
Figura 54 - Tabuleiro do grupo G (alunos da GRA da área específica da rede pública)	180
Figura 55 - Tabuleiro do grupo H (alunos da GRA da área específica da rede pública)	180
Figura 56 - Tabuleiro do grupo I (professores das IES)	181
Figura 57 - Tabuleiro do grupo J (professores das IE)	181

LISTA DE QUADROS

Quadro nº 1 - Termos básicos de Genética com seus conceitos mais aceitos pela comunidade científica.....	38
Quadro nº 2 - Marcadores moleculares encontrados no CP causados por carcinógenos químicos.....	50
Quadro nº 3 - Categorização da amostra Ensino Médio (EM) e Graduação (GRA).....	55
Quadro nº 4 - Categorização dos docentes das IES (atuação e área de pesquisa).....	56
Quadro nº 5 - Síntese das respostas da questão 5 - É viável aplicar estes jogos em sala de aula?.....	76
Quadro 6 - Síntese das respostas da questão 7 - Quais os aspectos positivos e negativos dos jogos?.....	79
Quadro 7 - Características de cada grupo quanto à interação.....	86
Quadro 8 - Procedimentos desenvolvidos por cada grupo durante o jogo “Trinca Genética”.....	88
Quadro 9 - Registro das trincas formadas pelos grupos A, B e C.....	102
Quadro 10 - Análise comparativa do jogo “Trinca Genética” entre os grupos A, B e C do Ensino Médio.....	103
Quadro 11 - Análise comparativa do demonstrativo quantitativo da relação/associação corretas entre as três cartas dos grupos do Ensino Médio.....	104
Quadro 12 – Dificuldades de aprendizagem no ensino de conceitos em Biologia	105
Quadro 13 - Análise comparativa do jogo “Trinca Genética” entre os grupos da Graduação.....	113
Quadro 14 - Análise comparativa do demonstrativo quantitativo da relação/associação corretas entre as três cartas dos grupos do Ensino Médio.....	114
Quadro 15 - Análise comparativa do jogo “Trinca Genética” entre os grupos I e J, professores da Graduação.....	119
Quadro 16 - Análise comparativa do demonstrativo quantitativo da relação/associação corretas entre as três cartas dos grupos de professores da Graduação.....	120
Quadro 17 - Procedimentos propostos pelos grupos quanto aos critérios das jogadas (arranjos).....	122
Quadro 18 - 1ª QUESTÃO: Que expectativa você teve quando foi convidado(a) para participar dos jogos?	167
Quadro 19 – 2ª QUESTÃO: Marcar as opções que você achar pertinente aos jogos.....	168
Quadro 20 - Síntese das respostas da questão 2: Marque as opções que você achar pertinente aos jogos.....	168
Quadro 21 – 3ª QUESTÃO: As regras adotadas foram claras? Elas estavam compatíveis com a prática de cada jogo?	169
Quadro 22: Síntese das respostas da questão 3 - As regras adotadas foram claras? Elas estavam compatíveis com a prática de cada jogo?	169
Quadro 23 - 4º QUESTÃO: Quais dos dois aspectos estavam mais compreensíveis: a leitura das regras ou a prática dos jogos?	170
Quadro 24 - Síntese das respostas da questão 4 - Quais dos dois aspectos estavam mais compreensíveis: a leitura das regras ou a prática dos jogos?	170
Quadro 25 – 5ª QUESTÃO: É viável aplicar estes jogos em sala de aula?	171
Quadro 26: 6ª QUESTÃO: Qual a sensação após o jogo?	173
Quadro 27 - Síntese das respostas da questão 6 - Qual a sensação após o jogo?	174
Quadro 28 - 7º QUESTÃO: Quais os aspectos positivos e negativos dos jogos?	174
Quadro 29 – 8ª QUESTÃO: Você jogaria novamente? Justifique	176
Quadro 30 - Registro das trincas formadas pelos grupos da Graduação específica Faculdades Particulares e Federais	184

Quadro 31 - Registros das trincas formadas pelo grupo E, alunos das diversas áreas do conhecimento	184
Quadro 32 - Categorias quanto à associação com os conectores do jogo “Dominogêneo” do grupo A	185
Quadro 33 - Categorias quanto à associação com os conectores do jogo “Dominogêneo” do grupo D	185
Quadro 34 - Categorias quanto à associação com os conectores do jogo “Dominogêneo” do grupo E	185
Quadro 35 - Categorias quanto à associação com os conectores do jogo “Dominogêneo” do grupo F	186
Quadro 36 - Categorias quanto à associação com os conectores do jogo “Dominogêneo” do grupo G	186
Quadro 37 - Categorias quanto à associação com os conectores do jogo “Dominogêneo” do grupo H	186
Quadro 38 - Categorias quanto à associação com os conectores do jogo “Dominogêneo” do grupo I	187
Quadro 39 - Categorias quanto à associação com os conectores do jogo “Dominogêneo” do grupo J	187

INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira contemporânea sofreu transformações sociais e culturais a partir da aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB; número 9.394, 20/12/1996), a qual incide sobre a Educação Básica (compreendida pela Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio) e a Educação Superior. Seu conteúdo tem sido de significativa importância para o Ensino Médio. Trouxe também, em seu bojo as seguintes modificações: nova identidade para o ensino médio como sendo a última etapa desse processo e responsável pela consolidação da formação iniciada na Educação Infantil e Fundamental e, ao mesmo tempo, a separação da Educação Profissional Técnica (RAMOS, 2001). Além disso, o artigo 22 dessa lei explicita que a Educação Básica deve assegurar ao educando “a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” (BRASIL Diário Oficial, 1996).

A LDB (BRASIL, 1996) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997; 1999) constituem avanços qualitativos para a Educação no Brasil. O modelo curricular dos PCN apresenta natureza aberta e flexível de acordo com cada região e localidade, devido à diversidade socio-político-cultural do nosso País. Este permite, aos professores e equipes pedagógicas, planejar e desenvolver ações com autonomia, a fim de garantir o respeito às diferenças e, ao mesmo tempo, fazer com que a educação possa atuar de forma decisiva no processo de construção da cidadania (BRASIL, 1997).

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM; 1999) articulam-se em três áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e suas Tecnologias. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), em complementação às DCNEM, propõem uma visão integradora das disciplinas de modo a reconhecer a relação entre aquelas da mesma área e entre as de áreas diversas; além disso, recomendam envolver conhecimentos práticos, amplos e abstratos que respondam às necessidades do aprendiz (BRASIL, 1999). No entanto, com relação à Biologia, os PCNEM apresentam um diálogo insuficiente no que diz respeito às sugestões e propostas do “como fazer”, embora tragam orientações gerais sobre os princípios norteadores da prática didática (BRASIL, 2006). Então, para melhor apreciação e implementação das reformas educacionais nas escolas brasileiras, se fez necessária a publicação dos PCN+ (BRASIL, 2002) propostos como orientações

complementares aos PCNEM. Esse texto procura estabelecer “um diálogo direto com os professores e os educadores, tornando menor a distância entre a proposição das idéias e a sua execução” (BRASIL, 2006, p.17).

Apesar de a Biologia fazer parte do dia-a-dia das pessoas, o ensino dessa disciplina encontra-se desvinculado do contexto profissionalizante e também cotidiano, acarretando uma distância entre os conteúdos estudados em sala de aula e a realidade vivenciada fora dela. Essa visão dicotômica se contrapõe à visão holística que deve pautar o aprendizado da Biologia, facilitando a compreensão dos problemas e mudanças pelos quais passa o mundo, bem como viabilizando o domínio do conhecimento científico (BRASIL, 2006). Seguindo esse raciocínio Lopes (2005, p.22) complementa dizendo que:

Se os conteúdos programáticos tiverem uma aplicabilidade prática, terão maior probabilidade de serem apreendidos do que as teorias soltas e muitas vezes transmitidas de maneira incompreensível, desestimulante e inútil.

É, portanto, fundamental que o Ensino da Biologia forneça as informações para o aprendiz de forma a desenvolver competências para compreender o mundo e agir sobre ele com autonomia fazendo uso dos conhecimentos adquiridos (BRASIL, 1999).

Entre os conteúdos da Biologia, a Genética tem sido evidenciada nas últimas décadas, pois ela “ocupa uma posição central em toda a área biológica” e em vários aspectos de interesse humano (GRIFFITHS *et al.*, 2006, p.6). Uma vez que a Genética está presente na vida cotidiana é impossível ignorar suas descobertas. Portanto, o ensino de seus fundamentos deve ser repensado de forma a acompanhar a mudança de paradigma no processo ensino-aprendizagem.

Diante dos desafios e das transformações pelos quais passa a educação, faz-se necessária uma maior reflexão sobre a prática pedagógica do professor de Ensino Médio, principalmente quando os conteúdos são atrelados aos problemas do mundo. Isto é evidente no caso do Ensino da Genética, que aborda um conjunto de conceitos articulados do micro e macro universo, a exemplo de genes, DNA, características dominantes e recessivas, hereditariedade, probabilidades, dentre outros. Então, se pode dizer que,

A genética fornece ilações aplicáveis, não apenas a todos os aspectos da ciência do homem, mas também aos aspectos culturais, políticos e sociais da atividade humana (McKUSICK, 1971, p. IX).

Cabe, então, à Genética levar o aprendiz a compreender como as informações genéticas definem a estrutura e a expressão gênica, o funcionamento das células e determinam as características dos organismos, bem como a relação dessas com o ambiente. Além disso, o aluno deve conhecer o princípio básico de duplicação do DNA e das mutações ao qual o indivíduo está sujeito em função de suas interações com o ambiente (BRASIL, 2006). Tal compreensão pode ser atrelada a outras áreas tais como: Agricultura, Medicina, Direito, Social e Ética. Por outro lado, segundo Volkenshtein (1997, p. 243) "a Biologia Molecular busca a explicação dos fenômenos biológicos na química e física molecular". A frequência de aparecimento de uma determinada característica e suas possibilidades de manifestação, em detrimento de outras, tem sido explicada pelo estudo das probabilidades, conteúdo inerente à Matemática (BRASIL, 2006). A lei de Hardy-Weinberg diz que a segregação de alelos na meiose dos heterozigotos em "populações de reprodução aleatória resulta em um equilíbrio de distribuição dos genótipos após apenas uma geração, logo a variação genética é mantida" (GRIFFITHS *et al.*, 2006. p. 596). Integrar esses conceitos aos conteúdos relacionados acima e articulá-los com o ambiente são ações essenciais à compreensão dos fenômenos da Genética. É fundamental não apenas conhecer tais conceitos isoladamente, mas abstraí-los de forma a aplicá-los em diversos contextos próximos a realidade do próprio aprendiz, como é o caso da relação entre tabagismo e neoplasias.

Dessa forma, além dos fatores endógenos o ambiente pode influenciar, também, nas funções metabólicas celulares e funções neurobiológicas do organismo, dando origem a uma nova área de estudo chamada Epigenética, que é o campo da Biologia que estuda principalmente as alterações do DNA ao longo das sucessivas divisões celulares, mas que não envolvem mudanças na seqüência de DNA do organismo (BAUER, 2008). Assim, a concepção sistêmica enfatiza que todos os sistemas vivos estão integrados em totalidades e em interação com o meio ambiente (CAPRA, 2002).

No entanto, pesquisas vêm apontando dificuldades de compreensão acerca de conceitos básicos da Genética ao final do Ensino Médio (FABRÍCIO *et al.*, 2005; CID; NETO, 2005; PAIVA; MARTINS, 2005). Além dos conceitos errôneos em livros didáticos do Ensino Médio (VILAS-BOAS, 2006), tais dificuldades são oriundas de um ensino cujo modelo, reducionista e sem contextualização, leva a concepções simplificadas que não consideram a relação dialética entre as partes e o todo, mantendo uma distância significativa entre os conteúdos estudados em sala de aula e a realidade vivenciada fora dela. O desenvolvimento técnico na área de Biologia Molecular prestigia e favorece uma abordagem

de concepção simplista, prendendo-se às explicações isoladas que as estruturas moleculares oferecem. O estudo dos elementos isolados do todo se contrapõe à compreensão sistêmica da vida, como explicitado por Capra *et al.* (2006, p. 14):

A compreensão sistêmica da vida que hoje está assumindo a vanguarda da ciência baseia-se na compreensão de três fenômenos básicos: o padrão básico de organização da vida é o da rede ou teia; a matéria percorre ciclicamente a teia da vida; todos os ciclos ecológicos são sustentados pelo fluxo constante de energia proveniente do sol.

Outro aspecto a ser considerado é a necessidade de apropriação/articulação do conteúdo específico para que as atividades em sala de aula tenham um sentido e um significado prático, favorecendo a compreensão da Biologia como um conjunto integrado de fenômenos, desde a mais ínfima partícula da matéria viva até sua inserção “no contexto de um todo mais amplo” (CAPRA, 1996, p. 41). Por isso, a importância de reconhecer a complexidade estrutural e funcional dos genomas e dos conceitos relacionados, bem como a relação recíproca gene-organismo-ambiente, nos quais atuarão como causa e efeito, traz o entendimento dos eventos hereditários mais complexos (LEWONTIN, 2002), pois:

Tanto os genes como o ambiente são causas dos organismos, os quais, por sua vez, são causas dos ambientes, de maneira que os genes, pela mediação dos organismos, tornam-se causas dos ambientes (LEWONTIN, 2002, p. 105).

Nessa perspectiva surgem outras possibilidades de ação pedagógica a serem desenvolvidas. Diferente do sistema tradicional (que separou e delimitou disciplinas) no qual o professor conduz de forma solitária sua disciplina, no intuito equivocado de facilitar o processo ensino-aprendizagem, a nova concepção curricular visa construir um conjunto de competências e habilidades, em cada área, durante os três anos de Ensino Médio. Essas competências e habilidades fazem com que aprendizagens anteriores possam ser consolidadas e aprofundadas (PEREIRA, 2003).

A partir dessa proposta curricular, o Ensino da Biologia, mais precisamente o Ensino da Genética, vem elucidar a complexidade da unidade da vida partindo da compreensão dos mecanismos da hereditariedade e da evolução numa visão macro e microscópica de mundo, acompanhando os pressupostos biotecnológicos contemporâneos. Os conceitos básicos da Genética são, necessariamente, articulados entre si e, por esse motivo, as dificuldades de compreensão aumentam quando ocorrem sobreposições de informações entre estes conceitos, ou seja, pontos em comum. Numa visão linear, estes conceitos não ultrapassam os limites determinados pelo pensamento cartesiano. Além disso, essa visão dicotômica está arraigada

na prática pedagógica dos docentes de Biologia, que não procedem numa linha sistêmica e articulada dos conteúdos de Genética.

Infelizmente, na contemporaneidade,

A maioria dos professores de Biologia transforma a aula em uma seqüência de possíveis combinações entre as letras que correspondem aos genes, sem que os alunos compreendam o que é o gene, e como ele se comporta de geração para geração. Depois disso, a aula se transforma em sucessivos cálculos de frações e porcentagens para determinar as chances de um indivíduo possuir ou não um caráter hereditário (CAMPOS; BORTOLOTO; FELÍCIO, 2002, p. 49).

A atual proposta educacional pressupõe uma nova escola. Não mais se pretende compartimentalizar disciplinas trabalhando-as de forma descontextualizada e usando atividades padronizadas. Um novo paradigma surge. Mas, será que o professor está preparado para essa mudança?

Mediante a reforma do Ensino Médio, envolvendo aspectos de contextualização e de visão sistêmica, holística da Biologia, tem-se constatado que os professores apresentam dificuldades de internalizar tais mudanças, assim como de introduzir inovações pedagógicas que não utilizem o livro didático. Presos ao ensino tradicional, os professores não conseguem ter uma visão mais complexa, integrada. Preocupam-se em chegar às respostas, mas sem analisar as várias formas de abordar uma situação-problema (BASTOS *et al.*, 2003). Assim, para atingir o desenvolvimento de competências e habilidades, conforme proposto nos PCNEM (BRASIL, 1999) e PCN+ (BRASIL, 2002) faz-se necessário que o professor reflita sobre suas ações pedagógicas para qualificar sua prática, propiciando condições de desenvolver cidadania plena nos seus alunos.

No entanto,

A mudança da prática pedagógica implica reconhecer que não é apenas o professor que deve modificar sua forma de ensinar, mas que uma série de ordenamentos na escola e na comunidade deve ser considerada ao mesmo tempo no sentido da sua transformação (BIZZO, 1998, p. 33).

Então, qual seria a saída? Adotar propostas inovadoras em sua prática, gerando inquietude interna nos alunos, o que favorece a apropriação de conhecimentos por parte dos mesmos (KISHIMOTO, 1996). Além disso, hoje se dá uma maior importância a organização do conhecimento de forma contextualizada, ou seja, a partir de situações que tenham relevância para o aluno para daí ampliar seus conhecimentos.

Se a realidade dos alunos, seus conhecimentos e vivências prévias, forem considerados como ponto de partida, o ensino da Biologia fará sentido para o aluno e a compreensão dos processos e fenômenos biológicos será possível e efetiva (BRASIL, 2006, p. 34).

Outro aspecto relevante que traz propostas do “como fazer” são as estratégias que podem ser aplicadas no ensino de Biologia. Neste sentido os PCN+ apresentam diversas propostas, incluindo o uso de jogos e a simulação de cruzamentos genéticos para a construção de conceitos básicos da transmissão das características hereditárias. Segundo os PCN+:

Os jogos e brincadeiras são elementos muito valiosos no processo de apropriação do conhecimento. Permitem o desenvolvimento de competências no âmbito da comunicação, das relações interpessoais, da liderança e do trabalho em equipe, utilizando a relação entre cooperação e competição em um contexto formativo. O jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica e prazerosa e participativa, de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos (BRASIL, 2002, p. 56).

Além disso, os PCN+ “ênfatisam que o trabalho do professor é o de mediador, ou seja, responsável por apresentar problemas ao aluno que o desafiem a buscar a solução” (BRASIL, 2006, p. 25). Outro ponto, nesse processo, é provocar a motivação do aluno criando e propondo situações-problema desafiadoras e instigantes que provoquem algum grau de desequilíbrio cognitivo e desperte o interesse (BRASIL, 2002).

Nesta perspectiva é que neste trabalho foram desenvolvidos e aplicados dois jogos baseados em conceitos formais da Genética, caracterizados pela abstração e descontextualização, focando as possíveis inter-relações e sobreposições na área da própria Biologia. Acredita-se que a utilização desses jogos irá propiciar a diagnose das dificuldades conceituais sobre o estudo em Genética, estimular o desenvolvimento cognitivo do aprendiz dentro de uma visão sistêmica e levá-lo a situações imaginárias que, por sua vez, induzirão a uma representatividade da realidade em cada situação de conflito, entre os aspectos macro e microscópicos.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Construir e validar dois jogos: “Trinca Genética” e “Dominogêneo”, como ferramentas para diagnosticar conceitos básicos de Genética a partir da negociação dos saberes já adquiridos anteriormente numa perspectiva sistêmica, em diferentes níveis de escolaridade.

Objetivos específicos

- Validar os jogos “Trinca Genética” e “Dominogêneo” como ferramentas diagnósticas;
- Utilizar o jogo “Trinca Genética” para avaliar os conhecimentos acerca de conceitos básicos relacionados à Genética (gene, DNA, RNA, fenótipo, genótipo, cromossomo, entre outros) e quanto ao estabelecimento de relações/associações entre Palavra-Conceito-Imagem a partir da negociações/argumentações.
- Utilizar o jogo “Dominogêneo” para avaliar os conhecimentos acerca de conceitos básicos de Genética e quanto ao estabelecimento da articulação e sobreposição numa perspectiva macro e microscópica (pensamento sistêmico) a partir de negociações/argumentações.

HIPÓTESE

- A utilização dos jogos “Trinca Genética” e “Dominogêneo”, como ferramentas diagnósticas contribui para a identificação das dificuldades de relação/associação dos conceitos básicos de Genética, bem como de articulação e sobreposição desses numa perspectiva sistêmica.

Este trabalho foi estruturado da seguinte forma. O capítulo 1 trata da fundamentação teórica em relação ao uso dos jogos como ferramenta diagnóstica numa perspectiva Vygotskiana. O capítulo 2 trata dos conceitos específicos básicos de Genética numa visão sistêmica. O capítulo 3 aborda a construção dos jogos “Trinca Genética” e “Dominogêneo”, e descreve a metodologia utilizada. O capítulo 4 traz os resultados e discussão para, por fim, apresentar as considerações finais e as conclusões no capítulo 5.

CAPÍTULO I – JOGOS DIDÁTICOS

O termo jogar pode ser compreendido em diferentes sentidos. O mais restrito refere-se às atividades em que os participantes utilizam suas habilidades para alcançar seus objetivos. Nesse caso, os jogos infantis livres, os jogos de tabuleiro, os jogos de cartas, os jogos esportivos e até os jogos de azar contemplam essa categoria. Em um sentido mais amplo, o jogo é compreendido como atividade prazerosa, sem compromisso com a realidade e com seus objetivos que, mesmo sendo atingidos, se encerram com ela (DOHME, 2003).

Dentre as características de diferenciação entre jogos e brincadeiras, Barros (2004) coloca que os jogos apresentam regras pré-estabelecidas que devem ser seguidas e respeitadas pelos participantes, pois além de possuírem essência própria, impossibilitam prever qualquer resultado antecipatório. Já nas brincadeiras, são as fantasias e o imaginário que têm uma representatividade no comportamento social, constituindo-se de experiências sócio-culturais observadas no cotidiano dos adultos. Para Brougère (1998 *apud* BARROS 2004) não existe, nas brincadeiras, relação direta com um sistema de regras, já os jogos explicitam suas regras além de assumir um espírito competitivo.

Os jogos competitivos e com regras levam a criança a aprender conceitos básicos da vida, sendo obrigadas a se enquadrar em determinadas regras para realizar algo, aprendendo a respeitar para ser respeitado, e a situação lúdica é transposta para as outras situações da vida (LOPES, 2005 p. 40).

Para Vygotsky o desenvolvimento infantil é um processo dialético, e neste caso, o jogo deriva da perspectiva sociocultural, em que as brincadeiras imaginárias possibilitam a apropriação do mundo dos adultos, criando regras que dependem da situação imaginada pela criança (BARROS, 2004; FUENTES, 2005; DOHME, 2003). Por exemplo, “um pequeno pedaço cilíndrico de madeira não perde seu significado para a criança, mas durante a brincadeira esse objeto pode assumir para a criança o sentido de uma seringa” (ARCE, 2004, p. 22). Leontiev (1988 *apud* ARCE, 2004) esclarece que a ruptura entre significado e sentido é logo abandonada quando cessa a brincadeira, não se deixando dominar pela imaginação momentânea.

Sempre que há uma situação imaginária no brinquedo, há regras – não as regras previamente formuladas e que mudam durante o jogo, mas as que têm sua origem na própria situação imaginária. Portanto, a noção de que uma criança pode se comportar em uma situação imaginária sem regras é simplesmente incorreta. Se a criança está representando o papel de mãe, então ela obedece as regras de comportamento maternal. O papel que a criança representa e a relação dela com um

objeto (se o objeto tem seu significado modificado) originar-se-ão sempre das regras (VYGOTSKY, 2007, p. 111).

Para Vygotsky (2007, p. 124) da mesma forma que o imaginário contém regras ocultas, em todo jogo com regras também poderá haver situação imaginária de forma oculta, podendo esta “ser considerada como um meio para desenvolver o pensamento abstrato”. Ele diz ainda que o jogo:

[...] fornece ampla estrutura básica para mudanças da necessidade e da consciência. A ação na esfera imaginativa, numa situação imaginária, a criação das intenções voluntárias e a formação dos planos da vida real e motivações volitivas – tudo aparece no brincar, que se constitui, assim, no mais alto nível de desenvolvimento pré-escolar (VYGOTSKY, 2007, p. 122).

Portanto, jogos e brincadeiras têm o mesmo sentido, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento social, cognitivo e afetivo do aprendiz.

Diante da amplitude do termo jogo, vários conceitos são atribuídos por estudiosos endossando os benefícios desse recurso no desenvolvimento social, cognitivo e afetivo do aprendiz em qualquer estágio de vida, além da função educativa, embora o enfoque maior seja na infância. Por isso se diz que:

O jogo é uma constante vital na evolução, no amadurecimento e na aprendizagem do ser humano. Cumpre a missão de nutrir, formar e alimentar o crescimento integral da pessoa (ORTIZ, 2005, p. 17).

Gadamer (1999), por exemplo, define o jogo como obra de arte, que tem seriedade própria, representando movimento que renova em permanente repetição e representação da realidade, além da espontaneidade, da alegria e do prazer. Araújo (1992), Dorfman (1979 *apud* GIARETTA *et al.*, 1998) e Fernandes *et al.* (1995) colocam que a manipulação dos jogos em geral contribui para a capacidade de abstração dos conteúdos aprendidos, para a autoconfiança ao analisar e resolver problemas e para o aumento da motivação. Já Lopes (2005, p. 40) diz que os jogos com regras “levam a criança a apreender conceitos básicos da vida, sendo obrigadas a se enquadrar em determinadas regras para realizar algo, aprendendo a respeitar para ser respeitado, e a situação lúdica é transposta para as outras situações da vida”.

Leodoro (2001) afirma que o lúdico pode ser compreendido como atividade de simulação e reconstrução de processos, aproximando-se do saber científico. Não se pode esquecer que o jogo traz ao aprendiz a curiosidade, a imaginação e a criatividade que desencadeiam construções prazerosas do conhecimento, unindo arte e ciência (PIETROCOLA, 2004). Para Kishimoto (1998 *apud* BARROS, 2004) jogo didático é

qualquer jogo que possui regras e oriente os participantes com o propósito de aquisição de conhecimentos específicos, fixação ou de habilidades intelectuais.

Diante desses pressupostos, o jogo cria uma dialética constante e contínua entre o mundo criado pelo aprendiz e o mundo real e, “como veículo de comunicação, amplia sua capacidade de imaginação e de representação simbólica da realidade” (ORTIZ, 2005, p. 22), além de fomentar naturalmente a troca de idéias e experiências.

1.1 HISTÓRICO

Não se pode negar que o jogo está arraigado na cultura antropológica desde a formação da humanidade, pois tal recurso educativo vem sendo usado em diferentes épocas e civilizações no desejo de melhorar a qualidade de vida (HUIZINGA, 2001; ORTIZ, 2005; LOPES, 2005), embora só tenha atingido o ambiente escolar de fato a partir da segunda metade do século XX (GÓMEZ; SAMANIEGO, 2005). Em verdade,

O jogo é mais do que um fenômeno fisiológico ou um reflexo psicológico. Ultrapassa os limites da atividade puramente física ou biológica (HUIZINGA, 2001, p. 3).

Segundo Vygotsky (2003. p. 104),

[...] a observação atenta descobriu há muito tempo que [o jogo] aparece invariavelmente em todas as etapas da vida cultural dos povos mais diversos e, portanto, representa uma peculiaridade insuperável e natural da condição humana. Além disso, ele não é inerente apenas ao ser humano, pois os animais também brincam.

Por que, então, o jogo se faz presente nas nossas origens? Acredita-se que a evolução do jogo, seu amadurecimento e sua observação sistemática são essenciais para a vida, principalmente humana, pois se integra de forma instintiva e instantânea ao pensamento da criança para construir novos conhecimentos (ORTIZ, 2005).

À medida que a criança cresce, seu organismo responde de diferentes formas e utiliza distintas atividades lúdicas, ou seja, a brincadeira evolui com o desenvolvimento integral, intelectual, afetivo e físico da criança e se adapta aos períodos críticos de seu desenvolvimento (aos seus conflitos pessoais e sociais). O jogo cresce com a criança até a idade adulta, permanecendo até a velhice (ORTIZ, 2005, p. 25).

Na Grécia, Platão afirmava que os primeiros anos da criança deveriam ser ocupados com jogos educativos, dando ao esporte o valor educativo moral equivalente ao intelecto para a formação do caráter e da personalidade do indivíduo. Além disso, introduziu a prática

matemática lúdica através de problemas concretos e do cotidiano para atingir um nível superior de abstração. Para os egípcios, romanos e maias os jogos serviam para o jovem aprender valores sociais e conhecimentos com os mais velhos (ALMEIDA, 1987). Aristóteles sugere o uso de jogos de imitação às atividades ocupacionais dos adultos como preparação para a vida futura (KISHIMOTO, 1995).

Na Idade Média os jogos, inclusive os de azar, eram exaltados. Na cultura europeia, o Rei de Castela Afonso X, o Sábio, escreveu em 1283, entre obras culturais e científicas, o primeiro livro sobre jogos (KISHIMOTO, 1996).

Com a ascensão do cristianismo os jogos foram desvalorizados e, em substituição, foi imposta uma educação disciplinadora em que ao aluno cabia decorar (KISHIMOTO, 1995; ALMEIDA, 1987).

No renascimento surgem novas concepções pedagógicas e o jogo deixa de ser objeto de reprovação para incorporar-se ao dia-a-dia dos jovens como fator natural do ser humano. Na obra clássica de Rabelais (s.d. *apud* BARROS, 2004), intitulada “Gargântua”, aparecem 204 jogos entre os de azar e os tradicionais. Ainda no século XVI ele proclamava, dizendo: “Ensina-lhes a afeição à leitura e ao desenho, e até os jogos de cartas e fichas servem para o ensino da geometria e da aritmética” (ALMEIDA, 1987, p. 17). Logo em seguida, com a criação do Instituto dos Jesuítas, os humanistas reintegraram à sociedade o valor educativo dos jogos, sendo os colégios jesuítas os primeiros a utilizá-los. A partir de então, os jogos começaram a ser aplicados na prática educativa de crianças e jovens. O frade franciscano Thomas Murner, criou um jogo de cartas utilizando-se de imagens para ensinar Filosofia, obtendo sucesso (KISHIMOTO, 1995). Nesse sentido, um novo rumo surgiu, pois

A educação adotou os jogos que até então havia proscrito e tolerado como um mal menor. Os jesuítas editaram em latim tratados de ginástica que forneciam regras dos jogos recomendados e passaram a aplicar nos colégios a dança, a comédia, os jogos de azar, transformados em práticas educativas para aprendizagem da ortografia e da gramática (ALMEIDA, 1987, p. 16).

A partir daí, outros teóricos e filósofos enfatizam a importância do lúdico, inclusive das imagens e dos sentidos para a apreensão do conhecimento por parte das crianças. Para Rousseau, a ação do sujeito sobre o objeto tem relevância no processo de desenvolvimento, pois as crianças têm maneiras de ver, de pensar e de sentir que lhes são próprias. Pestalozzi, por sua vez, estuda a ação mental das crianças quanto à instituição escolar enquanto “sociedade, na qual o senso de responsabilidade e as normas de cooperação são suficientes

para educar as crianças, e o jogo é um fator decisivo que enriquece o senso de responsabilidade e fortifica as normas de cooperação” (KISHIMOTO, 1995, p. 18). Entretanto, foi com Froebel que se fortaleceram os métodos lúdicos na educação (ALMEIDA, 1987): “Ele foi o filósofo a justificar o uso dos jogos para educar crianças pré-escolares” (KISHIMOTO, 2004, p. 27). Segundo a teoria froebeliana, é através dos jogos que se conduz a criança à atividade, à auto-expressão e à socialização. Claparède (1940 *apud* AGUIAR, 2002) sugere aos educadores que usem o jogo no processo educativo no nível do aprendiz para facilitar “tanto o progresso da personalidade integral da criança como o progresso de cada uma de suas funções psicológicas, intelectuais e morais” (JACQUIN, 1963 *apud* AGUIAR, 2002, p. 36).

Segundo Fuentes (2005) as explicações mais conhecidas para o uso dos jogos situam-se historicamente entre a metade do séc. XIX e o começo do XX. São elas:

- **Teoria do excedente energético** - Proposto por Herbert Spencer (1855 *apud* FUENTES, 2005), o jogo aparece como consequência do excesso de vitalidade da criança. Esta idéia está apoiada no fato de que nesta etapa de vida a criança, por não estar trabalhando, consome o excedente de energia através do jogo, ocupando maior espaço de tempo livre nessa atividade.
- **Teoria do relaxamento** – A brincadeira aparece como atividade compensadora do esforço gerado na criança por atividades desgastantes, proporcionando descanso ao organismo (LAZARUS 1883 *apud* BELTRÁN, 1991).
- **Teoria do pré-exercício** - Considerando que a fase infantil é o preparatório para a fase adulta, Groos (1898 *apud* FUENTES, 2005) considera que, através da brincadeira, a criança pratica as diferentes funções que terá que desempenhar futuramente. Ortega (1992) destaca o papel relevante da brincadeira sobre o desenvolvimento do indivíduo.
- **Teoria da recapitulação** - Stanley Hall (1904 *apud* FUENTES, 2005) diz que a brincadeira pode ter característica do comportamento ontogênico como, por exemplo, brincando de cabana, a criança recapitularia os estágios da civilização primitiva.

Tais teorias se limitam apenas à fase infantil e não explicam a existência dessa prática em outras etapas da vida. Além disso, não condizem com a importância dos jogos para o processo de ensino-aprendizagem de conceitos, principalmente abstratos. No entanto,

Na segunda metade do século XX, a corrente dos métodos ativos despertou o interesse pela possibilidade de introduzir jogos no ambiente escolar. Desde então,

não se deixou de discutir o planejamento mais apropriado para sua utilização pedagógica neste contexto (GOMEZ; SAMANIEGO, 2005, p. 124).

Morin (2003, p. 58) diz que o homem do século XXI é um ser mais complexo que traz em si características antagônicas, abandonando o ser uno. Por exemplo, “o homem do trabalho é também o homem do jogo” (*ludens*). Duas atividades que se completam para formar o homem de cultura e um ser integral.

1.2 JOGOS DIDÁTICOS NA EDUCAÇÃO

Diante dos objetivos traçados na história evolutiva dos jogos pode-se considerar que os jogos exprimem a relação pensamento-ação, pois “constitui provavelmente a matriz de toda a atividade lingüística, ao tornar possível o uso da fala, do pensamento e da imaginação” (ALMEIDA, 1987, p. 26). Embora seja gerador de cultura, o jogo não era bem-visto pela pedagogia tradicional. Freinet (1979 *apud* ALMEIDA, 1987) se dizia contra a pedagogia dos jogos que substitui atividades sérias (trabalho) por modismos, apenas para satisfazer o prazer e a alegria das crianças, simplesmente pelo fato de jogar. Por outro lado, ele valorizava o jogo como atividade educativa, ou seja, a criança se dedicaria ao trabalho (ato de estudar) com satisfação e prazer como no jogo. Nas ciências humanas, os educadores, *a priori*, não compreendendo a essência dos jogos, o excluíam de qualquer atividade formadora e educativa, justificando a falta de seriedade ao ato de estudar, além da busca do prazer pessoal (ALMEIDA, 1987).

Hoje não se pode mais conceber a educação lúdica de forma ingênua, pois sua ação, inerente em qualquer estágio de vida, direciona a redefinição de determinado conhecimento a partir da elaboração constante do pensamento individual em permuta com o pensamento coletivo (ALMEIDA, 1987). Com a mudança de paradigma educacional, o jogo é considerado um elemento metodológico ideal para a formação integral do aprendiz (ORTIZ, 2005). Nesse sentido, o jogo “contribui para fomentar a coesão e a solidariedade do grupo” e “aparece como mecanismo de identificação do indivíduo e do grupo” (ORTIZ, 2005, p. 10).

Diante desse pressuposto o jogo didático alcança o patamar de uma das alternativas fundamentais para auxiliar no processo ensino-aprendizagem e favorecer a construção do conhecimento do aprendiz (CAMPOS; BORTOLOTO; FELÍCIO, 2002).

1.2.1 Jogos didáticos no processo ensino-aprendizagem

Os jogos educativos no processo ensino-aprendizagem constituem uma excelente ferramenta para promover, desde a fase infantil até a fase adulta, o interesse, a participação, a socialização, a criatividade, a aprendizagem, a cooperação e a maturidade, pois torna o sujeito ativo no processo (OLIVEIRA, 1997; LEODORO, 2001; FRANÇA, 1995; KISHIMOTO, 1996; HUIZINGA, 2001; LOPES, 2005; MIRANDA, 2001), além de atender a algumas necessidades emocionais como o autocontrole, o desenvolvimento da capacidade criadora, o autoconceito, a auto-estima e a valorização pelo desenvolvimento da capacidade de realização (LOPES, 2005). Um aspecto importante a ser considerado na utilização de jogos em sala de aula é oportunizar novos desafios aos participantes e, ao mesmo tempo, reflexão e busca de estratégias para solucionar os problemas colocados (CARDOSO, 1999; FREIRE; MORAES, 2005), ou seja, desenvolvem habilidades, tais como, memória, atenção, observação e raciocínio (ALMEIDA, 1987).

Assim, “prever, calcular e montar uma estratégia são aspectos de raciocínio fundamentais para a ampliação da visão de mundo do indivíduo” (LOPES, 2005, p. 44) e o jogo oferece oportunidades para o aprendiz vivenciar situações que contemplam tais habilidades.

Embora o jogo não seja uma característica predominante da infância, é um fator que embasa o desenvolvimento cognitivo. Portanto, ao nascer, a criança mergulha no processo constante de aprendizagem juntamente com o jogo, pois ele

Nasce, desenvolve-se e morre com o sentimento ou o campo das emoções do ser humano. Há uma necessidade escondida de crescer, amadurecer e ser junto ao jogo espontâneo, como diferentes etapas evolutivas. O jogo não morre com o final da infância ou da adolescência, mas deve crescer e evoluir em suas formas junto ao homem para ajudá-lo em suas diferentes etapas (ORTIZ, 2005, p. 22).

Nos estudos de Piaget, a atividade lúdica na prática educativa é indispensável ao desenvolvimento intelectual da criança, pois ao jogar assimila e transforma a realidade.

O jogo é, portanto, sob as suas duas formas essenciais de exercício sensório-motor e de simbolismo, uma assimilação do real à atividade própria, fornecendo a esta seu alimento necessário e transformando o real em função das necessidades múltiplas do eu. Por isso, os métodos ativos de educação das crianças exigem todos que forneça às crianças um material conveniente, a fim de que, jogando, elas cheguem a assimilar as realidades intelectuais que, sem isso, permanecem exteriores à inteligência infantil (PIAGET, 1976, p. 160).

O princípio básico da teoria piagetiana é chegar à adaptação. Para isso, ao longo do desenvolvimento da inteligência, a criança passa por “uma série de organizações internas cada vez mais potentes que permitem integrar dados cada vez mais complexos” (FOULIN; MOUCHON, 2000, p. 17) que consiste numa síntese de equilíbrios sucessivos de dois mecanismos simultâneos: assimilação e acomodação. Desta forma, “os jogos tornam-se mais significativos à medida que a criança se desenvolve” (ALMEIDA, 1987, p. 20), oferecendo condições de chegar à adaptação completa, a partir das suas possibilidades e esquemas de conhecimento (FUENTES, 2005; AGUIAR, 2002).

Com o surgimento dos estudos psicogenéticos de Piaget e os enfoques cognitivos centrados nas atividades mentais do indivíduo, o processo ensino-aprendizagem foi marcado por uma mudança de paradigma, passando a ser ressaltado o caráter construtivo do processo de aquisição do conhecimento. Neste sentido, o sujeito interage com o meio partindo de estruturas pré-existentes, portanto, sendo ele ativo na construção do conhecimento. Outras teorias educacionais convergem nesse mesmo ponto, embora em diferentes perspectivas (DOHME, 2003).

A criança em fase pré-escolar possui algumas necessidades e desejos que não podem ser alcançados ou esquecidos de imediato. Para resolver esse impasse a criança envolve-se em um mundo ilusório em que, tais desejos antes irrealizáveis, são realizados na forma de brincar (VYGOTSKY, 2007).

Neste sentido, o aprendiz, mediante situações de desafio/conflito/desejo provocadas por um jogo de tabuleiro, por exemplo, se remete ao imaginário tornando a representatividade do real uma forma de resolver seus desafios. Assim, o jogo contribui para o desenvolvimento cognitivo tanto da criança como do jovem e do adulto. A característica definidora do brincar está teoricamente ligada à presença de regras (NEWMAN; HOLZMAN, 2002). Para Vygotsky os jogos com regras estabelecidas:

[...] são uma espécie de escola superior de brincadeiras. Eles organizam as formas superiores do comportamento, geralmente estão ligados à resolução de problemas de conduta bastante complexos, exigem do jogador tensões, conjeturas, sagacidade e engenho, uma ação conjunta e combinada das mais diversas aptidões e forças (VYGOTSKY, 2003, p. 105).

Ao levar este discurso ao ensino formal tem-se outro fator importante envolvendo o processo ensino-aprendizagem que é a questão da interação social. Em muitas salas de aula, o trabalho em grupo sob a orientação do professor pode ajudar no desenvolvimento cognitivo

das crianças, no entanto, muitos professores ignoram o papel que as crianças desempenham nessa interação (TUDGE, 1996). As interações na sala de aula são

[...] condições necessárias para a produção de conhecimentos por parte dos alunos, particularmente aquelas que permitem o diálogo, a cooperação e a troca de informações mútuas, o confronto de pontos de vistas divergentes e que implicam na divisão de tarefas onde cada um tem responsabilidades que, somadas, resultarão no alcance de um objetivo comum (REGO, 1998, p. 110).

Para que isto ocorra é necessário que o professor promova, na sua prática pedagógica cotidiana, dinâmicas de interações inter-pessoais e, destas com os objetos de conhecimento. Nesta mediação, o professor fornece informações, pistas e situações que incentivam a curiosidade dos alunos. A partir daí, a riqueza da troca de informações permitirá o acesso ao conhecimento, promovendo assim, um ensino de qualidade e uma aprendizagem significativa (REGO, 1998). Pode-se dizer, então, que a proposta deste projeto é colocar o jogo didático como ferramenta para a construção do conhecimento.

A teoria vygotskyana considera a interação social como fator importante no processo de ensino-aprendizagem (REGO, 1998). Para Vygotsky, toda criança tem um “nível de conhecimento real” - que pode ser testado e avaliado individualmente - e um nível de desenvolvimento potencial. A diferença entre esses dois níveis é chamada ZDP (zona de desenvolvimento proximal) que é definida como “a distância entre o nível evolutivo real determinado pela resolução independente de um problema e o nível de desenvolvimento potencial determinado pela resolução de um problema sob a orientação do adulto, ou em colaboração com colegas mais capazes” (VYGOTSKY, 2007, p. 97). A ZDP é um componente crucial do processo de desenvolvimento, pois “pressagia” e prepara para o que a criança poderá posteriormente realizar sozinha (FOULIN, 2000, p. 39).

“Assim, o brinquedo cria uma zona de desenvolvimento proximal da criança” (VYGOTSKY, 2007, p. 122). Como e em que circunstâncias isso ocorre? A ZDP criada pelo jogo não é a mesma criada em situação do cotidiano sem o brincar, pois, neste último caso, a ação domina o significado, enquanto no outro (jogo) a sentença é inversa. O comportamento da criança durante a brincadeira vai além do habitual dela no dia-a-dia. Por outro lado, o tipo de jogo utilizado terá que ser compatível com a idade e com a fase de desenvolvimento para que possam ser construídas as habilidades necessárias.

Vygotsky traça um paralelo entre o brinquedo e a instrução escolar. Afirma que ambos criam uma “zona de desenvolvimento proximal”; e que, nos dois contextos, a criança elabora habilidades e conhecimentos socialmente disponíveis que passará a

internalizar. Durante as brincadeiras todos os aspectos da vida da criança tornam-se temas de jogos, e sendo assim, na escola, tanto o conteúdo a ser ensinado como o papel do adulto especialmente treinado para ensinar devem ser cuidadosamente planejados para atender às reais necessidades da criança (AGUIAR, 2002, p. 42).

Outra questão pontuada por Vygotsky, considerada um dos fatores-chave para o surgimento do pensamento conceitual no processo de ensino-aprendizagem, é associar a resolução de um problema à vivência de uma situação contextualizada (VYGOTSKY, 2005). Pozo (1998 *apud* OLIVEIRA, 2005) defende a utilização de situações-problema onde os alunos possam explicar, com detalhes, situações óbvias e cotidianas. Para Bijou (1978 *apud* AGUIAR, 2002), o jogo pode estabelecer novas capacidades, atividades imaginativas e habilidades de solução de problemas.

1.2.2 Jogos para o ensino de conceitos

Diante das diferentes concepções a respeito da formação de conceito, Aguiar (2002) traz dois enfoques principais no campo da psicologia educacional, considerados pertinentes para esta pesquisa.

1. Conceito no modelo cognitivista - tem como objeto essencial os processos internos, dando ênfase aos constructos mentais e aos hipotéticos processos internos de assimilação, avaliação, armazenamento e utilização da informação. Este modelo preocupa-se “com os meios pelos quais as novas informações e experiências são incorporadas às estruturas cognitivas do sujeito” (AGUIAR, 2002, p. 16). Neste sentido, privilegia os processos centrais, tais como:

- Organização e clareza do conhecimento;
- Processamento de informações;
- Estilos de pensamento; e
- Comportamentos relativos a tomadas de decisões.

Ao considerar o conceito como um processo interno, Ausubel (1999) diz que a aprendizagem ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz (subsunçores). Neste sentido, à medida que a aprendizagem vai se tornando significativa, os subsunçores se tornam mais elaborados e prontos para ancorar novos conhecimentos. Tal relação deve mostrar-se coesa entre si com seqüência ininterrupta de integração e organização (AGUIAR, 2002).

2. Conceito na perspectiva sócio-histórica - para Leontiev (1978 *apud* AGUIAR, 2002), Luria (1986 *apud* AGUIAR, 2002) e Vygotsky (2005) há três fatores que permeiam a formação de conceitos na perspectiva sócio-histórica: a relação dialética entre homem-mundo, mediada pela linguagem; a atividade mental humana que é histórica e socialmente construída; os processos de aprendizagem e desenvolvimento que interagem de forma mútua e dependente. Para Vygotsky (2007; 2005) não há conceitos isolados, pois pela sua própria natureza eles pressupõem um sistema. Além disso, o conceito é formado mediante uma operação mental dirigida por palavras (signos e símbolos lingüísticos) que evolui ao longo de três fases principais:

- **Agregação desorganizada** – quando agrupa objetos desiguais sem qualquer fundamento, revelando sincretismo e contém três estágios: tentativa e erro, organização do campo visual e nova agregação sincrética.
- **Pensamento por complexos** – os objetos associam-se não apenas devido às impressões subjetivas da criança, mas também devido às relações que de fato existem entre esses objetos. Foram classificados em cinco tipos básicos de complexos nesse estágio de desenvolvimento:
 1. Complexo do tipo associativo.
 2. Combinação de objetos ou coleções.
 3. Complexo em cadeia.
 4. Complexo difuso.
 5. Pseudoconceito.
- **Formação de conceitos potenciais:** que são baseados no isolamento de certos atributos ou traços comuns.

Os símbolos lingüísticos são fundamentais no processo de desenvolvimento e na formação de conceitos, seja na escola ou nas experiências do mundo físico e social, “cabendo ao ensino formal a importante missão de propiciar condições para desenvolver na criança o processo de percepção generalizante” (AGUIAR, 2002, p. 20).

Os conceitos aprendidos na escola, com o seu sistema hierárquico de inter-relações, parecem constituir o meio no qual a consciência e o domínio se desenvolvem, sendo mais tarde transferidos e generalizados a outros conceitos e a áreas do pensamento (AGUIAR, 2002, p. 20).

Além de o jogo ter importância no desenvolvimento da criança, projetando-as nas atividades dos adultos (VYGOTSKY, 2007), Aguiar (2002) e Bijou (1978 *apud* AGUIAR

2002) salientam que o ensino de conceitos mediados por educadores hábeis que utilizam jogos didáticos como recurso estimulador do saber, faz parte de uma das metas da educação pré-escolar. “Nessa categoria o brinquedo abrange comportamento diferencial (respostas diferenciais a aspectos selecionados de classes de estímulos), eventos ambientais, generalização e discriminação” (AGUIAR, 2002, p. 39).

1.2.3 Jogos didáticos e o ensino da Genética

O uso de atividades lúdicas proporciona ao aluno diversas situações desafiadoras, onde ele pesquisa e experimenta, estimulando seu intelecto até o mais alto nível de raciocínio e fazendo com que conheça suas habilidades e limitações (DOHME, 2003).

Hoje se observa uma grande quantidade de jogos educativos interagindo com a prática educacional do professor (LOPES, 2005; AMABIS e MARTHO, 1990; FREIRE e MORAES, 2005; BARROS, 2004; ROCHA; ROCHA; QUEIROZ, 2006; ARCANJO *et al.*, 2006; FITTIPALDI; ROCHA, 2006; entre outros). Segundo esses autores há resultados significativos que expressam a satisfação do aluno e do professor com os jogos didáticos. Portanto, é de se supor que o jogo ofereça novas formas para ajudar na compreensão dos fenômenos da natureza.

Há uma real distância entre o conhecimento científico e tecnológico gerado pela academia e o ensino na sala de aula, cujas informações são transmitidas de forma, muitas vezes, equivocada. Por outro lado, o conhecimento científico atrelado principalmente aos conceitos de Genética, vem ganhando espaço na mídia e, com isso, favorecendo aos jovens estudantes novas informações e despertando curiosidades. Portanto, cabe ao professor acompanhar e, ao mesmo tempo, aperfeiçoar-se (formação continuada) diante destes acontecimentos (BOSSOLAN *et al.*, 2005). Sendo assim, uma das formas utilizadas para o ensino da Genética é o uso de jogos didáticos e/ou atividades lúdicas de manipulação e simulação, que facilitam a compreensão dos fenômenos no universo microscópico. Segundo Schwarz (2006) a associação dos conceitos a figuras e a manipulação de materiais propiciam o estabelecimento de relações com a realidade concreta.

O Centro de Biotecnologia Molecular Estrutural (CBME), junto a sua Coordenadoria de Difusão Científica, vem desenvolvendo uma série de recursos educacionais, dentre eles jogos, para serem usadas em salas de aula “auxiliando no entendimento e na construção do

conhecimento relacionado às biomoléculas e ao papel que estas desempenham nos seres vivos” (BOSSOLAN *et al.*, 2005, p. 2). A avaliação desses recursos como ferramentas de ensino-aprendizagem, mostra que houve assimilação dos conceitos trabalhados, no entanto é fundamental relacionar os conceitos com as situações do cotidiano através da proposição de situações-problema (BOSSOLAN *et al.*, 2005).

Amabis e Martho (1990) desenvolveram o jogo de cartas intitulado “O Jogo da Imunidade” com o propósito de ajudar a compreender a ação dos mecanismos de defesa contra agentes infecciosos. Freire e Moraes (2005) elaboraram um jogo cujo objetivo é resolver problemas variados sobre os conceitos relacionados à Genética, com alunos do Ensino Médio. O jogo seria utilizado para introduzir o assunto, passando, assim, a ter uma posição relevante no processo ensino-aprendizagem. Já Campos, Bortoloto e Felício (2002) constataram que os jogos, confeccionados e avaliados por alunos e professores, propiciaram o gosto pelo jogo e auxiliaram os professores no processo de ensino, bem como favoreceram a apropriação do conhecimento pelo aluno.

Uma simples produção de jogos e *kits* para ajudar na compreensão das leis de transmissão de características hereditárias, torna as aulas mais dinâmicas. Munidos apenas com fios de telefone, isopor, alfinetes coloridos e cartolina, os alunos representaram o cruzamento entre flores de diferentes cores. Com este jogo é possível ensinar alguns conceitos básicos de genética como gameta, cromossomo, divisão celular, fenótipo, genótipo dominância e recessividade (BENCINI, 2002).

São utilizados também aplicativos computacionais no ensino da Genética. Três professores do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa desenvolveram o *software* GBOL como instrumento adicional para o ensino de genética na graduação. Com esse recurso acredita-se que a apresentação de ilustrações, fotos, animações e situações simuladas certamente permitirão superar os possíveis entraves dos conceitos relacionados à Genética (CRUZ; VIANA; CARNEIRO, 2001).

Silva *et al.* (2004) criaram um jogo intitulado “Sintetizando Proteína” para ajudar no ensino e na compreensão dos processos de transcrição e tradução, bem como da síntese de proteína, usando exemplos de proteínas humanas. Após a análise dos resultados foi constatado que o jogo beneficiou o processo de aprendizagem. Barros (2004) criou um jogo de dominó,

abordando a duplicação dos cromossomos, obtendo resultados semelhantes no que diz respeito à utilização do jogo como ferramenta de auxílio ao processo ensino-aprendizagem.

Barbosa *et al.* (2006) desenvolveu um modelo cromossômico prático e interativo para trabalhar diversos conceitos da Genética (gene, genótipo, fenótipo, alelos, locus, cromátides, homozigose, heterozigose, dominância, recessividade e eventos da mitose e meiose) e verificou que tais modelos proporcionam avanço na aprendizagem ao estabelecer conexões com o conceito científico-teórico e a representação pelo concreto-prático, numa construção interativa de conhecimento.

Fittipaldi e Rocha (2006) criaram um jogo de baralho (trinca) abordando o tema “determinação sexual em animais” para facilitar a compreensão dos conceitos e interação entre professor-aluno. Arcanjo *et al.* (2006) desenvolveram um jogo de tabuleiro com perguntas e respostas sobre diversas áreas da Biologia incluindo Genética. Eles constataram que além de facilitar o aprendizado e fixar os conceitos estimula a busca de informações. Com a mesma proposta do anterior, utilizando perguntas e respostas, Pavan *et al.* (1998) desenvolveram o jogo “Evoluindo Genética”, abordando conteúdos do Ensino Fundamental e Médio, visando a estimular os alunos à leitura da referência bibliográfica indicada.

Justiniano *et al.* (2006) criaram um jogo contendo significado e termo referente a vários conceitos de Genética. Em uma linha semelhante, Ramalho *et al.* (2006) desenvolveram um jogo de dominó e cartas contendo perguntas e respostas.

A variedade de jogos de Genética não implica no esgotamento desse recurso na educação, considerando a diversidade de pensamento e visão de mundo sobre a qual o jogo se apóia. A abordagem contextualizada de conteúdos abstratos bem como as imagens (exceto as computadorizadas), por exemplo, ainda não foram devidamente exploradas e menos ainda numa perspectiva sistêmica.

A dificuldade de aprendizagem de conceitos científicos abstratos tem sido um dos focos de pesquisa como mostram os trabalhos de Lopes (2007) e Sá (2007). Tais conceitos, abordados de forma reducionista, prestigiam uma explicação de especificidade, sem relação organismo-ambiente. Em contrapartida, tais conceitos numa dimensão micro-macroscópica contemplam dois aspectos importantes para o processo de aprendizagem: a visão sistêmica e a abstração. Portanto, para compreensão dos fenômenos biológicos é preciso adotar uma teoria sistêmica unificada de forma que os conceitos da dinâmica não linear estejam associados a

idéias provindas dos campos afins (CAPRA, 2002). Então, como articular conceitos abstratos numa visão sistêmica de forma a favorecer a abstração? A proposta dos jogos desta pesquisa tem como objetivo diagnosticar as dificuldades de aprendizagem e ao mesmo tempo propor, dentro da perspectiva sistêmica, outra forma de abordar os conceitos básicos da Genética.

CAPÍTULO II - UMA VISÃO SISTÊMICA DOS CONCEITOS BÁSICOS NA GENÉTICA

As partículas elementares da vida se agregaram a partir das diversas possibilidades de ocorrências casuais até o surgimento de biomas complexos e interdependentes. Elementos como o acaso e as regras de um jogo traduzem uma das possibilidades explicativas do que rege o Universo, pois:

Desde o início dos tempos que o acaso tem sido a contrapartida indispensável das forças reguladoras. O acaso e as regras são os elementos do jogo. O jogo começou entre as partículas elementares, os átomos e as moléculas, sendo hoje continuado pelas células do nosso cérebro. Não foi o homem que inventou o jogo, mas é “o jogo, e apenas o jogo, que torna o homem completo” (EIGEN; WINKLER, 1989, p. 26).

O resultado do jogo é determinado pelo lançamento dos dados, mas é também governado de uma forma invisível pelas regras, tal como o acaso na natureza está sujeito às leis da física. Os dados e as regras do jogo – eis os símbolos do acaso e das leis naturais! (Id. p. 27).

Compreender os conceitos que emanam do 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 os próprios princípios da natureza.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM; BRASIL, 1999), alguns conceitos e habilidades são fundamentais para que o aprendiz compreenda como a hereditariedade acontece, a saber:

A descrição do material genético em sua estrutura e composição (perceber que a estrutura de dupla hélice do DNA é um modelo construído a partir dos conhecimentos sobre sua composição), a explicação do processo da síntese protéica, a relação entre o conjunto protéico sintetizado e as características do ser vivo e a identificação e descrição dos processos de reprodução celular (BRASIL, 1999, p. 19).

É preciso que o aluno relacione os conceitos e processos acima expressos, nos estudos sobre as leis de herança mendeliana [...] São necessárias noções de probabilidade, análise combinatória e bioquímica para dar significado às leis da hereditariedade, o que demanda o estabelecimento de relações de conceitos aprendidos em outras disciplinas (BRASIL, 1999, p. 19).

As abordagens de tais conceitos devem atender graus de complexidade diferentes, acompanhando níveis de aprofundamento no decorrer do Ensino Fundamental e Médio como sugerido pelo currículo em espiral (PCN; BRASIL, 1997). Devem ser observadas, em

especial, a contextualização e integração de tais conceitos, de forma que o aprendiz compreenda seu corpo como um todo, o qual interage com outros sistemas complexos, inclusive o ambiente (BRASIL, 1997). Tal visão sistêmica condiz com o pensamento de Capra (2006).

Quanto mais estudamos os principais problemas de nossa época, mais somos levados a perceber que eles não podem ser entendidos isoladamente. São problemas sistêmicos, o que significa que estão interligados, são interdependentes (CAPRA, 1996, p. 23).

Nesse sentido, trazer os conceitos básicos da Genética a partir de situações cotidianas conduz a uma compreensão de conceitos que vai além de suas especificidades, abarcando a aplicabilidade em qualquer contexto real.

Pitombo *et al.* (2007, p. 862) realizaram pesquisa sobre os conceitos de gene e função gênica abordados nos livros didáticos do Ensino Superior e constataram que o problema está na ausência de um ‘tratamento sistemático’. Neste sentido, colocam que os biólogos “poderiam se tornar capazes de atribuir diversos significados ao termo ‘gene’, de acordo com as demandas das suas práticas epistêmicas, com uma compreensão clara de como cada um deles se insere em distintos esquemas teóricos de sua ciência”. Solha e Silva (2004) colocam que a ciência está mais aberta e sujeita a novos fatos e, deste modo, é inaceitável o conceito de gene ainda numa visão estática ou baseada em seqüências definidas de DNA. Deste modo, o gene apresenta uma complexidade conceitual mais ampla e aberta, levando em consideração a lógica dialética, ou seja, “reconheça o gene como um processo, que assuma a contradição e a totalidade, a mediação recíproca e o movimento; que enxergue a realidade dos fenômenos e não das coisas” (SOLHA; SILVA, 2004, p. 65). Isto parece sugerir que, ao trabalhar determinadas situações-problema, como as neoplasias, o professor poderá apresentar aos estudantes diversos olhares sobre o conceito de gene, evitando assim uma visão linear, alcançando outras possibilidades de compreensão e, principalmente, de sua abstração e de conceitos relacionados e articulados a ele.

Antes de apresentar a abordagem dos conceitos trabalhados nesta pesquisa numa visão sistêmica é pertinente apresentá-los sob a ótica da comunidade científica (Quadro 1).

Conceitos	Posicionamentos da comunidade científica	Referência
Cromossomo	Estrutura composta principalmente por uma molécula de DNA muito longa e proteínas associadas que contém parte (ou toda) da informação genética de um organismo. Adota uma conformação extremamente condensada durante a divisão celular (mitose ou meiose), sendo visualizadas duas cromátides-irmãs.	ALBERTS <i>et al.</i> , 2004, p. 233; Glossário, G:10.
Cromossomo homólogo	Nas células diplóides, cada cromossomo e seus genes componentes estão presentes duas vezes. Dois cromossomos com a mesma disposição de genes são ditos homólogos. Para cada um dos pares de cromossomo autossômicos, um membro foi herdado inicialmente do pai (um cromossomo paterno) e o outro foi oriundo da mãe. As duas versões, muito semelhantes entre si, não são idênticas, na seqüência nucleotídica – assim, são cromossomos independentes.	ALBERTS <i>et al.</i> , 2004, p.1130
Cromatina	É o complexo de DNA e proteína (histonas e proteínas cromossômicas não-histonas), além de conter RNA cromossômico. Encontrada no núcleo interfásico, a maior parte da cromatina está na forma de uma fibra de 30nm de diâmetro, organizada como uma série de “contas em um colar”. A fita é o DNA (146 nucleotídeos de comprimento) e cada conta é uma partícula do cerne do nucleossomo (octâmero de pares das histonas H2A, H2B, He e H4).	ALBERTS <i>et al.</i> , 2004, p. 207-208.
DNA	Ácido Desoxirribonucleico, armazena a informação hereditária e consiste de duas longas cadeias anti-paralelas composta de quatro subunidades nucleotídicas. Tais cadeias estão unidas por pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas pareadas (Adenina – Timina; Citosina – Guanina).	ALBERTS <i>et al.</i> , 2004, p. 192-193.
RNA	Ácido ribonucleico, uma molécula intermediária produzida a partir da transcrição de uma determinada seqüência de DNA, dando origem a produtos gênicos. É um polímero linear composto de quatro tipos diferentes de subunidades nucleotídicas unidas entre si por ligações fosfodiéster. Possui quatro bases nitrogenadas: adenina, uracila, guanina e citosina.	GRIFFITHS <i>et al.</i> , 2006, p. 246; 302.
Gene	Segmentos organizados na molécula de DNA cromossômico que codificam produtos funcionais, ou seja, uma cadeia polipeptídica ou uma molécula de RNA.	GRIFFITHS <i>et al.</i> , 2006, p. 2-3.
Genes Alelos	O que causa a variação dentro de uma espécie é qualquer gene que pode existir em várias formas ligeiramente diferentes entre si (alelos). A variação alélica causa variação hereditária dentro de uma espécie, o que se reflete nos produtos codificados por tais segmentos de DNA.	GRIFFITHS <i>et al.</i> , 2006, p. 2.
Proteína	Macromoléculas formadas por subunidades (aminoácidos), unidas através de ligações peptídicas. As proteínas são as principais macromoléculas de um organismo. A seqüência de aminoácidos de uma proteína é codificada por um ou mais genes (na dependência da proteína ser constituída por uma ou mais cadeia polipeptídica).	ALBERTS <i>et al.</i> , 2004, p.2.
Ciclo celular	Uma célula diplóide se reproduz por meio de uma seqüência ordenada de eventos que duplicam seus componentes e depois a dividem em duas, sejam idênticas (diplóides) por mitose ou (haplóides) por meiose. Este é o mecanismo essencial, pelo qual os seres vivos se reproduzem: copiando e transferindo a sua informação genética para a próxima geração de células.	ALBERTS <i>et al.</i> , 2004, p. 983.
Probabilidade	Os resultados observados dos cruzamentos podem ser analisados cientificamente utilizando-se as leis da estatística e da probabilidade. A Lei de Hardy-Weinberg diz que a reprodução sexual não causa uma redução constante na variação genética em cada geração. Ao contrário, a quantidade da variação permanece constante geração após geração, na ausência de outras forças perturbadoras.	KREUZER; MASSEY, 2002, p. 69; GRIFFITHS <i>et al.</i> , 2006, p. 596.
1ª Lei de Mendel	Os dois membros de um par de genes se segregam para gametas; logo, metade dos gametas leva um dos membros do par e a outra metade dos gametas leva o outro membro do par (segregação igual).	GRIFFITHS <i>et al.</i> , 2006, p. 33.
Fenótipo	Uma característica é encontrada em uma população sob duas ou mais formas distintas e separadas. Tais fenótipos alternativos em geral são codificados por alelos de genes. Descreve todos os aspectos da morfologia, fisiologia, comportamento e relação ecológica do indivíduo.	GRIFFITHS <i>et al.</i> , 2006, p. 8; 18
Genótipo	É a constituição alélica de um organismo, ou seja, descreve o conjunto completo de genes herdados por um indivíduo.	GRIFFITHS <i>et al.</i> , 2006, p. 8; 18.

Quadro 1 – Termos básicos de Genética com seus conceitos mais aceitos pela comunidade científica.

Articular tais conceitos e inseri-los em contextos representativos e significantes para o aprendiz remete a uma das metas a ser alcançada no Ensino da Genética. Neste sentido, faz-se necessário compreender que o organismo humano “funciona como uma sociedade ou ecossistema cujos integrantes são as células, que se reproduzem por divisão celular e organizam-se em conjuntos que colaboram entre si (os tecidos)” (ALBERTS *et al.*, 2004, p. 1313). Paralelamente, os órgãos interagem, na perspectiva de manutenção do equilíbrio interno (homeostase) do organismo *per si*, pois este também interage com a diversidade do meio através de fatores físicos, químicos e biológicos, os quais por sua vez, interferem no metabolismo celular. Assim, “as células enviam, recebem e interpretam um conjunto muito sofisticado de sinais que servem para o controle social que diz a cada uma como deve atuar” (ALBERTS *et al.*, 2004, p. 1314).

Desta forma, pode-se afirmar, por exemplo, que a síntese das proteínas e de outros componentes celulares é fruto de interações mais complexas, pois tais produtos “são uma função tanto dos genes dentro das células quanto do ambiente no qual o organismo está se desenvolvendo e funcionando” (ALBERTS *et al.*, 2004, p. 2). Todos estes mecanismos processuais contribuem para o bem estar do organismo e seu equilíbrio frente ao meio ambiente. No entanto, alterações moleculares podem interferir na harmonia e equilíbrio do “bioma pluricelular” (organismo) em decorrência de fatores variados como estímulos químicos, físicos (radiação) e biológicos, a exemplo dos vírus, além de lesões ocasionadas pela própria célula. Tais conceitos permitem observar a patogênese e evolução clínica e epidemiológica das doenças sob um aspecto diferenciado.

Historicamente, Hipócrates, no século V a.C. sustentava que as enfermidades eram resultantes de fatores naturais ligados ao modo de vida, pois

[...] as pessoas adoeciam por causa do trabalho que exerciam, do local onde moravam, do alimento ou da água que ingeriam. Mas não era ainda ciência, no sentido que hoje damos à palavra; tratava-se de inferências resultantes da observação. Uma abordagem empírica do fenômeno saúde-enfermidade (SCLAR, 2005, p. 6).

Entretanto, as mudanças do pensamento científico, embasados nas proposições de Descartes, associadas a trabalhos na área específica, como os de Darwin, Pasteur e Virchow, favoreceram uma mudança na concepção das causas das doenças, estimulando o desenvolvimento de teorias explicativas (causais), de modo que

[...] as classificações das doenças humanas prevalentes no século XVIII foram substituídas nos séculos XIX e XX por sistemas baseados na etiologia dessas doenças (MAYR, 2008, p. 189).

Em tal contexto, as “doenças herdadas” são atualmente categorizadas de acordo com suas bases moleculares, desde as consideradas “conceitualmente simples”, como uma mutação pontual no DNA, que resulta na incorporação errônea de um aminoácido durante a síntese protéica até falhas no movimento de cromossomos e na transcrição. Assim, são cinco as principais categorias das doenças geneticamente herdadas, a partir da desordem observada: monogênicas, multifatoriais, cromossômicas, defeitos gênicos em células somáticas e mutações mitocondriais (CHAMPE; HARVEY, 2006).

Considerando as patologias nessa perspectiva cartesiana, fragmentada e etiológica, são relatadas diferenças entre as desordens monogênicas e multifatoriais, visto que as primeiras não requerem, ou exigem poucas interferências ambientais para se expressarem e obedecem a um padrão de herança mendeliana simples. São exemplos dessas patologias a hipercolesterolemia familiar, a fibrose cística, a fenilcetonúria e a β -talassemia. As desordens multifatoriais, contudo, não são herdadas de acordo com um padrão mendeliano simples, sendo determinadas por vários genes e, freqüentemente afetadas por fatores ambientais, como a diabetes mellitus e a hipertensão (CHAMPE; HARVEY, 2006).

Numa perspectiva sistêmica e articulando os fenômenos e desordens observados entre o macro e o micro universo, percebe-se a validade da perspectiva de Hipócrates, ao considerar a relevância dos fatores ambientais necessários para a patogênese. As neoplasias, neste contexto assumem um importante lugar, visto que são modelos adequados para exemplificar um caráter poligênico, onde as desordens gênicas são causadas e retroalimentadas pelos fatores ambientais. Então,

O conhecimento fundamental a ter em mente é que nós não somos determinados por nossos genes, mas influenciados por eles. Nossas características normais, nosso corpo, nossa saúde, nossas doenças não estão submetidos a um determinismo genético. Os genes influenciam o que somos em estreita interação com o ambiente no qual vivemos. Os genes são necessários, mas não suficientes para determinar o aparecimento das doenças a eles relacionadas (CERQUEIRA; AZEVÊDO, 1999, p. 74).

Desse modo, abordar situações como a relação entre o câncer de pulmão (CP) e o tabagismo (um fator ambiental, químico) é uma forma problematizadora e contextualizada para introduzir conceitos abstratos de Genética, permitindo ao aprendiz perceber que

contextos comuns e acessíveis a sua realidade podem servir para compreender, abstrair e aplicar conhecimentos, fazendo parte da sua própria qualidade de vida e sobrevivência.

Neste trabalho, a relação entre o câncer de pulmão e o tabagismo será utilizada para relacionar, articular e contextualizar alguns conceitos básicos da Genética, conferindo aos mesmos, significado crítico. Começando esta abordagem é importante caracterizar o que são neoplasias (câncer):

Um termo genérico para um grupo de mais de 100 doenças crônicas, que podem afetar qualquer parte do corpo. Uma característica do câncer é o rápido desenvolvimento de células anormais, que crescem para além de suas fronteiras habituais e que podem invadir partes adjacentes do corpo. Tais células podem também se alastrar a outros órgãos, através de um processo denominado de metástase. Até 40% de todos os cânceres podem ser prevenidos, evitando-se a exposição a agentes cancerígenos conhecidos, tais como o fumo do tabaco (OMS, 2008, disponível em: <http://www.who.int/topics/cancer/en/>).

Um neoplasma é uma massa anormal de tecido, cujo crescimento ultrapassa e não é coordenado com o dos tecidos normais e persiste na mesma maneira excessiva depois da interrupção dos estímulos que deram origem à mudança (WILLIS, 1952 apud KUMAR *et al.*, 2005, p. 282).

2.1 CONTEXTUALIZANDO O CÂNCER DE PULMÃO HISTORICAMENTE

Segundo Miller (2005), os tumores primários de pulmão eram considerados raros na primeira década do século XX. No entanto, essa situação se alterou significativamente, de forma que esses tumores são a principal causa da mortalidade em homens e mulheres no mundo (aproximadamente 1 milhão de mortes por ano). É interessante observar que o tabaco foi utilizado por séculos antes da ocorrência dessa moderna epidemia de câncer de pulmão. Desse modo, acredita-se que o desenvolvimento de maquinarias para a produção industrial de cigarros, no final do século XIX, ampliou e intensificou o consumo de produtos de tabaco. Esse fato foi relacionado como causa do câncer de pulmão no final da década de 20 do século passado.

O câncer de pulmão (Figura 1) tem ampla incidência, inclusive no Brasil, aceitando-se atualmente a idéia de estar diretamente associado ao consumo de derivados do tabaco (responsável por 90% dos casos). Outros fatores também são relacionados, como exposição a agentes químicos, principalmente encontrados no ambiente ocupacional; dietéticos, como o baixo consumo de verduras e frutas; doença pulmonar obstrutiva crônica; estresse; fatores genéticos que predisponham à ação carcinogênica de certos compostos orgânicos e história familiar de câncer de pulmão.

O câncer de pulmão é causado por múltiplos carcinógenos e indutores existentes na fumaça. As alterações neoplásicas específicas são encontradas na mucosa traqueobrônquica dos fumantes. Estas alterações celulares são relacionadas às doses, e a incidência de câncer pulmonar relaciona-se diretamente com o número de cigarros fumados. A interrupção do hábito de fumar reduz, mas não elimina completamente os riscos de câncer pulmonar e de doenças coronariana arterial (KUMAR, 2005, p. 335).



Figura 1 - Câncer de pulmão causado por agentes químicos do tabaco; disponível em http://www.lcdias.com.br/uploaded_images/Pulmaovsfumo-730882.jpg

Vale ressaltar mais uma vez, que depois da ascensão de uma medicina exclusivamente científica, numa perspectiva cartesiana, existe a necessidade de contextualizar o indivíduo não apenas quanto aos aspectos biológicos macro e microscópicos, mas também frente ao seu ambiente. Segundo Scliar (2005) trata-se da necessidade de uma medicina científica e social, ainda não totalmente atendida e que permanece o grande objetivo para os próximos anos.

Segundo informações do Ministério da Saúde (2008) há ainda grande carência de informações e dados estatísticos sobre a incidência de câncer no Brasil. As estimativas disponíveis são baseadas nos dados de cinco áreas de Registro de Câncer de Base Populacional (RCBP). A taxa de incidência (casos por 1.000.000 de habitantes) foi 17,9 e 6,9 casos, em homens e mulheres, respectivamente (BRASIL, 2008).

Outro fato interessante é que, “embora a maioria dos CP esteja relacionada ao tabagismo, somente uma minoria de pacientes com elevada carga tabágica desenvolve CP, pois fatores genéticos podem influenciar a susceptibilidade individual” (DUARTE; PASCHOAL, 2006, p. 58). Segundo Miller (2005), a história familiar para CP tem sido confirmada como um forte fator de risco para o desenvolvimento dessa neoplasia. A análise de segregação demonstrou a presença de um **gene** autossômico altamente penetrante que

determina a suscetibilidade genética ao câncer de pulmão. “Em 2004, um loco no **cromossomo** 6q23-25 foi relacionado como conferindo susceptibilidade ao câncer de pulmão entre famílias com muitos membros afetados por câncer de pulmão ou de cabeça e pescoço”¹ (MILLER, 2005, p. 217). Existem estudos preliminares que indicam haver em paralelo uma suscetibilidade herdada para desenvolver dependência à nicotina que é potencialmente um importante determinante genético para desenvolver a doença (MILLER, 2005).

Esse conjunto de dados demonstra claramente a significância e o impacto do exemplo escolhido. Vale ressaltar que existe um importante conteúdo conceitual, apenas compreensível na perspectiva sistêmica, envolvendo desde a incidência, diagnóstico, prognóstico e tratamento até aspectos mais cotidianos como as campanhas antitabagismo e a proibição do uso do tabaco em muitos ambientes do convívio social.

Porém, como relacionar essa ‘situação-problema’ no contexto dos conceitos básicos de Genética, escolhidos para o desenvolvimento deste trabalho?

2.2 TRABALHANDO OS CONCEITOS BÁSICOS DA GENÉTICA NO CONTEXTO DO CÂNCER PULMONAR

Ainda que as influências ambientais sejam de grande importância, nesse caso deve-se ressaltar a existência, também, de predisposição hereditária. Isso explica a importância da anamnese, quando o oncologista pergunta ao paciente sobre a ocorrência de câncer em parentes próximos. Já na primeira geração parental (**1ª Lei de Mendel**) existe um potencial genético para desenvolvimento da patologia, desde que o ambiente favoreça.

Apesar da baixa frequência, a identificação da predisposição ao câncer apresenta um grande impacto na compreensão da sua patogênese. Além do mais, os genes com relação causal com o câncer e que apresentam um forte componente hereditário estão também envolvidos nas formas esporádicas, muito mais comuns, do mesmo tumor (KUMAR *et al.*, 2005, p. 297).

Segundo Cerqueira e Azevêdo (1999, p. 75) os cânceres, de maneira geral, apresentam-se sob três maneiras:

- **Esporádicos** - quando a ocorrência dentro da família não é maior que na população geral;
- **Familiar** - quando existe uma concentração de casos de câncer na família, porém sem seguir um padrão de herança identificável;

¹ Tradução livre pela autora.

- **Hereditário** - quando a concentração de casos de câncer na família segue um padrão de **herança mendeliana**.

Então, pode-se concluir que:

Todas as doenças têm sempre um componente genético de predisposição ou de resistência. O hábito de fumar, por exemplo, é um fator ambiental predisponente, mas também não é suficiente para sozinho causar a doença. Pelo lado biológico do fumante, o desenvolvimento do câncer depende da ocorrência de lesões em genes que controlam a proliferação e a diferenciação celular. Assim, a predisposição genética sem a colaboração do fator ambiental não será suficiente para o desenvolvimento da doença (CERQUEIRA; AZEVÊDO, 1999, p. 74).

O retinoblastoma, tumor raro (associado à disfunção do **gene RB**) que, em geral, afeta bebês e crianças, pode ser enquadrado como exemplo. No caso do padrão hereditário, uma alteração é herdada de um de seus pais afetados, no qual está presente em todas as células somáticas do corpo e a outra mutação ocorre em uma das células da retina. No caso esporádico, ambas as mutações ocorrem somaticamente dentro de uma única célula da retina da criança. E no caso familiar a criança que nasce com uma cópia normal e uma defeituosa perde a cópia intacta nos retinoblastos através de alguma forma de mutação somática (KUMAR *et al.*, 2005). Neste caso, o **genótipo** é composto por genes mutantes, surgindo à doença.

Entre os pacientes com CP, menos de 15% sobrevivem após cinco anos (DUARTE; PASCHOAL, 2006) ao contrário dos cânceres de mama e útero que, tendo um diagnóstico precoce, têm maiores chances de cura. Ao observar a biologia do crescimento tumoral (Figura 2) presume-se que a célula original transformada, ao sofrer 30 duplicações sem perda celular no grupo em proliferação, resultará de uma massa de 1g, a qual é a menor massa clinicamente detectável. Nesse caso, bastariam 10 duplicações para atingir o tamanho máximo compatível com a vida.

Portanto,

Quando um tumor sólido é clinicamente detectável (1 g), ele já completou uma porção importante de seu ciclo vital. Este é o grande impedimento no tratamento de câncer e enfatiza a necessidade do desenvolvimento de marcadores para diagnóstico visando detectar câncer precoce (KUMAR *et al.*, 2007, p. 288).

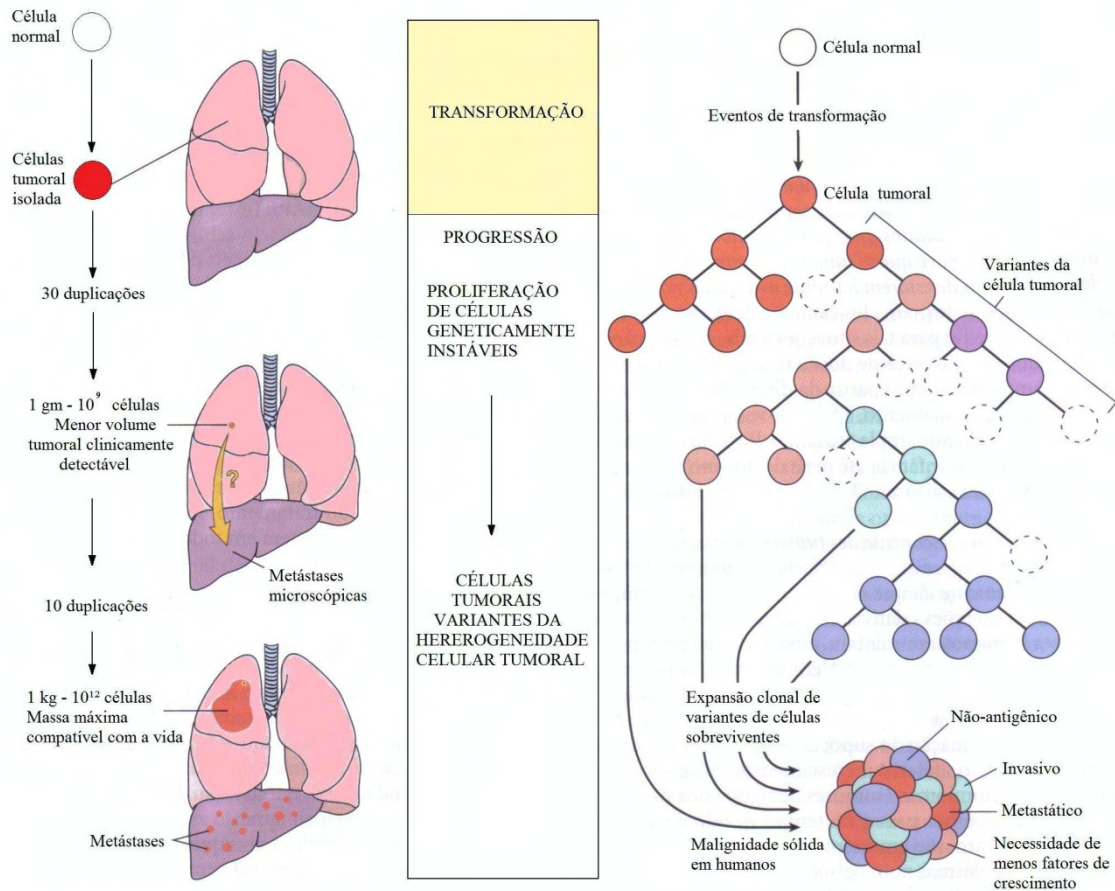


Figura 2 - Biologia do crescimento tumoral. Painel esquerdo: estimativas mínimas das duplicações das células tumorais que precedem a formação de uma massa tumoral clinicamente detectável; Painel direito: evolução clonal e a geração de heterogeneidade das células tumorais; Painel central: etapas do crescimento tumoral (KUMAR *et al.*, 2005, p. 289).

Um exemplo de CP com essa característica é o adenocarcinoma, como mostra a Figura 3. As Figuras 3A, 3B e 3C ilustram aspectos macroscópicos do tumor, ou seja, **endofenótipos**, que são “características (**fenótipos**) que, embora invisíveis externamente, podem ser mensurados” (NURNBERGER; BIERUT, 2008, p. 53). A Figura 3D ilustra células tumorais com aspecto nuclear condensado e altamente basofílico, sugerindo a existência de células com proliferação desregulada (polinucleadas).

Segundo Kumar *et al.* (2005), a maioria dos tumores malignos segue uma seqüência de etapas de crescimento que contempla quatro fases, a saber: alteração maligna na célula-alvo, chamada de transformação; crescimento das células transformadoras; invasão local; e metástases a distância. A taxa de crescimento de um tumor é, então, determinada por três fatores:

- Tempo de duplicação das células tumorais;

- Fração das células tumorais que se encontra em divisão celular; e
- Taxa com que as células são eliminadas e perdidas na lesão crescente.

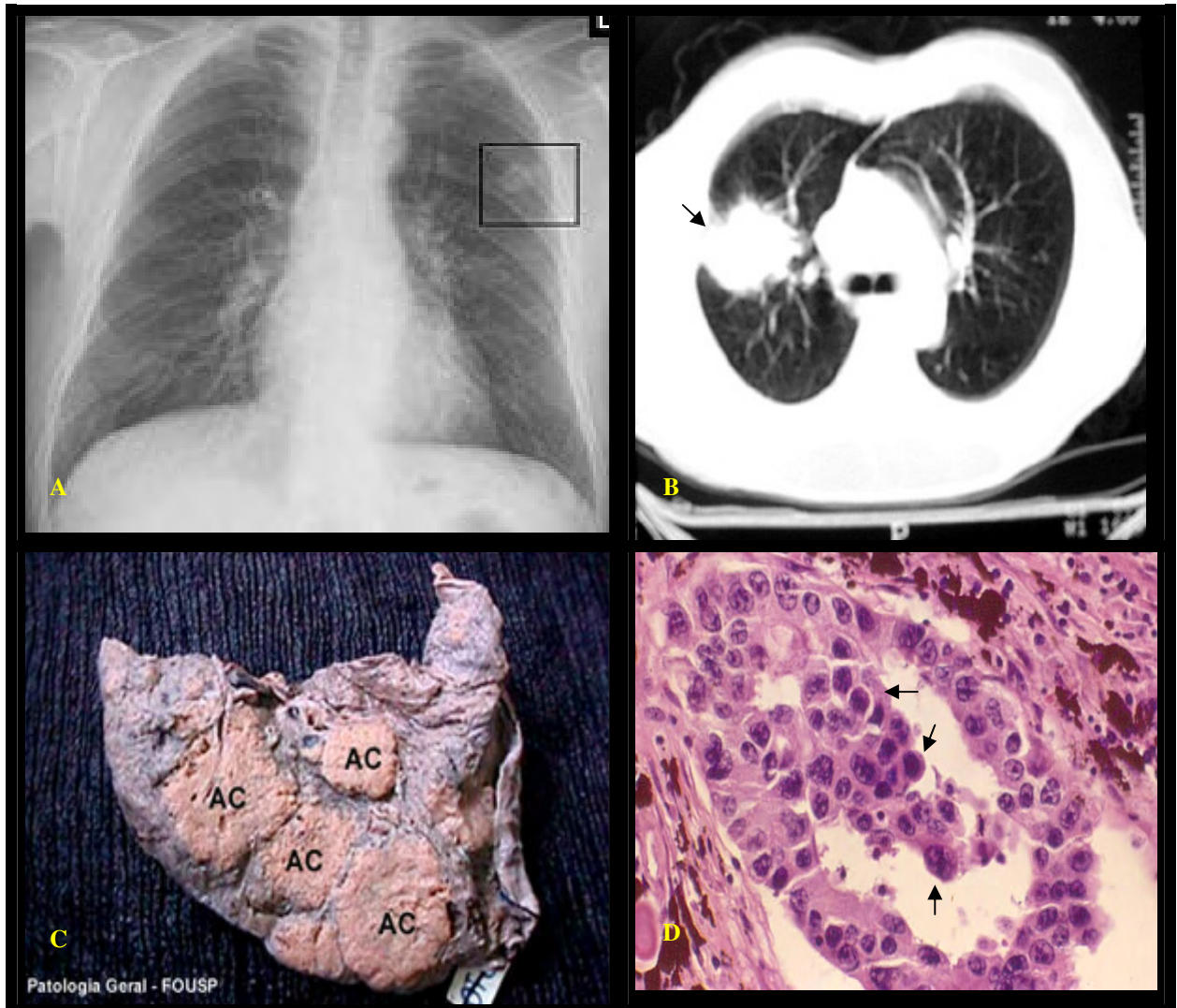


Figura 3 – Adenocarcinoma de pulmão – a patologia visualizada em diferentes escalas. A, Raio X do tórax, região de condensação nodular (no interior do quadrado; disponível em [http://www.snagsby.com/wikis/ptwikipedia.php?title=Cancro_\(tumor\)](http://www.snagsby.com/wikis/ptwikipedia.php?title=Cancro_(tumor))); B, Tomografia axial computadorizada, região nodular densa (seta; disponível em http://www.sbpt.org.br/_sbpt.php?op=paginas&tipo=pagina&secao=19&pagina=497); C, Pulmão após excisão cirúrgica, regiões rosadas (AC) indicando a presença do CP (disponível em <http://www.fo.usp.br/lido/patoartegeral/images/pulmadenocar1A.jpg>); D, Micrografia de alvéolos pulmonares corados pela hematoxilina-eosina, setas indicam as áreas de núcleos basofílicos e material nuclear extremamente condensado (disponível em <http://www.pathology.com.br/capulmcompl.htm>).

Portanto, o poder invasivo dos tumores torna difícil sua capacidade de ressecção cirúrgica. Mesmo se o tumor parece estar bem circunscrito, é necessário remover uma margem considerável de tecidos normais adjacentes ao neoplasma infiltrante (KUMAR *et al.*, 2005).

O fato de haver um descontrole do **ciclo celular** dessas células tumorais não sugere necessariamente que a divisão celular seja mais rápida do que a das células normais. Na

verdade, o crescimento de tais tumores não está necessariamente associado a um encurtamento do tempo do ciclo celular. Isto dependerá da fração de crescimento do tumor, ou seja, da proporção em que estas células irão se dividir dentro da comunidade celular em que vive. No início do crescimento do tumor, a grande maioria de células transformadas se encontra em divisão celular. No entanto, a continuidade desse crescimento pode encerrar o ciclo em decorrência de fatores como: descamação, falta de nutrientes e apoptose. Portanto, o que determina o crescimento progressivo é a relação inversa entre o excesso de velocidade na produção celular (proliferação) e a perda celular (apoptose). Em alguns tumores de pulmão (como o adenocarcinoma), a fração de crescimento e a evolução clínica são rápidas; já em outros (cólon), a fração de crescimento apresenta-se em proporção menor, com produção celular ultrapassando a perda celular apenas em cerca de 10%, de forma que eles costumam crescer num ritmo mais lento (KUMAR *et al.*, 2005).

Após a conquista do seqüenciamento do genoma humano, a comunidade científica precisaria classificar os **genes** de acordo com sua função para poder revelar o seu papel na patogenia do câncer. Assim, surgiu o Atlas do Genoma do Câncer, que compõe o detalhamento das alterações genômicas envolvidas no câncer (COLLINS; BARKER, 2007). Entretanto, vale ressaltar que “nenhum gene relacionado a câncer tem efeito determinístico: toda relação entre gene e câncer é uma **relação probabilística**” (CERQUEIRA; AZEVÊDO, 1999, p.77).

Tais alterações genéticas tornam-se irreversíveis quando as lesões não são reparadas, permitindo a transformação de uma célula normal em uma célula diferenciada, que ao reproduzir-se estará desobedecendo aos limites normais da divisão. Assim sua descendência, ao persistir, entre outras alterações chega a invadir e colonizar o tecido, “perturbando” as células subjacentes normais (ALBERTS *et al.*, 2004).

A Figura 4 traz um esquema resumido do desenvolvimento de um tumor maligno a partir de agentes ambientais (tabagismo) e mostra que tal tumor é desenvolvido diante de uma exposição contínua ao tabaco, acompanhando o desenvolvimento tumoral desde um tecido normal até um tumor invasivo. Segundo Kumar *et al.* (2005) a lesão genética não-letal encontra-se no centro da carcinogênese. Tal mutação, nesse caso, adquirida pela ação de

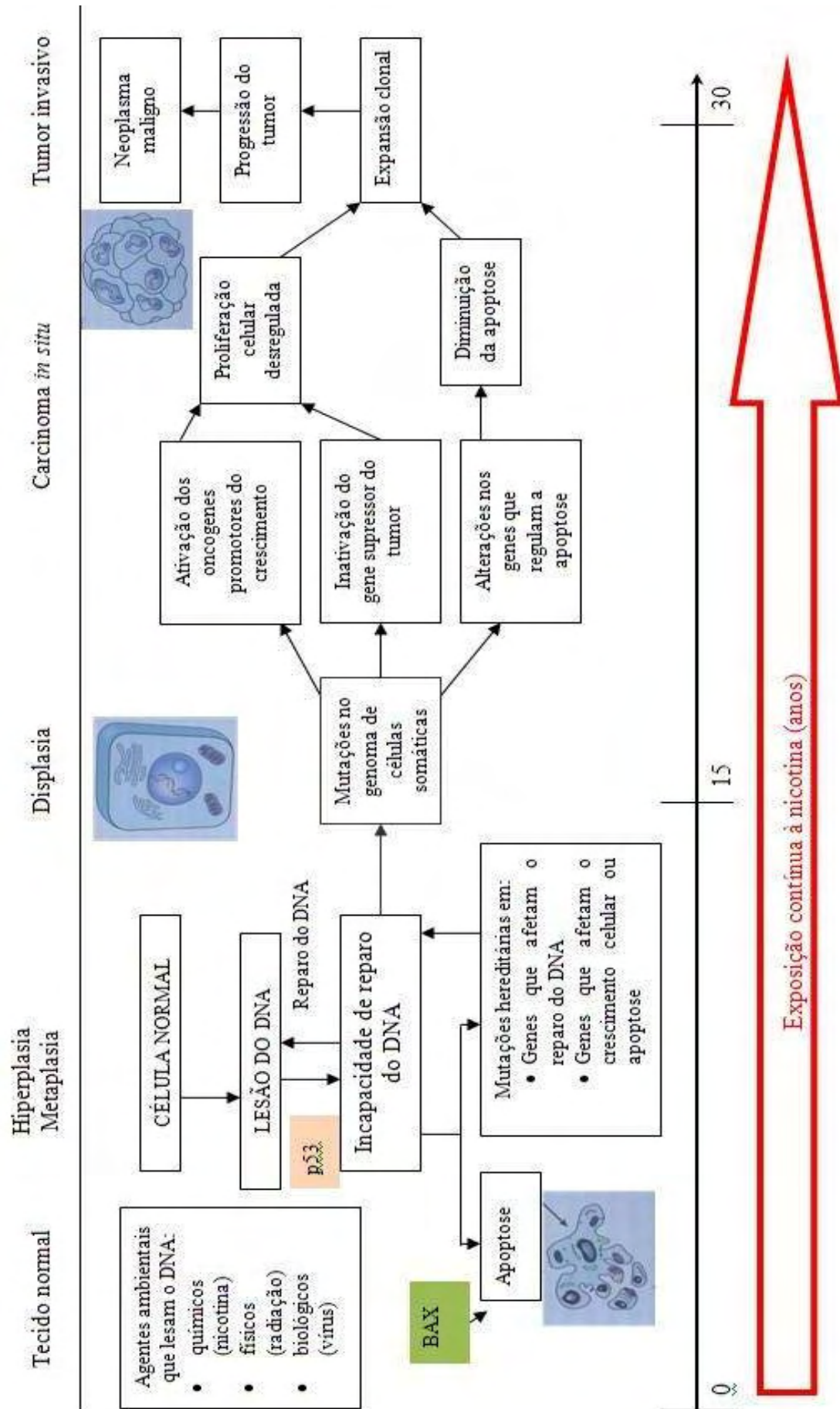


Figura 4 – Representação esquemática dos eventos relacionados à patogênese molecular do câncer. Adaptado de Kumar et al. (2005) e de Hecht (2002).

agentes ambientais como os químicos (nicotina), pode ser reparada ou pode se expandir partindo da clonagem de uma única célula na qual ocorreu a lesão genética. Vale lembrar que a desregulação ocorre exatamente na fase da intérfase, na qual a **cromatina** permite o acesso de substâncias presentes no núcleo, inclusive os carcinógenos, à molécula de **DNA**. Em verdade, a incapacidade de reparo do **DNA** pode predispor à mutação no genoma e, conseqüentemente, à transformação neoplásica. Deste modo “uma vez que se tornam cancerosas, as células ficam propensas a um índice ainda maior de mutação, à medida que seus mecanismos de autocontrole e reparo falham” (COLLINS; BARKER, 2007, p. 60). Então, o que ocorreu para a célula ter tal comportamento? Kumar *et al.* (2005) colocam que as quatro classes de genes normais reguladores do processo do ciclo celular são os principais alvos da lesão genética, a saber:

- Os protooncogenes promotores do crescimento (dominantes);
- Genes inibidores do crescimento dos supressores do tumor (recessivos);
- Genes que regulam a morte celular programada (apoptose) (dominantes/recessivos);
- Genes envolvidos no reparo do DNA (recessivos).

Além da lesão pontual do DNA, outras células tumorais “apresentam problemas para manter a integridade dos **cromossomos** [inclusive os **homólogos**]; conseqüentemente apresentam anomalias grosseiras nos seus cariótipos” (ALBERTS *et al.*, 2004, p. 1321).

Miller (2005) fala da importância desses genes e seus **produtos de expressão (proteínas)** como biomarcadores. Granviller e Dennis (2005) completam dizendo que a genômica e a proteômica são ferramentas poderosas para a classificação dos subtipos tumorais e identificação dos genes ou seus produtos de expressão que podem servir como marcadores diagnósticos preditivos ou prognósticos. Baseado na classificação de Alberts *et al.* (2006) e Kumar *et al.* (2005), o Quadro 2 traz os principais genes (marcadores moleculares) que, ao sofrerem mutação, alteram o grau de atividade, aumentando ou diminuindo o produto gênico e sendo denominados, respectivamente:

- **Protooncogenes** - corresponde a classe de genes que em uma mutação causa superexpressão. Os **alelos** mutantes dos protooncogenes são considerados dominantes porque transformam as células apesar da presença de um equivalente normal. Os seus mutantes, as formas hiperativas, são denominados **oncogenes** (através da hiperprodução

de **proteínas** codificadoras normais, sugerindo defeitos regulatórios na transcrição do gene ou na amplificação gênica).

- **Genes supressores de tumores** - são os genes que decorrem da perda de função. Neste, ambos os **alelos** normais dos genes supressores do tumor devem estar lesionados para que ocorra a transformação, de modo que esta família de genes é às vezes chamada de oncogenes recessivos. Porém tem exceções, pois alguns genes supressores do tumor perdem sua atividade supressora quando perdem um único alelo ou quando ele é inativado. Esta perda de função de um gene recessivo causada por lesão de um único **alelo** é chamada de haploinsuficiência.

Genes Supressão tumoral	Papel no ciclo celular	Efeito alterado
Rb (Retinoblastoma)	A proteína RB, um produto do gene <i>RB</i> , é uma fosfoproteína nuclear que desempenha um papel-chave na regulação do ciclo celular. O RB existe no estágio hipofosforilado ativo, em células quiescentes e num estágio hiperfosforilado inativo na transição entre G1/S no ciclo celular.	Expressão aumentada da ciclina D1 com a inativação do gene p16. As mutações dos genes <i>RB</i> encontradas nos tumores estão localizadas numa região da proteína RB chamada de “bolso RB” que está envolvida na ligação com E2F.
p53 “guardião do genoma”	É responsável pela parada do ciclo celular e o início da apoptose em resposta à lesão do DNA e pelo acompanhamento, desencadeando os pontos de verificação que levam a reduzir ou suspender a progressão do ciclo celular de células lesadas ou causar apoptose: Induz o p21, resultando em desfosforilação do Rb e inibição do ciclo celular. Esta pausa dá as células tempo suficiente para reparar a lesão do DNA infligida pelo agente mutagênico (tabaco) ; regula o crescimento celular na interfase G1-S do ciclo celular; induz apoptose nas células com dano no DNA. Induz Bax, gene promotor de apoptose.	Sofre mutação (inativação): Promove transições guanina-timina; elimina a sua produção ou produz de forma ineficaz; vida mais longa; não é capaz de ativar o p21. Os tumores podem ser resistentes à morte celular programada.
Proto-oncogenes k-ras	Codificam proteínas ligadoras do grupo guanosina trifosfato que ficam localizadas no lado interno da membrana celular e participam do sinal de transdução.	Resulta na modificação no aminoácido da proteína que leva à redução na atividade da guanosina trifosfato, impedindo sua liberação.
Oncogenes c-erbB-1 c-erbB-2	Receptores do fator de crescimento	Superexpressão em até 80% dos carcinomas de células escamosas do pulmão.

Quadro 2 - Marcadores moleculares encontrados no CP causados por carcinógenos químicos.

Então, de que forma o **gene** expressa seu produto?

As proteínas que funcionam intimamente unidas na célula frequentemente apresentam seus genes localizados em diferentes cromossomos, e genes adjacentes codificam proteínas que têm pouco em comum entre si, na célula (ALBERTS *et al.*, 2004, p. 301).

O **DNA** utiliza o **RNA** como molécula intermediária para a síntese de **proteína** num processo chamado de transcrição. Em seguida, tais moldes irão direcionar a síntese protéica num processo denominado de tradução. No entanto, tal transcrição realizada pelas enzimas RNA polimerases é submetida a uma série de etapas de procedimentos, a saber:

- abertura e desespiralização de uma pequena porção da dupla hélice de DNA, sendo uma das fitas o molde para a síntese de RNA;
- desfazimento da ponte de hidrogênio, deslocamento da cadeia como fita simples e reassociação da hélice do DNA;
- remoção dos *íntrons* (*splicing* de RNA) e adição de um nucleotídeo especial em 5' (*capeamento*) e de uma cauda de nucleotídeos adenina na ponta 3'. Tal RNA processado é chamado de RNA *mensagemiro* (mRNA);
- tradução ribossomal do mRNA em proteína, em que a seqüência de nucleotídeos é “lida” consecutivamente em grupos de três (códon). Estes são “testados” e reconhecidos randomicamente, até haja o adequado paramento com a seqüência complementar no tRNA (anti-codons). Havendo o reconhecimento, a cadeia de aminoácidos vai sendo formada.

A fumaça do tabaco contém mais de 60 carcinógenos, entre eles os hidrocarbonetos policíclicos (como o benzopireno), as nitrosaminas e as aminas aromáticas. O produto do gene *p450* (CYP1A1), metaboliza hidrocarbonetos aromáticos policíclicos como o benzopireno, induzindo mutações e carcinogênese ao se ligar ao DNA. Segundo as estatísticas, “aproximadamente 10% da população branca apresentam uma forma altamente induzível dessa enzima”, estando associada a um maior risco de câncer de pulmão nos fumantes (KUMAR *et al.*, 2005 p. 334; DUARTE; PASCHOAL, 2005). Além disso, as pessoas que fumam pouco, mas possuem uma maior predisposição, ou seja, portadoras do **genótipo** susceptível CYP1A1, aumenta o risco em sete vezes em relação aos fumantes sem o **genótipo** permissivo. Já a enzima glutationa-S-transferase está envolvida na detoxificação dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, através da transformação por conjugação, em intermediários hidrossolúveis que são excretados pela célula. “Em cerca de 50% dos brancos, este loco está inteiramente deletado, logo, esses indivíduos apresentam um risco superior de contrair câncer de pulmão e bexiga, mas apenas se forem expostos à fumaça de tabaco” (KUMAR *et al.*, 2005 p. 334; DUARTE; PASCHOAL, 2005). Portanto, quanto maior for o investimento científico no sentido de compreender a combinação entre tal predisposição genética e as influências ambientais de qualquer origem, mais próximo se estará da real

compreensão do organismo como um todo, dando condições de tratamentos a doenças ainda incuráveis.

A carcinogênese é um processo em diversas etapas tanto no nível **fenótipo** como no **nível genético**. Um tumor maligno apresenta diversas características fenotípicas, tais como crescimento excessivo, invasividade local e capacidade de formar metástases a distância. Estas características são adquiridas de maneira gradativa, consistindo num fenômeno chamado de progressão do tumor. No nível molecular, a progressão resulta do acúmulo de lesões genéticas que em alguns casos são favorecidas por defeitos no reparo do DNA (KUMAR *et al.*, 2005, p. 301).

De acordo com as alterações essenciais de cada gene mutante sua desregulação contribuirá para a origem ou progressão da malignidade. Cada gene de câncer apresenta uma função específica, cuja desregulação contribui para a origem ou progressão da malignidade. Tais alterações são fundamentais na fisiologia celular que juntas determinam o **fenótipo** (Figuras 3 e 5).

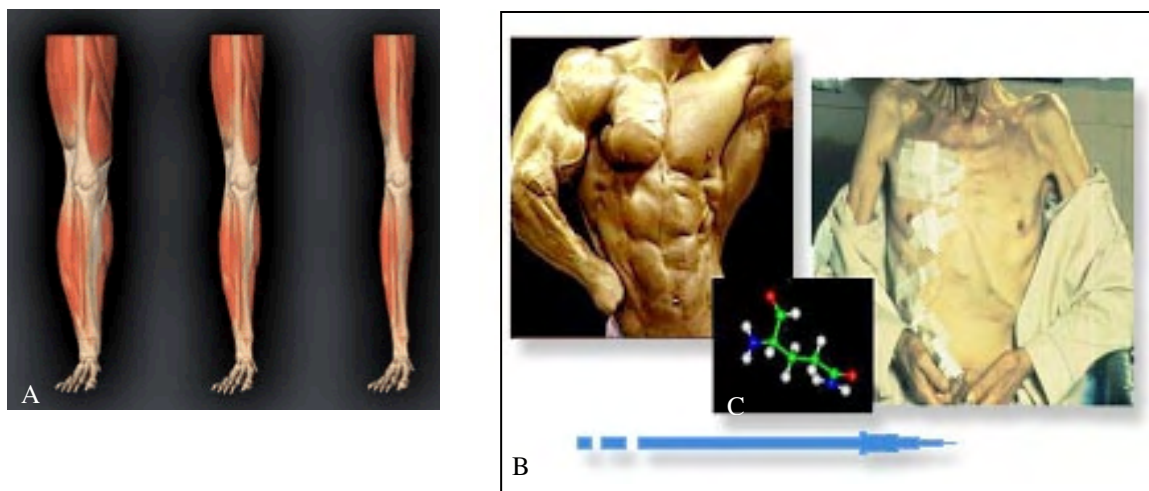


Figura 5 – A caquexia e a progressão da perda de massa muscular. A, representação esquemática; B, aspecto do indivíduo antes e depois da perda de massa muscular; C, representação estrutural da citocina Fator de Necrose Tumoral – TNF (disponível em www.folstaxan.com/cachexia/cachexia.h).

O desenvolvimento de tumores é típico de desregulação no **ciclo celular**. As diversas fases (G1, S, G2 e M) desse desenvolvimento são controladas pelas ciclinas e pelas quinases ciclina-dependentes (CDKs) e seus inibidores. Essas últimas são ativadas pela fosforilação a partir da ligação das proteínas-alvo, as ciclinas. Portanto, a função das ciclinas é ativar as CDKs (KUMAR *et al.*, 2005).

A ciclina D é a primeira a aumentar no ciclo celular, surgindo da metade até o final da fase G1 da intérfase. Esta se liga e ativa o CDK4, formando um complexo ciclina D-CDK4 cuja função é fosforilar a proteína retinoblastoma (RB) juntamente com a ciclina E-CDK2 no

ponto de restrição G1/S. A fosforilação do RB é um controle para ligar e desligar o ciclo celular. A fosforilação do RB (hiperfosforilação do RB) libera a inibição da atividade de E2F de transcrição. Assim, essa fosforilação elimina a principal barreira à progressão no ciclo celular e promove a replicação celular (fase S). Da mesma forma a transição da fase G2 para a mitose (M), é iniciada pela transcrição da ciclina A, que é mediada pela E3F, que forma o complexo ciclina A-CDK2 e regula os eventos na prófase mitótica. Durante a fase M, os grupos fosfato são retirados de RB pelas fosfatases celulares, regenerando assim a forma hipofosforilada de RB (reiniciando o ciclo).

No Quadro 3 observam-se alguns genes do ciclo celular, que se ligam aos complexos formados entre as ciclinas e CDKs, controlando as fases do ciclo. Então, na transição G1/S se a lesão não for reparada, as vias apoptóticas são ativadas para destruir a célula. Assim, o ponto de verificação G1/S impede a replicação de células com defeitos no DNA, que se perpetuariam como mutações ou rupturas de cromossomas na progênie da célula. Neste ponto de verificação a parada celular é principalmente mediada através da p53, que induz o inibidor de ciclo celular p21 (KUMAR *et al.*, 2005).

Assim como a célula é regulada pelos genes promotores do crescimento e pelos genes inibidores do crescimento, a sobrevivência da célula é condicionada por genes que promovem e inibem a apoptose. Conseqüentemente, o acúmulo de células neoplásicas pode ocorrer não somente pela ativação dos oncogenes ou pela inativação dos genes supressores do tumor, mas também pelas mutações nos genes que regulam a apoptose (KUMAR *et al.*, 2005, p.319).

Deste modo, as diversas mutações no genoma nas células do pulmão vão ativar os oncogenes promotores do crescimento e ao mesmo tempo inativar o gene supressor do tumor, além de interferir na regulação da apoptose. Todas as desregulações do ciclo celular trazem condições para que a célula possa proliferar se sobrepondo a quantidade de células em apoptose. As expansões clonais ininterruptas (progressão do tumor) darão origem à neoplasia maligna.

As alterações morfológicas estão ilustradas na Figura 3. A hiperplasia patológica do câncer é causada pelo estímulo excessivo das células-alvo por agentes químicos, biológicos ou por radiações. Tais alterações podem ser reversíveis (metaplasia) ou podem ter um crescimento desordenado com perda na uniformidade das células individuais assim como uma perda na sua orientação arquitetural (displasia). Caso essa displasia chegue a envolver toda a espessura do epitélio, embora permaneça confinada ao tecido normal, são consideradas

carcinoma in situ. Caso as células tumorais se movam além dos limites originais, o tumor é chamado de invasivo (KUMAR *et al.*, 2005).

As alterações displásicas são freqüentemente encontradas adjacentes aos focos de carcinoma invasivo, e em algumas situações, como em fumantes de longa duração, uma displasia epitelial grave precede freqüentemente o aparecimento do câncer. No entanto, uma displasia não evolui obrigatoriamente para o câncer, pois o quadro pode ser revertido quando tais alterações forem leves ou moderadas que não envolvam toda a espessura do epitélio (KUMAR *et al.*, 2005, p.287).

Portanto, percebe-se que todos os conceitos propostos na pesquisa foram contemplados numa perspectiva macro e microscópica, numa visão sistêmica, a partir do exemplo proposto.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida como um estudo de caso, de natureza exploratória, pois segundo Gil (1991 *apud* SILVA; MENEZES, 2001, p. 20) essa proposta favorece uma “maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses”, além de partir de um “estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento”. Paralelamente, foi também um trabalho qualitativo, visto se tratar de uma relação indissociável, entre o mundo real e o sujeito. Trata-se da construção e da aplicação de dois jogos, “**Trinca Genética**” e “**Dominogêneo**”, como alternativas para diagnosticar a capacidade de articulação/sobreposição de forma sistêmica, de conceitos básicos da Genética, por grupos de discentes e docentes.

A pesquisa teve três momentos:

1. construção dos dois jogos (“**Trinca Genética**” e “**Dominogêneo**”) com suas respectivas regras;
2. aplicação em grupos de escolaridade distinta e;
3. análise dos dados e categorização.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra (n=36), oriunda de instituições públicas e privadas do Recife (PE), em diferentes níveis de escolaridade, foi organizada em dez grupos, como representado no Quadro 3. A atuação e a área de pesquisa dos docentes estão demonstradas no Quadro 4.

Grupos	Idade (anos)	Participantes	Perfil
A	16, 17	1, 2, 3, 4	Alunos do 3º ano do EM de escolas particulares do Recife (PE).
B*	17, 18, 19	5, 6, 7, 8	Alunos do 3º ano do EM de escola pública do Recife (PE).
C*	19	9, 10, 11, 12	
D*	17, 19	5, 6, 7, 12	
E	17, 18, 21	13, 14, 15, 16	Graduandos em diferentes áreas, sem relação direta com as Ciências Biológicas, como Direito, Design e Sistemas de Informações.
F	22, 24, 25, 30, 42	17, 18, 19, 20, 21	Alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade particular do Recife (PE).
G	24, 25, 37	22, 23, 24, 25	Alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de duas IES públicas de Pernambuco.
H	22, 23, 24, 29	26, 27, 28, 29, 30	

*Grupos B e C jogaram apenas o jogo “Trinca Genética”, o grupo D jogou apenas o jogo “Dominogêneo”.

Quadro 3 - Categorização da amostra Ensino Médio (EM) e Graduação (GRA)

Grupos	Participantes	Tempo de magistério superior	Formação <i>Stricto Sensu</i> / Área de Atuação na pesquisa	Disciplina que ministra
I	31	9 anos	Mestrado em Educação: Ensino de Ciências/ Formação de professores	Didática, Prática de Ensino e Metodologia
	32	17 anos	Doutorado em Bioquímica e Biologia Molecular/ Química de Proteínas	Bioquímica
	33	24 anos	Doutorado em Ciências Biológicas/ Ensino de Biologia, Formação de Professores e Conceitos	Biofísica
	34	12 anos	Doutorado em Ciências Biológicas/ Biodiversidade e Genética de Insetos	Genética Geral, Genética das Populações e Evolução
J	35	1 ano e meio	Mestrado em Educação/ Processos de ensino-aprendizagem, Educação em Saúde, Recursos Didáticos e Linguagens no ensino de ciências.	Prática de Ensino e Métodos e Técnicas
	36	2 anos e meio	Doutorado em Biologia de Fungos/ Microorganismos	Genética, Citologia, Histologia e Embriologia

Quadro 4 - Caracterização dos docentes das IES (atuação e área de pesquisa).

3.2 MATERIAL E MÉTODO

Além dos jogos propriamente ditos, foram também usados:

- filmagem para registro das argumentações e negociações intra-grupo;
- fotografia digital para registro das associações estabelecidas e;
- questionário para avaliação dos jogos enquanto ferramenta didática e de sua aplicabilidade (Apêndice A).

A Figura 6 representa uma síntese das etapas da metodologia desenvolvida na pesquisa.

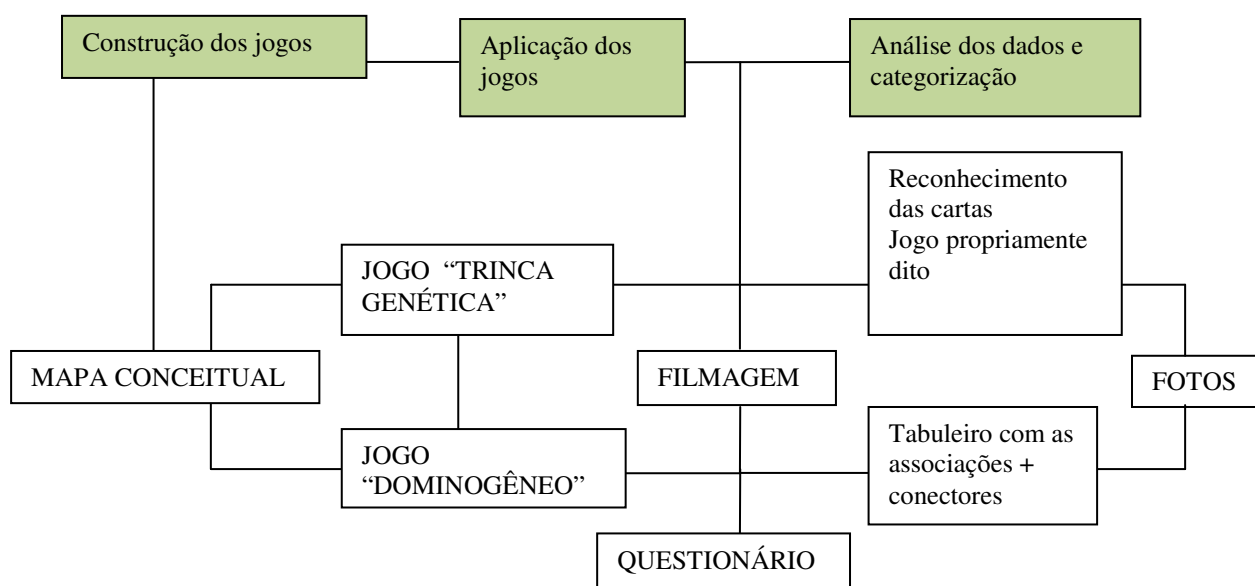


Figura 6 - Representação esquemática das etapas desenvolvidas durante a metodologia aplicada.

3.2.1 Construção dos jogos

Uma ferramenta utilizada para a construção dos jogos foi o mapa conceitual (Figura 10), que permitiu “mostrar relações hierárquicas significativas entre conceitos” (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1998, p. 35) e evidenciar as relações de subordinação mostrando maior consistência nas articulações e sobreposições dos conceitos em estudo.

3.2.1.1 Jogo “Trinca Genética”

O jogo “Trinca Genética” propõe o estabelecimento da associação de uma tríade: **Palavra/Conceito/Imagem** (Apêndice B), sendo organizado a partir de treze tópicos: gene, genótipo, fenótipo, cromossomo, cromossomo homólogo, alelos, ciclo celular, probabilidade, RNA, DNA, cromatina, proteína e 1ª Lei de Mendel. Os procedimentos propostos pelo jogo constavam de duas etapas: o reconhecimento das cartas e o jogo propriamente dito. Os materiais utilizados foram: papel guache, papel impresso, cola branca, plástico colante transparente.

3.2.1.2 Jogo “Dominogêneo”

O jogo “Dominogêneo” foi construído representando a estratégia do jogo de dominó tradicional (lúdico), pois de acordo com Lopes (2005, p.93):

Antes da confecção do jogo, é necessário um planejamento prévio e um estudo do jogo de dominó para que o arranjo das pedras fique perfeito, pois é preciso que todas as pedras se encaixem; portanto, é importante [...] fazer um jogo com a mesma estrutura original:

0.0	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6
0.1	1.2	2.3	3.4	4.5	5.6	
0.2	1.3	2.4	3.5	4.6		
0.3	1.4	2.5	3.6			
0.4	1.5	2.6				
0.5	1.6					
0.6						

O jogo “Dominogêneo” baseou-se em nove tópicos relevantes para o estudo da Genética, bem como em conceitos e imagens a serem relacionados. Cada “carroça” era formada por palavra e conceito referentes a um mesmo tópico. Foram disponibilizadas 45 pedras de associação e “conectores das associações”, que são pequenas pedras coloridas, contendo os nomes dos nove conceitos. Estas pedras foram disponibilizadas para serem usadas em cada associação a fim de identificar o contexto que o grupo decidiu relacionar.

Portanto, o desafio estava em associar o maior número possível de pedras, identificando os conectores e estabelecendo uma topografia desses conceitos na concepção do grupo. Os materiais usados para a confecção do jogo “Dominogêneo” foram: papel, madeira, cola branca, feltro e velcro. Cada pedra possui, no verso, uma tira de velcro e o “tabuleiro” foi forrado com feltro. A fixação das pedras no tabuleiro garantiu a permanência da seqüência, favorecendo posterior análise (Apêndice C).

As regras de ambos os jogos foram criadas levando em consideração a quantidade de participantes (4 ou 5) em cada grupo (Apêndices D). No entanto, não se pôde descartar a possibilidade de sobreposições entre os conceitos diante de contextos favoráveis.

3.2.2 Aplicação dos jogos em grupos de escolaridade distinta

Os dois jogos foram trabalhados seqüencialmente, em um único encontro, exceto com os grupos da Rede Pública Estadual. Neste caso, a ausência de quatro componentes no segundo encontro, levou à formação do grupo D, exclusivo para o jogo “Dominogêneo”. O local da aplicação dos jogos foi o estabelecimento institucional das respectivas amostras e não foi estabelecido limite de tempo para a aplicação. Os dois jogos foram elaborados com o objetivo de diagnosticar o nível de compreensão dos participantes sobre os conceitos básicos da Genética numa perspectiva sistêmica, bem como as dificuldades apresentadas nos diferentes níveis de escolaridade, estabelecendo uma comparação entre os grupos.

Partiu-se do pressuposto que a interação entre os participantes, utilizando argumentos e negociações, permitiria o avanço de cada jogada a partir do consenso de cada grupo. Antes de iniciar o primeiro jogo (“Trinca Genética”) foram lidas as regras, de ambos os jogos, e esclarecidas quaisquer dúvidas. Em seguida, partindo do procedimento estabelecido pelas regras deu-se início ao jogo “Trinca Genética”. Concluída essa etapa, seguiu-se o jogo “Dominogêneo”. Todo o processo de aplicação dos dois jogos foi filmado para avaliar o comportamento dos participantes quanto às estratégias, as argumentações e as negociações utilizadas durante as jogadas até o resultado final dos jogos. Após a aplicação, todos os participantes responderam a um questionário contendo itens de identificação dos participantes e perguntas para validar os jogos como instrumento didático no processo de ensino-aprendizagem. A aplicação dos jogos nos três níveis de escolaridade (Figuras 7, 8 e 9) contemplou as seguintes etapas:

A) Ensino Médio

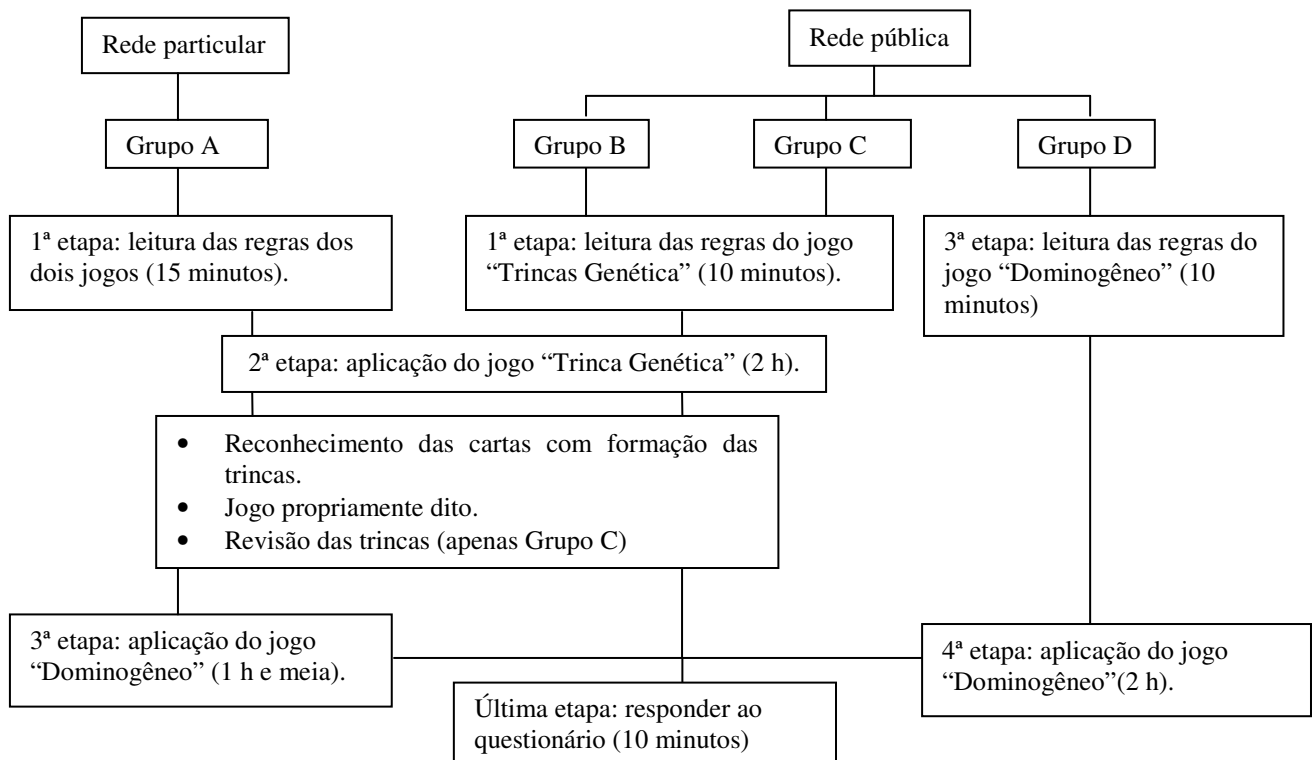


Figura 7 - Esquema representando as etapas dos grupos do Ensino Médio (EM).

B) Graduação

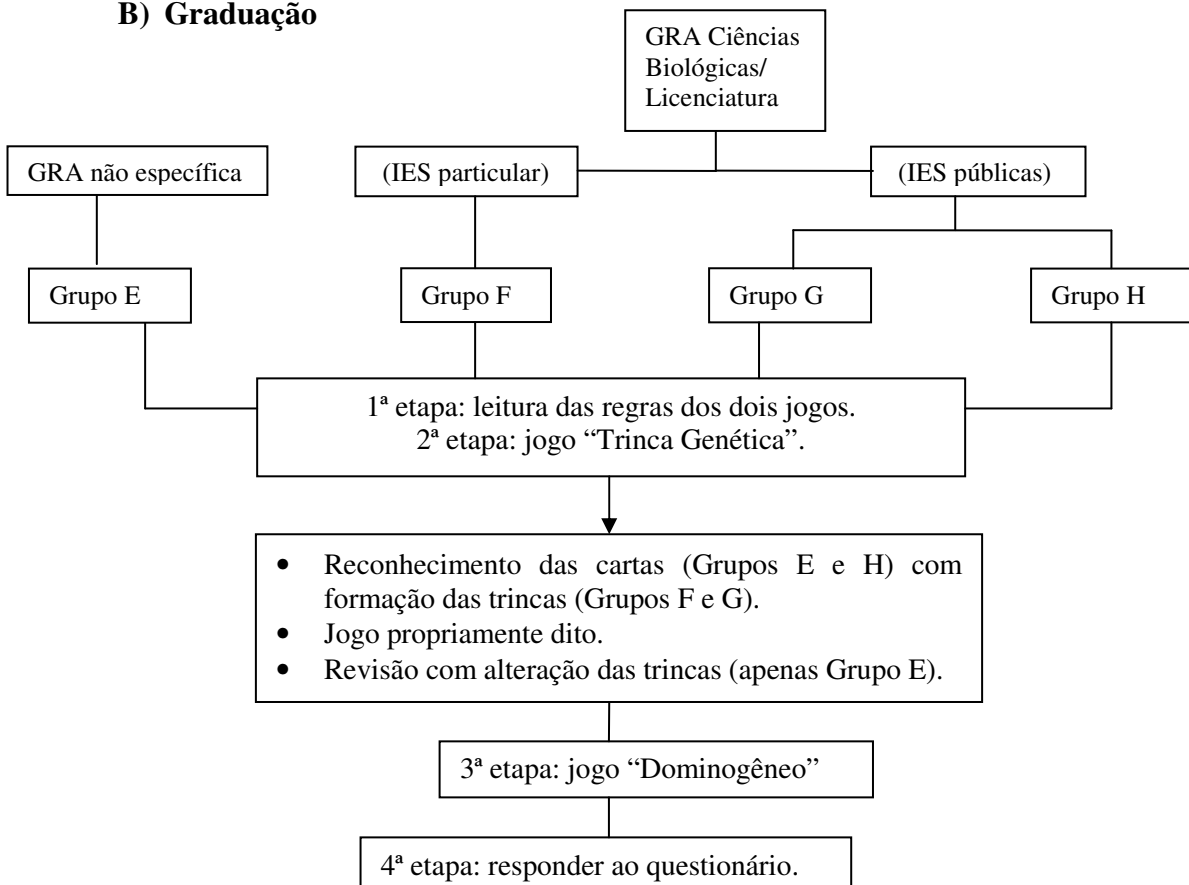


Figura 8 - Esquema representando as etapas dos grupos da Graduação (GRA).

C) Professores das IES

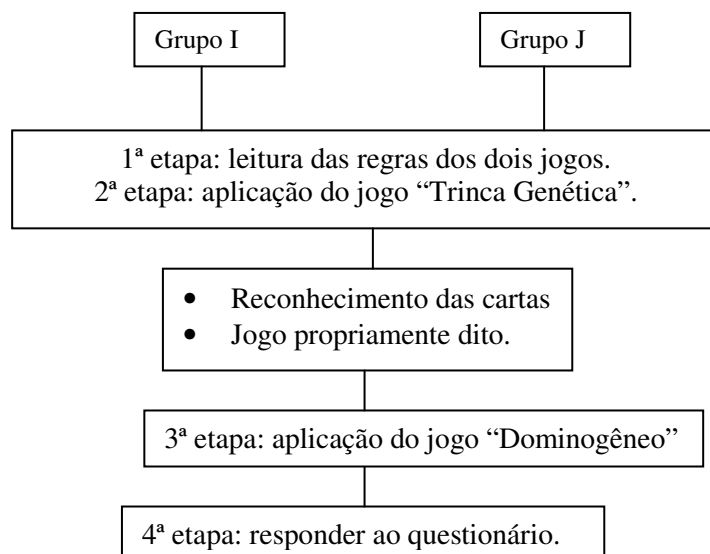


Figura 9 - Esquema representando as etapas dos grupos de professores das Instituições de Ensino Superior (IES).

3.3 ANÁLISE E CATEGORIZAÇÃO DOS DADOS

Para validação dos jogos como ferramenta didática foram analisadas e criadas categorias a partir das respostas contidas no questionário (Apêndice A). O questionário abordou os seguintes tópicos: expectativa dos participantes; avaliação dos jogos quanto à duração e clareza das regras; viabilidade dos jogos na sala de aula; sensações provocadas após os jogos; aspectos positivos e negativos; interesse de jogar novamente.

Para a avaliação diagnóstica quanto ao estabelecimento de relação/associação entre Palavra-Conceito-Imagem foram analisadas as treze trincas do jogo "Trinca Genética", sendo criadas as seguintes categorias: trincas formadas com facilidade (sem discussão); trincas formadas com dificuldade parcial + discussão; trincas formadas com dificuldade total + discussão; trinca correta; trinca parcialmente correta e trinca incorreta. Vale ressaltar que a categoria "facilidade" não garante necessariamente, adequação conceitual. Da mesma forma, a categoria "dificuldade" estaria associada a outros aspectos diferentes da cognição.

Por fim, para a avaliação diagnóstica, a partir do jogo "Dominogêneo", ao estabelecer articulação e sobreposição dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins foram criadas categorias de acordo com as associações entre as pedras, juntamente com os conectores: associações corretas + conectores corretos; associações corretas + conectores parcialmente corretos; associações corretas + conectores incorretos; associações incorretas + conectores

corretos; associações incorretas + conectores parcialmente corretos; associações incorretas + conectores incorretos e associações + sobreposições de conceitos.

Após as análises foram escolhidas as associações do jogo “Trinca Genética” e as do jogo “Dominogêneo” que representaram maior significado no que diz respeito às dificuldades, com suas respectivas discussões.

CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram organizados em três eixos: 1 – Construção dos jogos; 2 - Validação dos jogos como ferramenta diagnóstica; 3 – Avaliação diagnóstica e comparação entre os grupos de cada nível e entre os níveis de escolaridade nos dois jogos (“Trinca Genética” e “Dominogêneo”).

4.1 CONSTRUÇÃO DOS JOGOS: “TRINCA GENÉTICA” E “DOMINOGÊNEO”

A motivação – ou seja, os “motivos para a ação” – traduz sentimentos relevantes a toda atividade humana, impulsionando e tornando gratificante as realizações. A motivação é intrínseca, é processo interior que se desencadeia na relação entre aptidões, interesses, necessidades e as oportunidades de realizar as ações. Portanto, as motivações sem oportunidades de realização equivalem a frustrações e emperramentos, bloqueios, reduções de espaços de ser, fazer, viver (RANGEL, 2005, p.61).

A motivação ou impulso intrínseco que levou à produção dos jogos “Trinca Genética” e “Dominogêneo”, emergiu das dificuldades em entender/ensinar os conceitos abstratos referentes à Genética. Em geral, tais conceitos sinalizam dificuldades no processo ensino-aprendizagem, visto que sua abordagem, via de regra, não contempla a relação micro e macroscópica, nem uma visão sistêmica e contextualizada. Algumas pesquisas já anunciam essa dificuldade, a exemplo dos trabalhos de Lopes (2007) e Sá (2007). Ao expor a preocupação sobre o ensino-aprendizagem de tais conceitos foi sugerido por um professor a construção de um jogo didático como recurso auxiliar. Então, o desafio foi instalado, pois unir conceitos abstratos e jogos didáticos numa visão sistêmica não seria apenas mais um jogo para abordar os conceitos propostos, mas uma mudança de paradigma. Tal motivação veio acompanhada de inquietações que provocaram um processo de mudança e transformação de conjecturas e idéias que paulatinamente foram se acomodando até chegar ao produto final: os jogos. A ruptura de paradigma fez mover uma visão antes linear para um olhar sistêmico que agregou valores e conceitos, elevando a motivação e dando um significado maior à pesquisa, além de contribuir para futuros investimentos.

Schwarz (2006, p. 11) ao pesquisar a contribuição dos jogos educativos na qualificação do trabalho docente coloca que “produzir jogos ou praticá-los é importante não só para a aprendizagem dos alunos, mas também para a dos professores”. Ainda coloca que o

tipo de jogo escolhido determina como os conceitos serão abordados. Por exemplo, nesta pesquisa, o diferencial dos jogos propostos é que privilegiam a visão sistêmica nos universos micro e macroscópicos, desafiando a capacidade de articulações e sobreposições de conceitos pelos participantes, em vez de privilegiar a memorização, como na maioria dos jogos produzidos para o ensino da Genética.

4.1.1 Da escolha dos conceitos

A avaliação não se limita ao processo de aprendizagem, mas também ao processo de ensino (VALENZUELA, 2005). Dessa forma, o ensino dos conceitos abstratos remete a algumas reflexões sobre a prática e a didática docente, além da busca de rupturas paradigmáticas dominantes em que o professor é o transmissor dos saberes científicos. Assim, a proposta dos jogos traz outra forma do professor estimular o interesse e a curiosidade do aprendiz e, ao mesmo tempo, “melhorar a prática e a compreensão sobre ensino e questionar o modo tradicional de pensar o ensino dos jogos” (VALENZUELA, 2005, p. 93).

Em que momento se deu essa reflexão?

A inquietação gerada durante a regência de uma aula de Biologia, que abordava os conceitos básicos da Genética, incentivou a pesquisadora deste trabalho a criar novas alternativas para trabalhar tais conceitos. A articulação com conceitos da Bioquímica e da Biologia Celular, desafiadores pela sua complexidade de abstração e, geralmente não bem trabalhados na graduação devido à sua fragmentação, poderia ser um caminho para a superação da dicotomia entre o ensino e a pesquisa, uma das metas a ser alcançada na transição de paradigmas pela qual passa a Educação.

Outro fator é que o estudo da Genética vem repercutindo significativamente nos meios de comunicação por conter informações importantes e decisões da mesma magnitude, na tentativa de aumentar a qualidade de vida da população. Por isso, o ensino da Genética tem elevada importância dentro de uma perspectiva que ultrapassa os limites da fragmentação, promovendo um novo olhar sobre aspectos macro e microscópicos existentes entre os sistemas biológicos, articulados e interligados entre si como ilustra o mapa conceitual dos conceitos básicos da Genética (Figura 10).

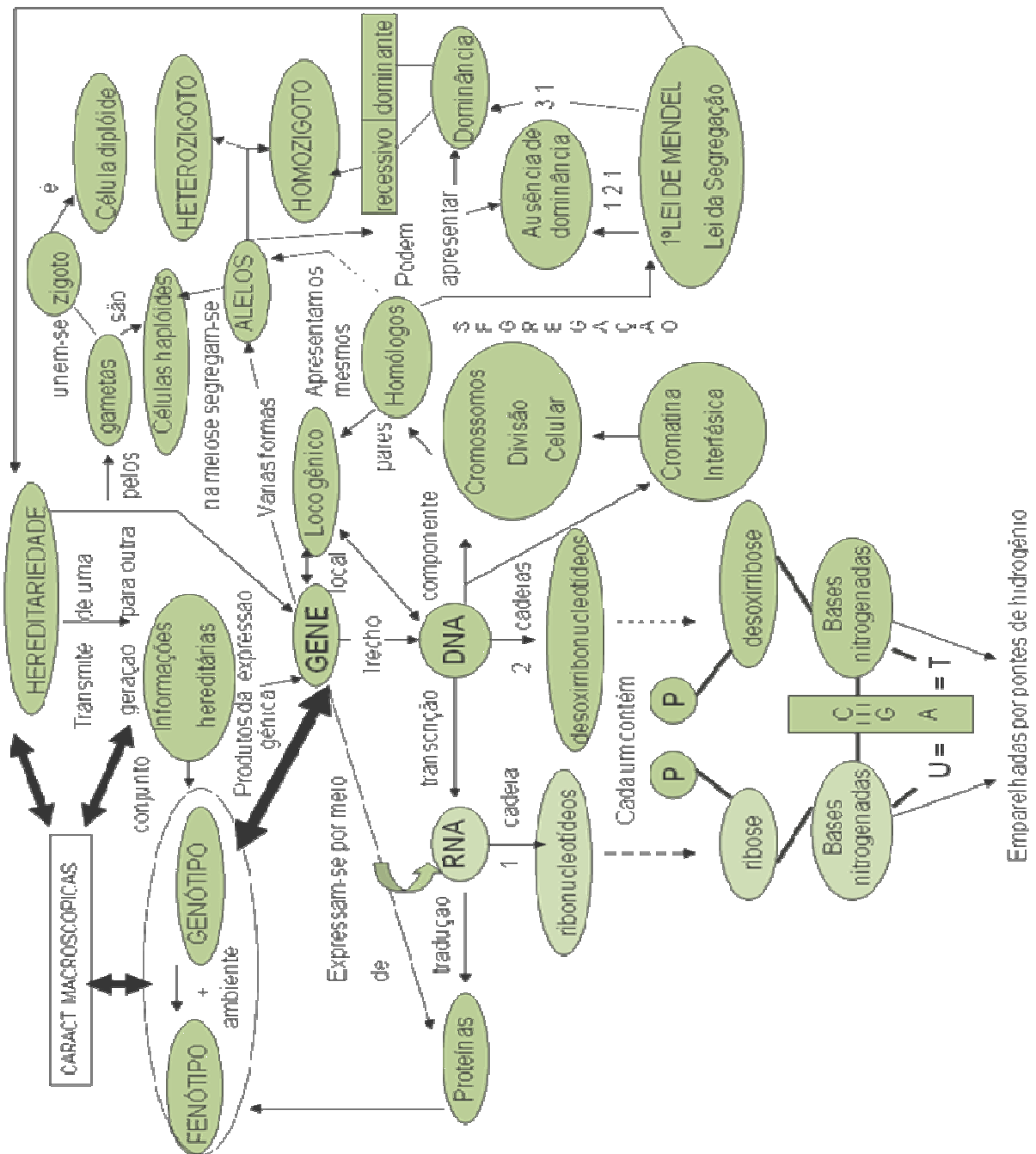


Figura 10 - Mapa conceitual dos conceitos básicos da Genética com suas relações/articulações, utilizado como base para a construção dos jogos.

4.1.2 Da pesquisa sobre jogos em Genética

Após a escolha dos conteúdos foi realizada uma revisão de literatura sobre pesquisas envolvendo jogos de manipulação presencial em Genética. Para Dohme (2003) o jogo com objetivo educacional é visto como um meio que conduzirá à aprendizagem. Entretanto, os resultados demonstraram que o uso do jogo, embora significativo para a aprendizagem, vem sendo abordados de forma fragmentada apesar da preocupação com a contextualização. Além

disso, a maioria utiliza situações-problema (FREIRE; MORAES, 2005) ou perguntas e respostas (ARCANJO *et al.*, 2006; RAMALHO *et al.*, 2006) ou ainda palavra e significado (JUSTINIANO *et al.*, 2006), sem o uso de imagens. Com exceção dos jogos computadorizados é lamentável que a leitura de imagens não seja explorada nos jogos de tabuleiro e de mesa, pois contribui para a inteligibilidade de diversos textos científicos, além de ajudar na construção das idéias científicas e na própria conceituação (MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005). As imagens são representações simbólicas que, superior aos esquemas, se aproximam da realidade e, por isso, facilitam a abstração dos conceitos (LOPES, 2007).

4.1.3 Construção dos jogos

Inicialmente a escolha recaiu sobre o jogo “Dominogêneo”. No entanto, no decorrer de uma primeira aplicação ficou evidenciada a sua complexidade para o nível de ensino inicialmente pretendido (EM), sendo necessária a criação de outro jogo que o precedesse. Foi criado então, o jogo “Trinca Genética” para ser aplicado antes do “Dominogêneo”, com o mesmo objetivo de identificar as dificuldades apresentadas pelos participantes. A forma como os conceitos foram abordados, juntamente com a proposta do jogo, permitiria uma visão sistêmica. No entanto, restaria saber se isto seria percebido pelos participantes de cada grupo. O jogo precisa ser calibrado na medida certa, nem muito fácil nem muito difícil, pois dessa forma gerará desinteresse (DOHME, 2003). Assim, o Jogo “Trinca Genética” foi criado, utilizando informações e imagens semelhantes ao jogo anterior e enfatizando a clareza e a harmonia entre regras e objetivos (DOHME, 2003). Deste modo, ao gerar desequilíbrio nos participantes, na tentativa de formar as trincas propostas pelo jogo, uma intenção de equilíbrio foi desenvolvida durante as negociações, fortalecendo a importância de uma diagnose conceitual. Lopes (2007) salienta que para Piaget isso conduz ao progresso no desenvolvimento dos conhecimentos, pois

[...] são de facto (sic) estes desequilíbrios o que constitui o motor da investigação, porque, sem eles, o conhecimento manter-se-ia estático. Mas, também nos dois casos, os desequilíbrios desempenham apenas um papel de arranque, porque a sua fecundidade se mede pela possibilidade de ultrapassá-los, por outras palavras, pela possibilidade de livrar-se deles. É evidente, nestas condições, que a fonte real do progresso tem de ser procurada na reequilibração, não no sentido, naturalmente, de um regresso à forma de equilíbrio anterior, forma cuja insuficiência é responsável pelo conflito ao qual esta equilíbrio provisória levou, mas sim no sentido de um aperfeiçoamento desta forma precedente. No entanto, não teria havido, sem o desequilíbrio, ‘reequilíbrio majorante’ (designando desta maneira a reequilibração com o aperfeiçoamento obtido) (PIAGET, 1994, p. 24-25).

O discurso científico da Biologia Molecular traz na sua especificidade o poder explicativo isolado; no entanto, a visão que cabe no processo ensino-aprendizagem põe a célula e o corpo num “sistema de vias de sinalização que permite que a retroalimentação mantenha estáveis os estados, as taxas e os ritmos dos fluxos” (LEWONTIN, 2002, p. 104) e, dessa forma, favorece a compreensão da articulação e dos enlaces conceituais dentro de um sistema de rede integrado.

Os sistemas vivos em qualquer nível – célula, organismo, partes de um organismo, comunidades de organismos – estão organizados como redes cujas partes interagem constantemente, e as propriedades dessas redes extrapolam as propriedades de cada um dos seus constituintes isolados. Equivale dizer que qualquer sistema vivo é uma “fábrica” de diversidade porque gera novas propriedades que, por sua vez, interagindo com outras propriedades do sistema, geram mais diversidade e assim progressivamente, tornando o sistema cada vez mais complexo... A lição mais importante a ser aprendida, ao estudarmos como os sistemas vivos funcionam, é que nenhum constituinte deste grande sistema planetário opera isoladamente. Ao contrário, cada molécula e cada indivíduo, assim como os próprios ecossistemas, estão interligados com todos os outros e contribuem para a sua organização e para a manutenção da “propriedade emergente” que denominamos vida (TISSOT-SQUALLI, 2007, p. 18).

Ensinar conceitos abstratos numa concepção linear recai na fragmentação dos conteúdos e, ao mesmo tempo, não contempla as interfaces dos processos celulares. Portanto, a visão linear no processo ensino-aprendizagem vem conferir uma compreensão isolada dos conceitos da Genética, mantendo-os distantes de outros relacionados com disciplinas afins. Além disso, a própria “biologia tradicional sempre teve a tendência de centrar a atenção nos organismos individuais, e não no *continuum* biológico” (MOROWITZ, 1992, p. 54 *apud* CAPRA, 2002). No contexto celular, os sistemas vivos possuem uma complexa rede metabólica e de produção macromoleculares interligadas e que refletem as respostas de cada indivíduo às alterações do meio.

Esta abordagem reducionista mostra a falácia da Genética, pois durante muito tempo acreditava-se que o trabalho de seqüenciamento genômico era por si só, importante, considerando os fenômenos associados à vinculação de processos biotecnológicos como conseqüências importantes, mas definitivamente posteriores a este trabalho técnico. Em uma visão linear, os genes ocupavam posições especiais ao longo dos cromossomos, o que corresponderia a um traço hereditário determinado, unicamente, por sua composição genética. Desvendar os segredos dos genes e das proteínas tem sido um dos avanços tecnológicos da Biologia Molecular e da Genética como mostram Sinclair e Guarente (2006). Eles constataram que alguns genes que controlam a defesa do corpo podem interferir no desenvolvimento de doenças, bem como sugerem ser parte de um mecanismo fundamental de

sobrevivência na adversidade, levando talvez ao tratamento de doenças e a uma vida mais saudável. Segundo Notkins (2007, p. 40), “a maioria das doenças crônicas se origina de uma complexa interação entre influências ambientais e vários genes”, como é o caso das neoplasias, causadas por mutações em genes específicos e cujas lesões podem acontecer por meio da exposição a toxinas, radiação ou vírus, por processos defeituosos de reparo de DNA ou por erros que ocorrem quando o DNA é replicado (COLLINS; BARKER, 2007). Embora essa mutação possa ter vários efeitos perturbadores sobre a célula é necessário acumular várias mutações promotoras de câncer em genes separados para desenvolver neoplasias malignas (Id., 2007). Assim, não se pode ignorar que os organismos são sistemas de múltiplos níveis de complexidade que interagem mutuamente e interferem no desenvolvimento do organismo, resultando em amplas variações da cópia genética (CAPRA, 2002).

Lamentavelmente essas pesquisas não têm tido eco no processo ensino-aprendizagem, cuja perspectiva continua linear. Por isso, justifica-se a importância de utilizar tais jogos acreditando que possam não apenas ajudar na abstração desses conceitos, mas também de compreendê-los dentro de uma visão sistêmica.

Nesse sentido, como o Jogo “Dominogêneo” possibilita tal intenção?

Por exemplo, quando o participante lê a pedra do dominó em questão e encontra algo que se relacione àquela, poderá encontrar vários contextos, desde o micro até o macroscópico, que possam explicar tal fenômeno biológico (Figura 11). Para a identificação desses contextos são utilizados os conectores (pequenas fichas coloridas com os respectivos conceitos) em cada associação de pedras. A sobreposição acontece quando ocorre a presença de pelo menos dois conectores. A coerência e o número destas sobreposições sugeririam a presença ou não de uma visão sistêmica. Em verdade, os diferentes níveis de conhecimento, dentro do grupo, permitem o surgimento de negociações e argumentações favoráveis às sobreposições até chegar ao consenso. Portanto, o aspecto diferencial no jogo “Dominogêneo” é o estabelecimento de possíveis conexões conceituais numa mesma associação, permitindo expor a visão de cada grupo quanto às articulações e sobreposições entre esses conceitos no macro e micro-universo. Esta proposta fortalece uma concepção não-linear da Genética, onde esta “teia interconexa de relações” (CAPRA, 1996, p. 49) conceituais permite uma melhor compreensão de escala, sobreposições e particularidades desses conceitos, em contraste à fragmentação dos mesmos como abordados em uma visão linear. Este é o ponto principal e

diferencial dos jogos propostos nesta pesquisa, pois outros jogos já evidenciam a dificuldade do conceito pelo conceito.

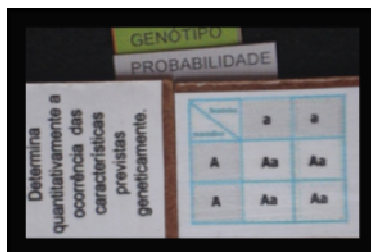


Figura 11 – Associação de pedras contendo dois conectores para representar os contextos em que o fenômeno acontece.

4.1.4 Dos elementos dos jogos: participantes, forma de organização e estratégias

Antes de aplicar os jogos é imprescindível pensar nos elementos do jogo: jogadores, forma de organização e estratégias. Em relação ao número de participantes para os jogos de tabuleiro Dohme (2003) sugere dois a seis jogadores. Nos jogos propostos na pesquisa foram indicados de 4 a 5 participantes devido ao número de pedras do Jogo “Trinca Genética” e, ao mesmo tempo, pensando na viabilidade de aplicação na sala de aula. Além disso, tal indicação “é elemento determinante na estratégia contida no jogo” (DOHME, 2003, p. 19).

A forma de organização dos grupos baseou-se nos níveis de escolaridade: primeiro nível - Ensino Médio (EM), segundo nível - Graduação nas diversas áreas e da área específica de Biologia (GRA) e, terceiro nível - professores das Instituições de Ensino Superior (IES). Os grupos foram escolhidos com o intuito de viabilizar o jogo como ferramenta diagnóstica (EM, GRA e IES), identificar as dificuldades conceituais de Genética (EM e GRA) bem como a compreensão ou não da visão sistêmica (EM, GRA e IES) em áreas afins da Biologia.

Dohme (2003) afirma que a estratégia está associada ao objetivo do jogo, bem como às regras e à forma de relacionamento entre os participantes. Ainda diz que:

A forma com que a estratégia está montada é que determina a sua dificuldade, quais as habilidades que serão exigidas, e isto determinará o quanto o jogo é surpreendente e desafiante (DOHME, 2003, p. 20).

A formulação de uma boa estratégia consiste em arranjar as diversas formas de regras e de objetivos, utilizando os elementos surpresa e desafios; é ela que garantirá a adesão e a motivação dos meninos (DOHME, 2003, p. 20).

A relação de termos, conceitos e imagens, contemplada em ambos os jogos, permitiu que cada participante se voltasse às próprias concepções diante dos três diferentes signos, conferindo a estes um significado próprio. Segundo Vygotsky (1999, p. 90) a segunda fase correspondente a formação de conceitos, que é o pensamento por complexos, é típica dos povos primitivos, pois “em suas línguas a palavra não funciona como o portador de um conceito, mas como um ‘nome de família’ para grupos de objetos concretos, associados... factualmente”. Newman e Holzman (2002) endossam a visão Wittgensteiniana quando aborda a noção de “jogos de linguagem”:

Cada vez mais reiteradamente, no futuro, chamarei sua atenção para o que vou designar como jogos de linguagem. Eles são modos de usar os signos mais simplesmente do que os modos como usamos os signos em nossa linguagem cotidiana altamente complicada. Jogos de linguagem são as formas de linguagem com que uma criança começa a fazer uso das palavras. O estudo dos jogos de linguagem é o estudo de formas primitivas de linguagem ou de linguagens primitivas (WITTGENSTEIN, 1965, p. 17).

Lopes (2007) realizou uma pesquisa envolvendo imagens para formação de conceitos sobre ciclo celular e percebeu que a seqüencialidade das imagens foi correta apenas na mitose, com exceção de um grupo que além de seqüenciar todo o ciclo estabeleceu relações entre figura e definição. No entanto, nenhum grupo “conseguiu internalizar o essencial do conceito em referência, que é a capacidade de abstrair”, pois não conseguiu relacionar figura-conceito-evento sobre ciclo celular (LOPES, 2007, p 72). Nesse sentido, a autora coloca que os grupos se enquadraram na categoria pseudoconceito, que funcionou como uma porta entre o pensamento por complexo e o pensamento por conceitos.

Fuentes (2005) considera que qualquer tipo de jogo traz as dimensões: cognitiva e social. Dohme (2003) completa listando cinco objetivos dentro da categoria “jogo”: desenvolvimento físico; desenvolvimento intelectual; desenvolvimento social; posicionamento ético e desenvolvimento afetivo. Os jogos de regra propostos na pesquisa podem ser enquadrados em todos os objetivos mencionados, exceto no primeiro.

- Desenvolvimento intelectual: este objetivo requer inteligência e o raciocínio estratégico, pois “enquanto a criança está simplesmente brincando, incorpora valores, conceitos e conteúdos” (LOPES, 2005, p. 36).
- Desenvolvimento social: o jogo favorece a interação entre os participantes, pois enquanto estão “vivenciando situações, manifestando indagações, formulando estratégias e

verificando seus acertos e erros” poderão reformular, “sem qualquer punição, seu planejamento e as novas ações” (DOHME, 2003, p. 87).

- Desenvolvimento ético: adquirem valores éticos, como cumprimento das regras e respeito ao posicionamento de cada participante, embora possam não concordar e argumentar diante do impasse.
- Desenvolvimento afetivo: A descontração oferece condições para o surgimento de afetividade entre os participantes.

“A forma de relacionamento entre os participantes pode ser de competição ou cooperação” (DOHME, 2003, p. 21). Os jogos propostos não deixam de ter as duas formas, pois o momento de conflito argumentativo decerto conduz à competição, mesmo que sutil. No entanto, jogos que estimulam situações de dialogicidade conduzem a construção de conhecimentos e atitudes, além de fortalecer a auto-estima, a socialização e o senso ético (SCHWARZ, 2006; DOHME, 2003).

Por outro lado, em face à dificuldade de abstrair os conceitos básicos de Genética, devido a sua desarticulação e fragmentação, apropriar-se dos conhecimentos prévios dos alunos é fundamental para o processo ensino-aprendizagem (BIZZO, 1998). O trabalho de Lopes (2007) reforça esse pensamento:

A identificação das dificuldades de aprendizagem referentes ao conceito de ciclo celular foi extremamente relevante para a pesquisa, pois através de sua diagnose tivemos condições de planejar uma seqüência didática ancorada nessas dificuldades e, portanto auxiliar na construção do conceito em tela (p. 82).

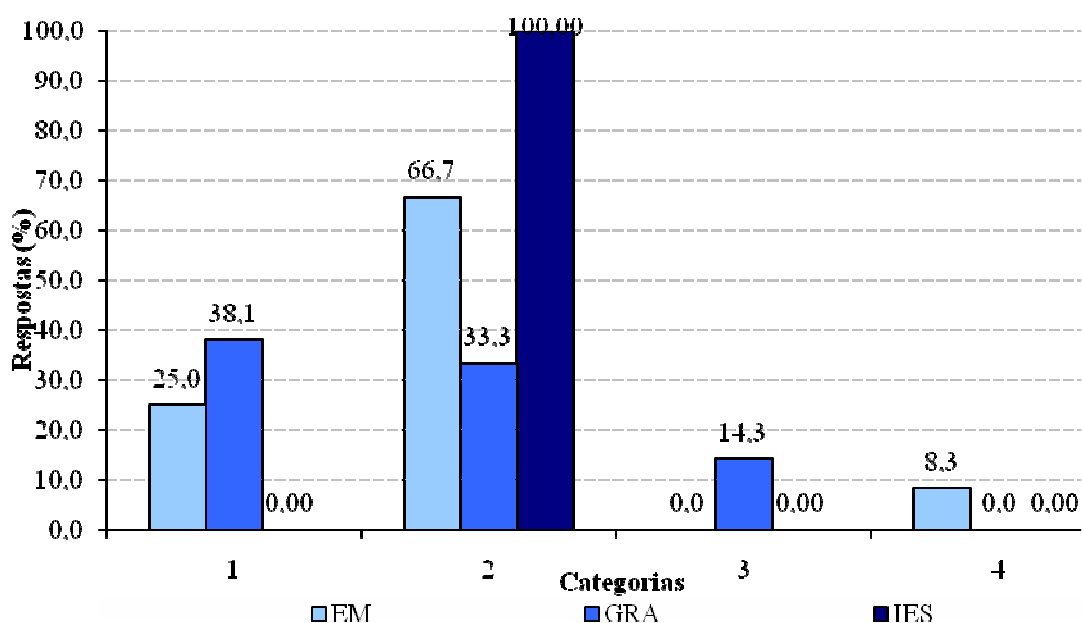
A utilização de jogos como forma de diagnosticar os aspectos cognitivos, atrelados a interação entre os participantes e à visão sistêmica, traduz outro aspecto louvável para o processo ensino-aprendizagem. Dessa forma, este trabalho abre caminhos para pesquisas que pretendam desenvolver seqüências didáticas utilizando-se de jogos como facilitadores do processo ensino-aprendizagem, interligando conceitos dentro de uma compreensão mais abrangente, favorecendo sua abstração pelo estudante e sua aplicação em qualquer situação de contexto profissional e/ou pessoal.

4.2 VALIDAÇÃO DOS JOGOS COMO FERRAMENTA DIAGNÓSTICA

A riqueza dos dados obtidos permitiu traçar alguns posicionamentos a respeito da validação dos jogos como ferramenta diagnóstica dos conceitos e imagens trabalhados e da interação dos participantes de cada grupo nos dois jogos.

4.2.1 Posicionamentos a respeito da validação dos jogos como ferramenta diagnóstica

A partir das respostas ao questionário proposto no final dos jogos (Apêndice A) foi possível constatar, na primeira questão, que 61% dos participantes trazem como expectativa a curiosidade ou o interesse em participar e colaborar com os jogos, inclusive os professores das IES. No entanto, entre os alunos de Ensino Médio e os licenciandos, 41,7% esperavam que os jogos promovessem e estimulassem o exercício, a aquisição e a auto-avaliação dos conceitos básicos da Genética. Apenas um participante demonstrou dúvida ao relacionar o jogo com o processo ensino-aprendizagem dos conceitos básicos da Genética (Figura 12).



- 1 Reconhece(m) que o jogo pode estimular exercitar, adquirir ou avaliar os conceitos básicos da Genética.
- 2 Demonstra(m) curiosidade ou interesse em participar (ou colaborar com) nos jogos.
- 3 Demonstra(m) insegurança na utilização dos jogos.
- 4 Sem resposta.

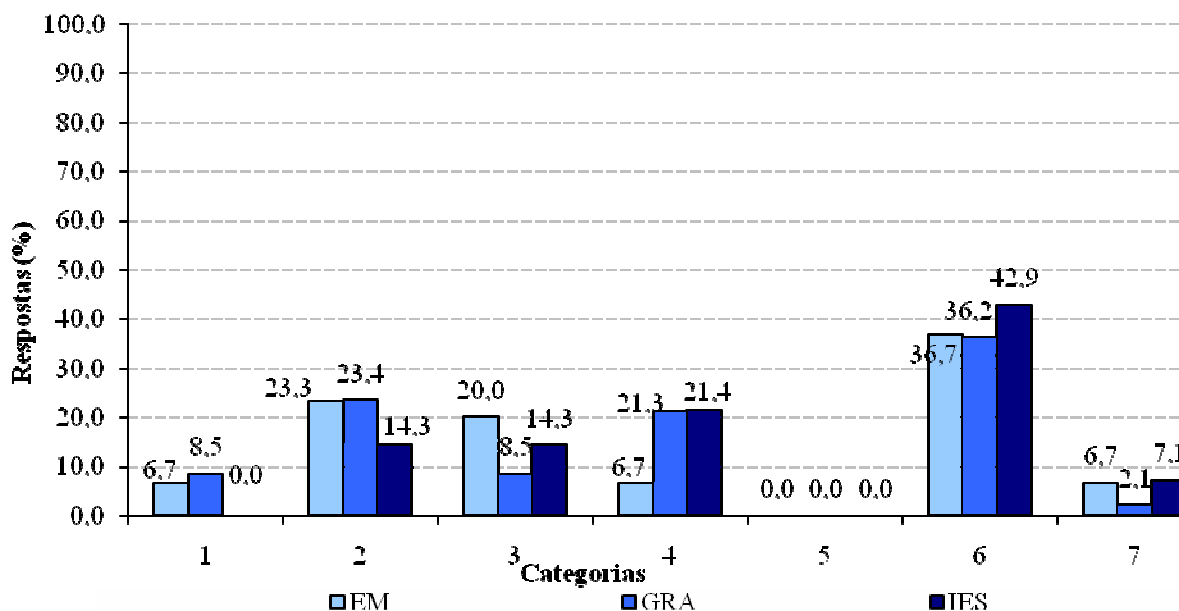
EM: Ensino Médio GRA: Graduação IES: Professores das Instituições de Ensino Superior

Figura 12 - Síntese das respostas da questão 1 – Que expectativa você teve quando foi convidado para participar dos jogos?

A segunda questão é objetiva e propõe que o aluno marque alternativas que avaliem os jogos (quanto a elaboração e tempo). A Figura 13 ilustra que a maioria (94,5%) considerou que ambos os jogos foram “bem elaborados”. As opções, “bom” (33,3%) e “ótimo”, obtiveram resultados próximos. Vinte participantes (55,5%) consideraram os jogos “demorado” e 6 (16,6%) marcaram “cansativo”, ainda que não inviabilize a sua utilização. Ao atribuir o termo “cansativo”, a participante 13 justifica dizendo: “Se jogado os dois seguidamente”. Já os participantes 28 e 30 atribuem o mesmo termo apenas ao jogo

“Dominogêneo” – pela quantidade de informações técnicas, como foi colocado pelo último, quando diz:

Diminuindo o número de conceitos e informações para não ficar cansativo, pode-se melhorá-lo (avaliando como regular). (participante 30)



1- Cansativo 2 - Demorado 3 - Bom 4 - Ótimo 5 - Ruim 6 - Bem elaborado 7 - Outros
EM: Ensino Médio GRA: Graduação IES: Professores das Instituições de Ensino Superior

Figura 13 - Síntese das repostas da questão 2: Marcar as opções que você achar pertinente aos jogos.

Tal resultado é devido aos objetivos da pesquisa de diagnosticar o domínio dos conceitos pelos participantes e, simultaneamente, validar os jogos. Isto exigiu a aplicação seqüencial (exceto para os participantes da escola pública, como explicado no item 3.2.2). Em relação ao número de pedras do “Dominogêneo”, o professor tem a opção de remover algumas pedras caso não queira trabalhar determinados conceitos, já que existem as sobreposições, permitindo melhor adequação do tempo. Ainda quanto ao tempo, a participante 34 diz que o tempo está adequado para o jogo “Trinca Genética”, no entanto, para o jogo “Dominogêneo”, seria considerado adequado apenas para o Ensino Superior:

Achei o tempo longo, para o Ensino Médio ficaria complicada a aplicação, mas seria interessante para Ensino Superior e formação de professores.

A princípio foi pensado em trabalhar apenas com alunos do Ensino Médio, porém percebeu-se que a contribuição poderia se estender ao Ensino Superior, notadamente aos cursos de Formação de Professores, por oferecer uma visão sistêmica dos conceitos básicos na

Genética. Embora os resultados demonstrem que os jogos foram bem elaborados, isto não implica a não inclusão das sugestões para a melhoria dos mesmos.

Dentro dessa perspectiva, ainda nesta questão, a participante 29 coloca na opção “outros” o seguinte:

No “Dominogêneo” poucas frases deram a impressão de serem “vazias”.

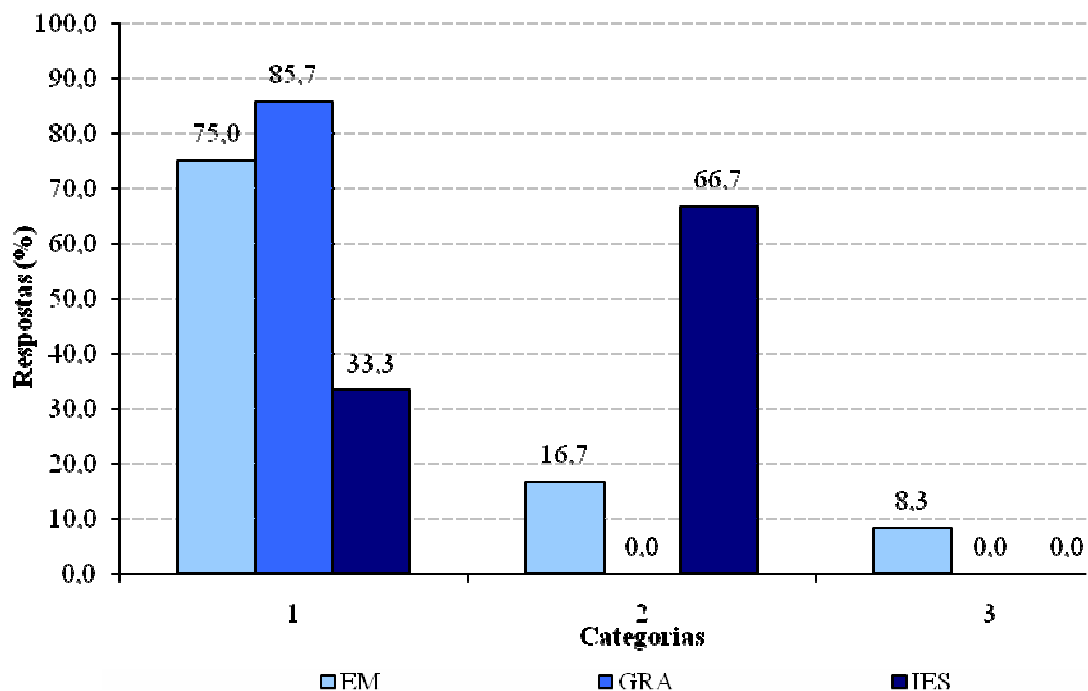
Essa colocação reforça o pensamento linear predominante de que as informações trazidas pelas pedras do “Dominogêneo” teriam que estar direcionadas a um único conceito, sempre. Por isso a dificuldade de realizar conexões entre os conceitos propostos pelo jogo e, ao mesmo tempo, achar o jogo “um pouco difícil” (participante 5). Outras opções surgiram nesta questão como: “um ótimo conhecimento” (participante 11) e “dinâmico” (participante 32).

A relevância desta proposta está no estabelecimento da associação/relação entre os conceitos básicos da Genética, bem como dos enlaces conceituais intra-Biologia e áreas afins.

A terceira pergunta está relacionada com a clareza das regras e se estas estão compatíveis com a prática de cada jogo. A maioria dos participantes (80,5%) disse que as regras estavam claras e compatíveis com a prática dos jogos. Apenas o participante 12 coloca como resposta “algumas sim e outras não” sem especificar. Os demais (16,7%) sugeriram algumas alterações sem comprometer os objetivos e os procedimentos dos jogos (Figura 14). A participante 31 afirma:

Foram necessárias pequenas sugestões do grupo, mas nada que inviabilizasse o recurso.

A Figura 14 ilustra os resultados referentes à questão 3.



- 1 Sim. As regras foram claras e compatíveis com a prática do jogo.
- 2 Sim. Porém são necessários alguns ajustes.
- 3 Algumas sim outras não.

EM: Ensino Médio; GRA: Graduação; IES: professores das Instituições de Ensino Superior

Figura 14 - Síntese das respostas da questão 3 - As regras adotadas foram claras? Elas estavam compatíveis com a prática de cada jogo?

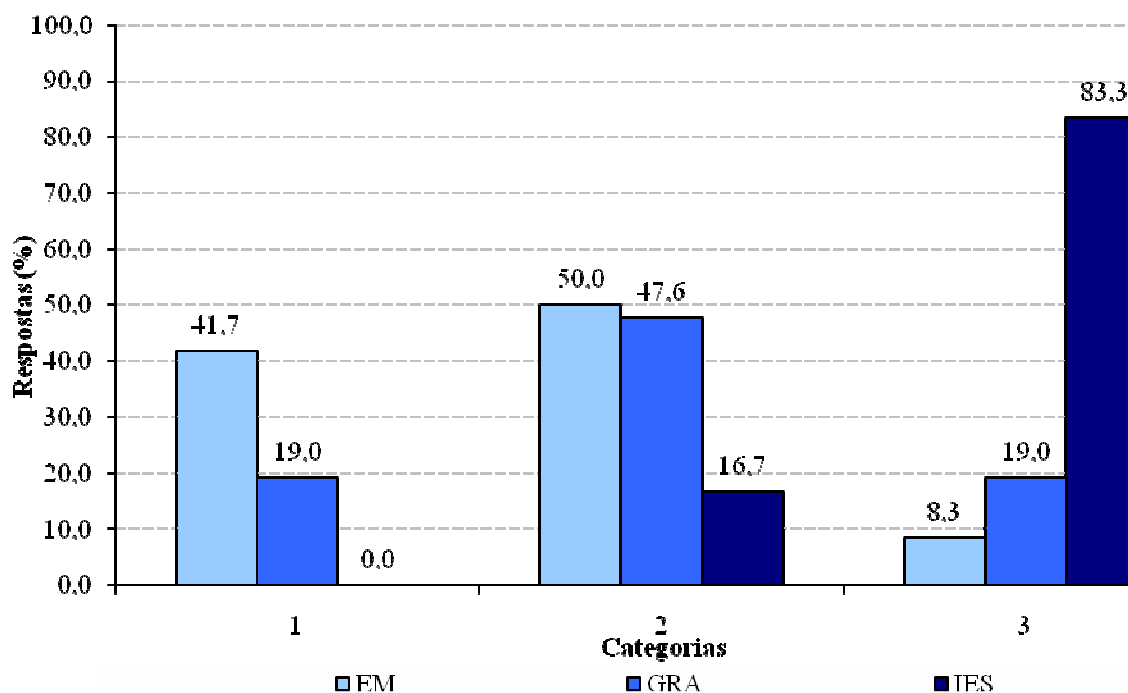
A quarta questão refere-se à compreensão entre a leitura das regras e a prática dos jogos. A Figura 15 evidencia que, embora as regras estejam claras, como foi constatado na questão anterior, a prática ajudou a compreender melhor o jogo (47,2%). Resultado semelhante foi observado em Barros (2004) ao reconhecer que “praticando o jogo tem-se uma melhor noção de seu funcionamento” (p. 81). Como exemplo, pode-se citar:

A leitura estava clara, mas com a prática ajudou ainda mais na compreensão. (participante 13)

Para a maioria dos docentes da graduação, tanto a leitura quanto a prática estavam compreensíveis, como exemplificados nos seguintes depoimentos:

Os dois se completaram, uma vez que já tínhamos conhecimento das regras do jogo convencional de cartas, com a característica educativa de cooperação. (participante 31)

Ambos, pois para jogar é necessário compreender as regras. (participante 34)



- 1 A leitura das regras
- 2 A prática dos jogos
- 3 Ambos

EM: Ensino Médio; GRA: graduação; IES: professores das instituições de Ensino Superior

Figura 15 - Síntese das respostas da questão 4 - Quais dos dois aspectos estavam mais compreensíveis: a leitura das regras ou a prática dos jogos?

A quinta questão refere-se à aplicabilidade dos jogos na sala de aula e a maioria respondeu que é viável sua aplicação, porém algumas considerações foram importantes para categorizar essas respostas (Quadro 6). Apenas um único participante respondeu negativamente, justificando o tempo como problema da aplicabilidade. Vejamos a resposta:

Não. É muito demorado e geralmente não teríamos tempo. (participante 24)

No entanto, apenas o tempo como justificativa da inviabilidade não é o suficiente para negar a utilização dessa ferramenta no processo ensino-aprendizagem. Outros participantes colocaram a preocupação do tempo, porém não descartaram a possibilidade de utilização. Outra preocupação de alguns participantes é o interesse e o número de alunos envolvidos no processo. A partir do momento em que o professor, por diversas formas (situação-problema; reportagens; fatos curiosos...), estimular o interesse dos seus alunos, principalmente em questões relacionadas à Genética, o número de alunos não seria obstáculo para promover a interação entre eles a partir de jogos didáticos, como os desenvolvidos nesta pesquisa, como relatado por dois alunos do Ensino Médio e um licenciando.

Com certeza, desde que se tenha um espaço de tempo viável. (participante 2)

Sim, mas também depende muito da turma e do interesse. (participante 3)
Talvez. Dependendo do número de alunos, se estiver em um número elevado ficaria ruim de aplicar. (participante 25)

Os resultados do Quadro 5 mostram a percepção do jogo como ferramenta para o processo ensino-aprendizagem (36,1%) e até mesmo como elemento diagnóstico (11,1%). Essas possibilidades, ainda que utilizadas, normalmente não exploram todo o potencial que esta ferramenta oferece para o processo ensino-aprendizagem. Nesse sentido, dar significado às idéias ou conceitos dos alunos, mesmo que representados de forma não concatenada entre o senso comum e o conhecimento científico, conduz à compreensão da sua ação sobre o mundo (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Dessa forma, as ações voltadas para favorecer essa compreensão darão subsídios ao professor para elaborar uma seqüência didática favorável à construção de conceitos, como mostram os trabalhos de Lopes (2007) e Calazans (2004). Além disso, os jogos propiciam estímulo à interação entre os participantes de cada grupo a partir da negociação e argumentação, colocando em destaque o consenso em contraposição à competição.

Categorias		EM*	GRA**	IES***	%
SIM	O jogo como dinamizador e lúdico	2	6	2	27,7
	O jogo como ferramenta para o processo de aprendizagem.	4	5	4	36,1
	O jogo como diagnose (dificuldade).	1	1	2	11,1
	O jogo como avaliação final.	0	4	1	13,8
	(Apenas)	3	1	-	16,6
NÃO	É muito demorado e geralmente não teríamos tempo.	0	1	0	11,1
TALVEZ	Viabilidade dependendo do tempo/ interesse dos alunos /nº de alunos.	2	3	1	2,7

EM*: Ensino Médio; GRA**: graduação; IES***: professores das instituições de Ensino Superior

Quadro 5 - Síntese das respostas da questão 5 - É viável aplicar estes jogos em sala de aula?

Em verdade, o emprego dos jogos chegou à sala de aula com um olhar voltado mais para a revisão/fixação dos conceitos após uma sistematização (JUSTINIANO, 2002), ou até mesmo como uma avaliação (13,8%). Por outro lado, alguns pesquisadores estão validando os jogos partindo de um conteúdo já abordado de forma tradicional e, em seguida, são aplicados o pré-teste, o jogo e o pós-teste. Os resultados do pós-teste mostraram que o jogo facilitou a compreensão do conteúdo, já que o pré-teste tinha indicado que as aulas tradicionais foram insuficientes para sua apropriação (BOSSOLAN *et al.*, 2006; BARROS, 2004). Mas, por que não utilizá-lo como diagnose? Por que não utilizá-lo durante a intervenção sem ter abordado o conteúdo? Freire e Moraes (2005) propuseram um jogo de tabuleiro abrangendo temas da Genética, no qual o aluno discutiria os conceitos básicos através do jogo, havendo a possibilidade de diagnose para posterior intervenção, esclarecendo-os e abstraíndo-os. Em contrapartida, a utilização do lúdico pelo lúdico (27,7%) não garante a aprendizagem do aluno

e, por isso, uma inovação na sala de aula. Sem uma sistematização adequada essa ferramenta pode mascarar a riqueza de estratégias que um jogo proporciona para o aprendiz, buscando e criando novos esquemas cognitivos para as resoluções de problemas levantados pelo próprio jogo (SCHWARZ, 2006). Outro ponto que vem corroborar com outros pesquisadores, mediante revisão de literatura, é a viabilidade destes recursos no processo ensino-aprendizagem, pois apenas um aluno do Ensino Médio (EM) discorda da aplicabilidade dos jogos em sala de aula, dizendo: “É muito demorado e geralmente não teríamos tempo” (participante 24). Outros participantes colocam, além do tempo, outros entraves (como número de alunos e interesse) que poderão inibir sua utilização sem descartar o seu uso (16,6%). Neste sentido, pode-se dizer que:

O jogo é uma atividade livre. É um acontecimento voluntário, ninguém é obrigado a jogar. Joga-se pelo prazer de jogar, não se trata de uma atividade utilitária. (ORTIZ, 2005, p. 25).

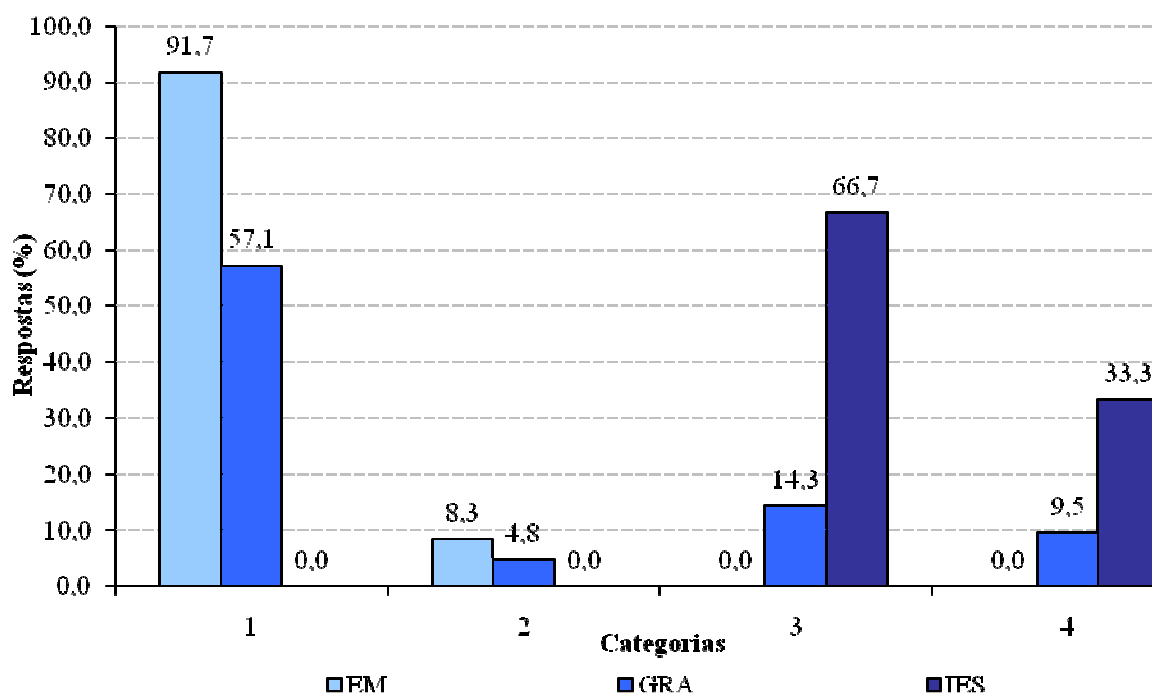
Então, qual a causa do prazer em jogar? Será que o entusiasmo vindo primeiro do professor não ajudaria a superar tais obstáculos que podem inviabilizar o recurso? Ademais um bom jogo promove situações de conflito que, somadas a vontade de resolvê-las, levará ao prazer independente do resultado. Do contrário, após qualquer fracasso o jogador perderia o interesse por completo, e isto não acontece. Segundo Fernandez (2001, p. 129 *apud* SCHWARZ, 2006) “a alegria é desafio porque impulsiona a vencer obstáculos”. Nesse sentido, tais emoções promovidas por jogos bem conduzidos e elaborados favorecem a construção do conhecimento.

A sexta pergunta revela aspectos importantes para o processo ensino-aprendizagem a partir da questão: qual a sensação após o jogo? A Figura 16 mostra que, além das dúvidas surgidas por alguns participantes, a maioria (61,1%) se sentiu estimulada para saber mais sobre o assunto. Na sala de aula, um dos obstáculos mencionados pelos participantes (referindo-se a questão anterior) é a falta de interesse do aluno e a falta de estímulo pelo professor. Este resultado mostra a relevância do trabalho, posto que foi significativo o interesse de todos em investigar os conceitos tratados nos jogos. A seguir temos alguns exemplos de respostas vinculadas a essa categoria:

Dúvidas, mais essas dúvidas nos levariam a procurar saber mais sobre o assunto. (participante 4)

Uma forma de querer mais conhecimento. (participante 10)

Com certeza uma sensação de alívio por ter terminado o jogo, mas também de satisfação por mais uma vez apreender brincando. Além disso, há um interesse em procurar novos conceitos sobre os assuntos. (participante 14)



1 A partir das dúvidas criaram-se estímulos para investigar mais sobre o conteúdo.

2 Lamento por não prestar atenção nas aulas.

3 Auto-avaliação, esclarecimento, revisão e aprendizado.

4 Satisfação.

EM*: Ensino Médio; GRA**: Graduação; IES***: professores das Instituições de Ensino Superior

Figura 16 - Síntese das respostas da questão 6 - Qual a sensação após o jogo?

A última descrição revela também outra categoria que reforça a possibilidade do sucesso desse recurso. A sensação de auto-avaliação, revisão, esclarecimento, bem como o próprio aprender, foram percebidas por 25% dos participantes ao relatar, por exemplo:

A minha sensação foi de que sabia mais do que eu imaginava, além de alguns esclarecimentos sobre determinados assuntos. (participante 13)

De animação, sempre se ganha conhecimentos novos. (participante 32)

Foi agradável e fiz uma revisão. (participante 33)

Desta forma o jogo se torna uma possibilidade de inovação pedagógica, dentro da proposta inicialmente colocada nesta pesquisa, contribuindo para sanar algumas inquietações trazidas por docentes preocupados com o ensino de qualidade. Outra contribuição é o fator “interação entre os participantes”, pois se viabilizam novas possibilidades de arranjos (jogo “Dominogêneo”), favorecendo uma perspectiva não-linear entre os conceitos, como relata a participante 34:

Fiquei feliz de participar e trocar idéias com as outras participantes. No início fiquei muito amarrada aos conceitos, entretanto, após analisar que a aparente falta de ilustrações não atrapalharia o andamento do jogo, comecei a me soltar e trabalhar com associações mais livres. Se estivesse simplesmente montando o jogo,

ele teria um formato completamente diferente, pois ao interagir com pessoas surgem novas possibilidades.

O Quadro 6 mostra o resultado da sétima pergunta que diz respeito aos aspectos positivos e negativos dos jogos. Dos aspectos negativos, duas categorias estavam contempladas na segunda questão: cansativo (8,3%) e demorado (30,5%). No entanto, tais resultados foram inferiores em relação aos resultados da segunda questão: cansativo (16,6%) e demorado (55,5%) (Figura 12), indicando que nem todos os participantes que caracterizaram o jogo dessa forma consideraram tais aspectos negativos. Outra categoria diz respeito à construção dos jogos (27,7%) como: imagens, conceitos, regras (ausência de competição/complexidade), trazendo como exemplo as seguintes respostas:

[...] Na trinca só colocaria uma carta em branco. (participante 32)

Cuidado com as regras escritas. Cuidado com as imagens para não distorcer o objetivo. (participante 31)

Seria a falta de um pouco de competição. A ajuda mútua é importante, porém a competição também para estimular os adolescentes. (participante 29)

Aspectos Positivos	EM*	GRA**	IES***	%
Os jogos estimulam o conhecimento (seja pensando, questionando, revisando), oferecendo maior compreensão/aprendizagem/fixação.	8	12	3	64
Interação entre os participantes de cada grupo a partir da negociação e argumentação.	5	4	5	40
Ser lúdico, dinâmico.	0	3	3	16,6
Aspectos Negativos	EM*	GRA**	IES***	%
Nenhum.	3	7	2	33,3
Incerteza das idéias construídas nos jogos.	2	1	1	11,1
Aspectos voltados à construção dos jogos: imagens e conceitos, regras (ausência de competição/complexidade).	2	6	2	27,7
Cansativo pela falta de conhecimento.	2	1	0	8,3
Demorado (longo), se referido ao DominogêneoJogo“Dominogêneo”.	3	6	2	30,5

EM*: Ensino Médio; GRA**: graduação; IES***: professores das instituições de Ensino Superior

Quadro 6: Síntese das respostas da questão 7 - Quais os aspectos positivos e negativos dos jogos?

Em relação às imagens e conceitos, algumas sugestões foram colocadas pelas professoras da graduação e serão discutidas em seguida. A importância da interação entre os participantes até chegar ao consenso faz parte de um processo de diagnose e, mesmo durante uma intervenção, a interação favorece uma aprendizagem significativa. No entanto, não se descartaria a possibilidade de estimular o meio competitivo no final de todo o processo. Para o jogo “Trinca Genética”, foi sugerida a utilização de apenas um coringa, com o objetivo de forçar o aluno a formar as trincas. Em um dado momento, o grupo I elucida tais colocações no seguinte diálogo:

Estas (cartas-coringa) servem para poder liberar as cartas, facilitando para os colegas a formação das trincas. (participante 33)

Aí, se eu soltasse a branca nunca soltaria esse (referindo-se a carta-conceito de fenótipo que a participante seguinte precisou para formar sua trinca). (participante 32)

Claro, exatamente. (participante 34)

A gente pensou ao contrário, a gente começou soltar ela no começo pra poder formar, mas as brancas a gente teve de soltar no final. (participante 32)

Se fosse competição todo mundo prenderia as cartas, como é cooperação todo mundo solta. (participante 34)

As incertezas das associações, relações e sobreposições, no processo da diagnose, deixou alguns participantes desejosos da resposta imediata (11,1%). Essa inquietação faz parte do objetivo de promover a curiosidade do saber científico – ao retornar com os grupos para uma sistematização. Talvez, isso reflita o que acontece na sala de aula, na qual o professor é um exímio repassador de informações e o aprendiz, um mero receptor. Essa “facilidade do conhecimento”, sempre a procura de respostas rápidas diante das dúvidas, gera certa acomodação dos alunos diante da construção do conhecimento. Por isso, a proposta dos jogos tem um sentido diferente, quanto à busca do conhecimento, como foi colocado pelos participantes na questão anterior. Vejamos algumas repostas para a questão 7:

Não ter certeza se formamos certo as trincas. (participante 7)

A dificuldade de saber se a associação feita estava realmente correta ou se era muito absurda. (participante 35)

Embora seja relevante levantar os aspectos negativos, objetivando a melhoria, observou-se que 12 participantes não consideraram nenhum fator negativo nos jogos.

Entre os aspectos positivos pode-se perceber que os dois jogos estimularam o conhecimento de alguma forma, seja através do pensar ou dos questionamentos, favorecendo maior compreensão no processo ensino-aprendizagem (64% dos participantes). Além disso, a riqueza das argumentações e negociações entre os participantes levaram ao consenso, estimulando a veracidade dos elementos contidos e/ou construídos durante os jogos. A seguir, seguem-se exemplos de respostas fornecidas pelos participantes dos diferentes níveis de escolaridade.

Abre o leque de conhecimento, interação em grupo. (participante 2)

Há uma aprendizagem a partir do momento em que você associa um conceito a uma imagem ou a uma palavra. (participante 4)

Leva-nos a pensar. (participante 18)

Ambos estão pautados em conhecimentos que você já tem (idéias mais superficiais - na trinca ou idéias mais complexas - após aula com a temática). Assim, permitindo a exposição de seus pontos de vista; o respeito à fala do outro e a possibilidade de refazer (nas trincas) os caminhos e associações. (participante 35)

Por fim, a pergunta: você jogaria novamente? Justifique. A resposta a essa pergunta foi afirmativa e unânime em todos os níveis. Vejamos alguns exemplos.

Sim, porque jogando mais, eu, com certeza aprenderei mais. (participante 9)

Sim, jogaria. Acredito que ao jogar novamente, sobretudo com outro grupo de jogadores, será possível trocar novas idéias. Trata-se de um jogo bem participativo. (participante 28)

Sim, principalmente o “Dominogêneo”, pois mesmo com o término tive a sensação de que algumas associações poderiam estar incorretas. Acredito que com uma consulta a livros dos pontos mais polêmicos, poderia me sentir mais segura na execução do jogo. (participante 35)

Sim. Achei muito bom! Uma coisa que poderia pesar seria jogá-lo (com parceiros) em diferentes níveis cognitivos, gerando maiores desafios para os jogadores. (participante 31)

4.2.2 Posicionamentos a respeito dos conceitos e das imagens nos jogos

Uma das preocupações ao final de uma produção técnica, neste caso os jogos “Trinca Genética” e “Dominogêneo”, é a clareza das informações, sejam conceitos ou imagens, e a adequação ao relacioná-las a cada termo proposto pelos jogos. A partir dos resultados de cada grupo, além das discussões e sugestões dadas, principalmente pelos participantes representados pelos professores da graduação, pôde-se abrir uma discussão quanto aos conceitos e as imagens que mais chamaram a atenção para que possam viabilizar uma produção com qualidade.

O conceito que chamou atenção do grupo I foi “cromossomo homólogo” e ao final do jogo surge a discussão:

- *Eu só não gostei desse conceito. Eu mudaria esse conceito.* (participante 34)

- *Mas é o que mais se aproxima.* (participante 31)

- *Eu sei, mas assim, a forma de conceito pra homólogo... Esse nome, estrutura, será adequado? Por que estrutura lembra algo dentro do cromossomo, tipo um crossing-over, por exemplo, é uma estrutura que tá, né, sendo formada por conta da...né, é do complexo sinaptotênico que é a estrutura que vai ajudar a mantê-lo. Eu não sei se esse nome estrutura... Porque, às vezes, a gente pega esses conceitos de... (é interrompida).* (participante 34)

- *Talvez, componente, não.* (participante 33)

- *Não sei, não sei* (participante 34)

- *Acho que não. “Elementos”, talvez.* (participante 31)

- *“Elementos! Elementos” ficaria melhor.* (participante 34)

A participante 34 chama a atenção da palavra “estrutura” usada para conceituar o termo “cromossomo homólogo” (Figura 17). Para fundamentar o uso deste termo faz-se necessário um breve comentário sobre o que acontece com os cromossomos desde a sua replicação até a prófase da divisão meiótica I. Após a replicação de cada cromossomo numa célula diplóide, produzindo duas cromátides-irmãs, há uma progressiva compactação dos

cromossomos replicados, denominada condensação cromossômica. Tal cromossomo parecia com seu homólogo duplicado, formando uma **estrutura** chamada de **bivalente**, que contém quatro cromátides. Neste instante, uma série de eventos complexos ocorre durante a longa prófase I, iniciando a recombinação genética entre cromátides não-irmãs (um fragmento de uma cromátide materna pode ser trocado por um fragmento correspondente de uma cromátide homóloga paterna) e cada par de homólogos se reúne numa estrutura chamada complexo sinaptotênico (ALBERTS *et al.*, 2004). Outro conceito de cromossomo homólogo difundido por Borges-Osório e Robinson (2006) diz que são cromossomos possuem os mesmos locos gênicos.

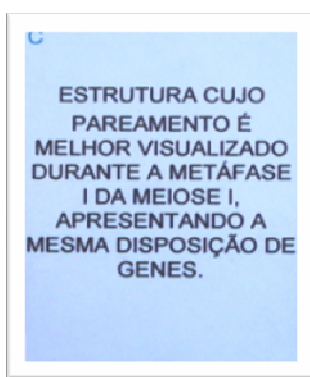


Figura 17 - Carta-conceito de cromossomo homólogo.

Outra discussão foi em relação às imagens atribuídas a “genótipo” e “1ª Lei de Mendel”. A Figura 18 ilustra as duas imagens. Abaixo o diálogo:

- *Eu só tive dificuldade com essa figura (imagem de genótipo) porque essa figura pode ser usada para alelos e também pode ser usada pra 1ª Lei de Mendel.* (participante 34)
- *É isso que não acho legal entendeu, porque veja só, o que vai fazer a referência é se é ervilha e não ervilha.* (participante 33)
- *Mas, a imagem é a mesma.* (participante 32)
- *Mas, essa imagem (genótipo) também serve para 1ª Lei.* (participante 34)
- *Também, então a imagem é a mesma.* (participante 32)
- *Mas a ervilha caracteriza a 1ª Lei de Mendel.* (participante 31)
- *Não é o conceito que define é o fato de ser ervilha ou não, você tá entendendo?* (participante 33)
- *Eu tô.* (participante 34)
- *Mas, ela não tá negando o princípio da Lei.* (participante 31)
- *Não. Então, a imagem é a mesma.* (participante 32)
- *Você vê duas cartas redundantes.* (participante 33)
- *É a mesma resposta.* (participante 31)

Diante dos resultados obtidos em relação às imagens “genótipo” e “1ª Lei de Mendel”, em que os grupos C e os três grupos da graduação fazem a inversão de imagens entre si, o importante para essa análise é a argumentação dos grupos. A observação das professoras foi louvável e relevante para se pensar qual a imagem que representaria melhor o termo

“genótipo”. Por outro lado, a outra figura em questão ilustra os dois fatores (fenótipo e probabilidade) que foram importantes para que Mendel, diante das limitações da época, pudesse formular suas Leis a partir dos cruzamentos entre ervilhas puras e entre ervilhas híbridas. A participante 34 sugere o *quadrado de Punnett* (Figura 18 C) para representar graficamente a imagem da 1ª Lei de Mendel, pois “suas proporções podem ser desenhadas de acordo com as proporções genéticas que estão sendo consideradas, obtendo-se assim uma representação visual dos dados obtidos” (GRIFITTHS *et al.*, 2006, p. 37). Quanto à imagem de genótipo foi sugerido reduzir o excesso de elementos na figura para não dar margem a outras possibilidades.

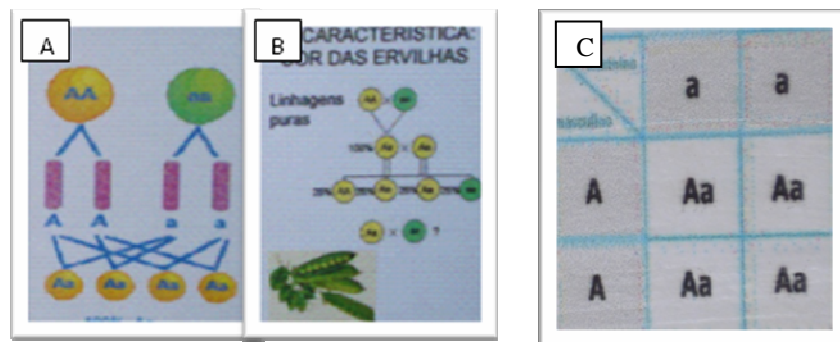


Figura 18 - Cartas-imagem de “genótipo” (A) e de “1ª Lei de Mendel” (B). Quadrado de Punnett (C).

Outra dúvida lançada para a imagem “genótipo” (Figura 18A) foi colocada pelo grupo J, quando a participante 35 diz:

- Tem uma imagem aqui que eu tô achando que serviria pra duas coisas, apesar de que já tenho uma que é dessa outra coisa. Porque tipo assim, essa daqui (imagem de genótipo) fala em 100% lembra probabilidade. (participante 35)
- É o genótipo, lembra probabilidade. (participante 36)
- Mas pode ser também dominância, mas não me lembro de carta que tenha dominância. (participante 35)
- Tem não, lembro também não, que tenha dominância. É, deve ser probabilidade. (participante 36)
- Só que tenho uma carta que fala, eu acho, que essa tá mais pra probabilidade (imagem de probabilidade). (participante 35)
- É porque fala de chance é probabilidade. (participante 36)
- Então, essa carta, quando peguei a 1ª vez eu descartei porque estava com dificuldade com essa imagem. O que essa imagem queria me dizer? (participante 35)

Neste caso, foi sugerido retirar da imagem “genótipo” a porcentagem (100%). A figura escolhida para representar o termo “genótipo” ilustra o cruzamento com dominância entre indivíduos de linhagens puras para uma determinada característica. O resultado desse cruzamento na geração F1 é representado pelo fenótipo dominante (100%). Neste caso, não haveria necessidade de colocar a porcentagem, pois já estaria subtendido que todos os

indivíduos híbridos teriam a mesma característica fenotípica, embora a preocupação fosse sempre deixar o mais claro possível.

Então, diante dessas colocações poderia se pensar em uma imagem que representasse um conjunto de alelos específico para uma determinada característica, por exemplo?

A imagem de cromatina, ilustrada na Figura 19, também foi alvo de discussão nos grupos I e J, dizendo:

- *Eu acho que cromatina, eu não gostei dessa figura. O que gerou dúvida foi essa figura (cromatina). Se você tirar o nome núcleo celular, talvez melhore.* (participante 34)
- *Talvez botar uma célula mais esquemática com aquela coisinha assim, a cromatinazinha mesmo. Entendeu? Bem esquema mesmo.* (participante 34)
- *É.* (participante 32)

A participante 35, do grupo J, lança sua trinca de cromatina, no entanto, ainda questiona a imagem e se expressa dizendo sentir dificuldades.

- *E o desenho. Agora, o desenho pra mim não diz muita coisa, não.* (participante 35)
- *Diz. Núcleo celular tá na intérfase você não vê o formato dos cromossomos.* (participante 36)
- *Sim. Onde tá a cromatina que eu não tô vendo, é essa mancha rósea?* (participante 35)
- *Não.* (participante 36)
- *Ou isso aí é o nucléolo? Eu não consigo perceber a cromatina. Pelo menos no desenho esquemático do livro a gente consegue ver.* (participante 35)
- *A gente não visualiza bem a cromatina, não, entendeu? A gente, quando vai pro quadro esquematiza, aquele emaranhado de DNA, descondensado, mas a imagem você não visualiza. Então, tá bem representado, é núcleo interfásico.* (participante 36)



Figura 19 - Carta-imagem de “cromatina”; disponível em web.educastur.princast.es/.../diapositiva26.jpg

A proposta de introduzir fotomicrografias é desvencilhar a idéia explicativa que apenas os esquemas possam representar de forma “legível” ou “fácil”, fenômenos celulares que na verdade têm pouca ou nenhuma semelhança com o real. Segundo Ardenghi e Wolff (2004), os recursos semióticos podem promover a compreensão dos conceitos durante o

processo ensino-aprendizagem. No entanto, não há intenção de descartar o uso de esquemas, porém a imagem mais próxima do real deveria obter melhor entendimento e compreensão daquilo que se quer conhecer, mesmo porque “seu processamento e registro capturam apenas um dado momento e um dado aspecto morfológico da amostra” (LOPES, 2007, p. 67) que se deseja. Percebe-se, muitas vezes, que alguns esquemas passam informações equivocadas, mesmo que o autor tenha a intenção de destacar situações da fenomenologia microscópica importante para determinado estudo pontual da Biologia Molecular. Nesse sentido, foi sugerido escolher outra representação mais elucidativa como uma micrografia óptica, considerando ser o microscópio óptico um instrumento mais próximo do aluno, inclusive da Graduação.

4.2.3 Posicionamentos a respeito da relação do grupo quanto à interação nos Jogos

Foi possível evidenciar negociação e interação em todos os grupos da pesquisa. No entanto, características peculiares permitiram diferenciá-los entre si, partindo de diferentes estratégias enquanto grupo (Quadro 7).

Uma característica predominante em todos os grupos do Ensino Médio e da Graduação foi o compartilhamento de dúvidas e conhecimentos. Em alguns momentos os grupos do Ensino Médio se reportavam às aulas, tendendo a adequar as situações vivenciadas no jogo às explicações trazidas pelos professores. Já os grupos da Graduação argumentavam suas jogadas, relembando estudos anteriores e citando autores. Outro ponto relevante, entre os grupos do Ensino Médio, foi a argumentação insuficiente e sem consistência por parte dos alunos da rede pública, mostrando dificuldade nos conceitos vivenciados pelos jogos. Já o grupo das escolas particulares elaborava questões e explicações, justificando as tomadas de decisões.

Os grupos com representantes das diversas áreas afins à Genética, participantes das IES, produziram discussões com riqueza argumentativa, pois além das abordagens específicas contemplaram outras possibilidades a partir das negociações e consensos.

Níveis	Grupos	Características
Ensino Médio	A (composto por dois rapazes e duas moças)	Compartilhamento de conhecimentos e dúvidas, retomando ou lembrando situações vivenciadas em sala de aula. Durante as argumentações, para chegar ao consenso, em alguns momentos, havia certa resistência por parte de um deles. Mesmo não tendo argumentos suficientes, este permanecia certo tempo com sua idéia inicial. Surgiam questionamentos e as respostas serviam para as tomadas de decisões mais cuidadosas.
	B (composto por moças)	Houve compartilhamento de dúvidas e de conhecimentos prévios, expondo lembranças vivenciadas em sala de aula com pouca solidez argumentativa. Durante a leitura das regras, observou-se interação entre as participantes, diálogo e consenso, e envolvimento com a formação de trincas, embora com várias lacunas conceituais.
	C (composto por uma moça e três rapazes)	Houve compartilhamento de dúvidas e de conhecimentos prévios, expondo lembranças vivenciadas em sala de aula com pouca solidez argumentativa. Embora ocorresse interação entre os membros, a jovem chamava a atenção dos demais se sentindo, algumas vezes, excluída das considerações e negociações durante o jogo.
	D (composto por um rapaz e três moças)	Houve compartilhamento de dúvidas e pouca argumentação, sempre lembrando algo visto em sala de aula, porém com pouca argumentação e consistência.
Graduação	E (composto por dois rapazes e duas moças)	Houve compartilhamento de dúvidas. Uso principalmente do raciocínio lógico, provavelmente por conter dois participantes de Sistemas de Informações. Não havia resistência durante as negociações e discussões, chegando ao consenso sem dificuldade.
	F (composto por dois rapazes e três moças)	Houve compartilhamento de dúvidas e conhecimentos e algumas resistências argumentativas. Houve negociação e ajuda ao executar uma jogada.
	G (composto por um rapaz e três moças)	Houve compartilhamento de dúvidas e conhecimentos. Houve intensa discussão até chegar ao consenso. Houve ajuda ao executar as jogadas.
	H (composto por dois rapazes e três moças)	Houve compartilhamento de dúvidas e conhecimentos. Existia sutil competição, no entanto, prevaleceu a cooperação durante as jogadas.
Professoras da Graduação	I	Troca de conhecimento de forma intensa, com negociações e argumentos riquíssimos. Houve negociação no sentido de cooperar com o outro.
	J	Troca de conhecimento, um pouco de resistência argumentativa durante as negociações.

Quadro 7: Características de cada grupo quanto à interação

4.3 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA AO ESTABELEECER RELAÇÃO/ASSOCIAÇÃO ENTRE PALAVRA-CONCEITO-IMAGEM: JOGO “TRINCA GENÉTICA”

Uma das estratégias para trabalhar a leitura de imagens é o uso de gráficos, tabelas e diagramas, os quais são explorados intensamente no Ensino Médio e avaliados pelo ENEM (DALEFI, 2007). A utilização de imagens dentro da proposta do jogo foi avaliar o processo de leitura e interpretação a partir da comparação entre as variáveis encontradas em cada imagem com as variáveis encontradas em cada conceito e associá-las ao seu termo e, ao mesmo tempo, comparar com as variáveis de percepção de cada grupo. Lopes (2007); Barros

e Carneiro (2005); Martins; Gouvêa e Piccinini (2005) corroboram as pesquisas realizadas no campo da leitura e interpretação de imagens mediante as variáveis de percepção do aprendiz no processo ensino-aprendizagem, bem como identificação das dificuldades. Neste sentido, a riqueza das argumentações e negociações traduz a avaliação diagnóstica de cada grupo, além da análise comparativa em cada nível de escolaridade e entre eles.

4.3.1 Procedimentos desenvolvidos pelos grupos durante o jogo “Trinca Genética”

O procedimento proposto pelo Jogo de Trincas contemplava dois momentos: o reconhecimento das cartas e o jogo propriamente dito. O reconhecimento das cartas é fundamental para que haja conhecimento dos conceitos tratados no jogo, desconhecidos de todos os participantes da pesquisa. No entanto, partindo dos procedimentos propostos, os grupos desenvolveram procedimentos e estratégias diferenciados, ocasionados pelas suas necessidades (Quadro 8).

O grupo A, logo deu início ao jogo, esquecendo do reconhecimento das cartas. Ao relembra-los deste procedimento, este grupo não só o executou como também discutiu as possíveis trincas. A maior parte das discussões entre palavra e conceito foi contemplada nesta fase, desfazendo-as e refazendo-as. Já as associações entre palavra e imagem foram rápidas, quase sem discussão. No procedimento seguinte, com exceção das trincas “fenótipo” e “alelos” as demais permaneceram iguais às pré-formadas. O grupo B, durante a primeira etapa, não criou nenhuma estratégia para formar as trincas como observado nos grupos A e C. O procedimento utilizado era procurar uma palavra que fosse comum, se possível, nas três cartas, sendo mais freqüente a discussão inicialmente entre conceito e imagem. Com isso, várias trincas eram formadas e desfeitas, demonstrando dificuldades cognitivas diante dos conceitos apresentados. Já o grupo C, demonstrando a mesma dificuldade, sentiu a necessidade de revisar as trincas no final do jogo mesmo tendo realizado a formação das trincas na fase de reconhecimento das cartas. Vale lembrar que os grupos B e C foram exclusivos para o Jogo “Trinca Genética” e o grupo D exclusivo para o Jogo “Dominogêneo”.

Grupos	Procedimentos	Características/estratégias
A	Reconhecimento das cartas com formação das trincas	Associaram primeiro P e I para, em seguida, associá-las ao conceito. Retrataram quase todas as discussões e negociações, algumas com resistência argumentativa. As associações entre P e I foram rápidas.
	Jogo propriamente dito	Sentiram dificuldades de montar algumas trincas e retomaram a discussão.
B	Reconhecimento das cartas com formação das trincas	Formaram as trincas, desfazendo-as e refazendo-as várias vezes, usando como estratégia os termos-chave, se possível nas três cartas. Era mais freqüente a discussão inicialmente entre C e I.
	Jogo propriamente dito	Apresentavam dificuldade em formar algumas trincas em decorrência da não assimilação das trincas pré-formadas, ainda com várias mudanças realizadas. Negociaram as cartas.
C	Reconhecimento das cartas com formação das trincas	Usaram estratégia de agrupamento, alinhando cartas com o mesmo “naipe” de letras (P, C, I) para facilitar a visualização, além de utilizarem os termos-chave comuns nas cartas. A maior parte das associações era a partir do C com I.
	Jogo propriamente dito	Apresentaram intensa negociação com as cartas e houve interação entre os participantes, além de várias dúvidas e, conseqüentemente, alterações das trincas.
	Revisão e alteração das trincas	Inseguranças na construção das trincas e, conseqüentemente, novas alterações efetuadas.
E	Reconhecimento das cartas	Forma rápida, fazendo uma leitura dinâmica das cartas, sem diálogo.
	Jogo propriamente dito	Pequenas dúvidas apreciadas e sanadas no decorrer sem resistência de aceitar a argumentação.
	Revisão e alteração das trincas	Sentiram necessidade de rever as trincas devido à última trinca formada que não batia P e I.
F	Reconhecimento das cartas com formação das trincas	Formaram as trincas, umas com rapidez outras com dificuldade. Foi associada P com I para depois encaixar o C.
	Jogo propriamente dito	Não houve negociação entre os participantes e as trincas formadas foram mostradas e discutidas quando cada jogador finalizava suas trincas.
G	Reconhecimento das cartas com formação das trincas	Houve pouco diálogo durante a separação dos três tipos de cartas. Associaram mais P e C para depois colocar a I. Durante as discussões a associação de P-C foram evidenciadas em 10 trincas. Já a associação entre P-I e C-I foram 2 trincas para cada.
	Jogo propriamente dito	Houve alteração de trinca.
H	Reconhecimento das cartas	Apontavam as cartas (P e I com maior freqüência) sem formar as trincas e sem discussão.
	Jogo propriamente dito	A discussão surgia quando cada jogador lançava sua trinca. Havia uma discreta competição.
I	Reconhecimento das cartas	Sem diálogo, sem relacionar as cartas, apenas questionamentos sobre as regras.
	Jogo propriamente dito	Faziam considerações a respeito da proposta, das regras e das imagens e conceitos do jogo. Houve negociação com as cartas.
J	Reconhecimento das cartas	Manuseio das cartas sem diálogo.
	Jogo propriamente dito	As discussões surgiam apenas quando a trinca não era aceita até chegar ao consenso.

P, palavra; C, conceito; I, imagem.

Quadro 8: Procedimentos desenvolvidos por cada grupo durante o Jogo “Trinca Genética”.

O perfil de saída do grupo E faz pensar que o “domínio de conteúdo” tenha favorecido a não formação das trincas durante o reconhecimento das cartas. Portanto, os grupos C e E sentiram a necessidade de revisar as trincas no final do jogo criando uma terceira etapa. A discussão de maior relevância deste grupo se deu ao final do jogo. Com o grupo F, das treze

trincas formadas na fase de reconhecimento com palavra e conceito corretos, três foram invertidas entre si na fase seguinte, o que sugere insegurança nesses conceitos. Na fase de reconhecimento do grupo G, as discussões e associações entre Palavra-Conceito foram evidenciadas em dez trincas. Já a associação entre Palavra e Imagem e Conceito-Imagem foram evidenciadas em duas trincas cada uma. Dessas trincas, duas foram alteradas entre si (DNA e gene). O grupo H não formalizou a formação das trincas na fase de reconhecimento das cartas, apenas apontou (característica do participante 27) palavra e imagem com frequência. Já os participantes 28 e 29 olhavam também os conceitos.

Os grupos I e J representando os professores da graduação realizaram procedimentos semelhantes ao grupo H, mas não ocorreu discussão entre os participantes sobre as cartas expostas durante a fase de reconhecimento.

4.3.2 Estabelecendo associações/relações entre Palavra-Conceito-Imagem: grupos do Ensino Médio (Escolas particulares e Escola Pública)

O primeiro questionamento levantado pelo grupo A foi:

- *O que é Alelo?* (participante 3)
- *Alelo é a interação do ser com outro ser, tá ligado! Só que tem cenobiose e alelobiose. É diferente. A cenobiose que é o ser com outro ser da mesma espécie...* (participante 2)

Percebe-se que o participante tentou estabelecer uma homologia conceitual entre Genética e Ecologia. Será que o alelo da Ecologia não teria o mesmo significado do alelo da Genética? Esta idéia fez estabelecer a relação do termo “alelos” com a imagem de “fenótipo”. Já a imagem “genótipo” foi associada ao termo “fenótipo”. Em discussão, surge o diálogo:

- *Fenótipo é o que é hereditário?* (participante 2)
- *Não, é genótipo.* (participante 4)
- *Fenótipo é o adquirido?*
- *É.*

O conceito de fenótipo, antes de ser relacionado ao próprio termo, foi associado à palavra e imagem de “gene”, surgindo a contrapartida:

- *Não, isso é fenótipo. Você nasce branquinho, seu gene diz que você tem a característica de ser branco, você leva sol e fica pretinho. É a interação genótipo com o meio.* (participante 4)

A Figura 20 ilustra algumas associações obtidas após a discussão e a negociação dos grupos do Ensino Médio. Nas Figuras 20A e 20E houve a seguinte discussão: o participante 2

associou o conceito de “ciclo celular” à palavra “alelos”, embora sem argumentação. Já a participante 3 achava que o conceito de “cromossomos homólogos” estava na carta correspondente ao ciclo celular. A participante 4 discorda e argumenta que o conceito de ciclo celular está claro quando a palavra “eventos” é citada e associa à imagem que retrata os eventos pelos quais passa a célula. Nesta oportunidade, argumenta que o conceito de alelo é a carta apontada pela participante anterior. A princípio, houve resistência à aceitação.

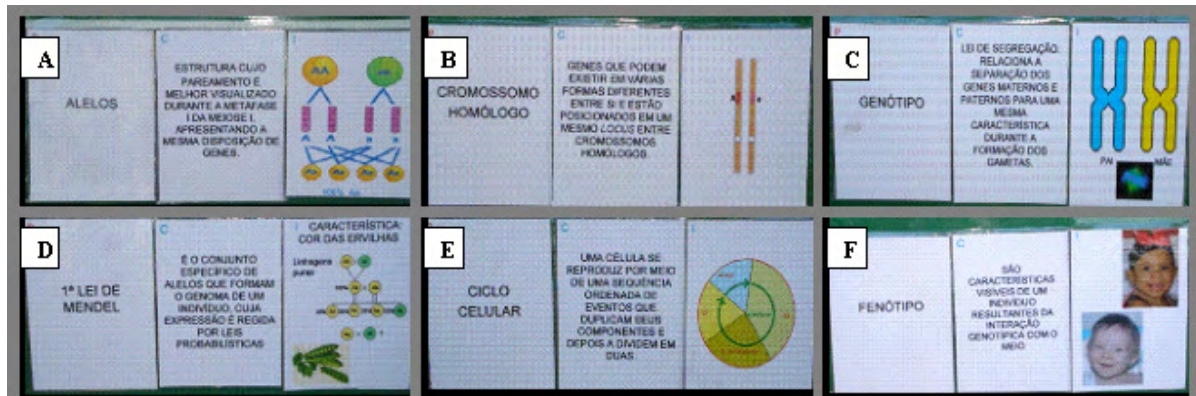


Figura 20: Trincas formadas pelo grupo A, Palavra – Conceito – Imagem, respectivamente: trinca incorreta (A, B e C); trinca parcialmente correta (D); trinca correta (E e F).

Na segunda etapa do grupo A, o jogo propriamente dito, uma discussão entre imagens revela dificuldade de escala entre cromossomo e gene. Vejamos:

- *Essa imagem é cromossomo. É esse o desenho (imagem de alelo). Veja, porque aqui ele ta mostrando o lócus que é o espaço onde o cromossomo fica.* (participante 2)

Já nas últimas trincas houve questionamentos entre as imagens de genótipo e fenótipo, respectivamente:

- *Essa imagem é o que? É probabilidade?* (participante 4)
- *Não.* (participante 3)
- *Essa deve ser genótipo, eu quero saber qual a imagem de fenótipo.* (participante 2)
- [Participante 4 mostra a imagem dos bebês (fenótipo).]
- *Acho que isso é alelo...Tem outra imagem que pode ser fenótipo? Sei não, deve ser essa mesmo.* (participante 2)
- [Algum tempo depois...]
- *Isso aqui é o quê, genótipo é?* (participante 4)
- *Eu acredito que essa seja o que tô procurando, fenótipo, não?* (participante 2)
- *Isso não é alelo, pô!* (participante 1)
- *Qual é o conceito de fenótipo?* (pesquisadora.). Participante 2 lê o conceito.
- *Qual é a imagem que mais se aproxima de fenótipo?* (pesquisadora)
- [Participante 3 aponta para as imagens dos bebês.]
- *Eu acho que é essa porque fala das características... É fenótipo?* (participante 2)
- *Eu acho que é genótipo. Ele não tem nenhuma interação com o meio... São bebês* (participante 4)
- *Você acha que os bebês não têm nenhuma interação com o meio?* (pesquisadora)
- *É.* (participante 4)

Após o exemplo dos gêmeos univitelinos que se separaram, vivendo em diferentes contextos, há um consenso e decidem que se trata de fenótipo. A imagem de “genótipo” foi associada ao termo “alelos”. Então, a partir dos resultados finais, observa-se uma inversão entre os termos e as imagens propostas, quando a seqüência esperada deveria relacionar, respectivamente: “alelos”, Figura 20B; “cromossomos homólogos”, Figura 20C e “genótipo”, Figura 20A. As demais imagens foram associadas às respectivas palavras corretamente. É importante ressaltar que os conceitos citados estão intimamente relacionados quanto à estrutura e função, porém se diferenciam numa questão de escala, pois o genótipo compreende o conjunto de cromossomos homólogos, os quais hospedam o conjunto dos genes, inclusive os alelos.

A discussão para “encaixar” os conceitos corretos inclui outras situações, além da inversão. O conceito escolhido para a trinca da Figura 20A foi o que melhor conceitua cromossomos homólogos (e vice-versa), e o que chamou a atenção deste grupo foi a palavra “pareamento”, que logo remeteu à imagem das duas ervilhas emparelhadas. Também houve troca de conceitos entre 1ª Lei de Mendel e genótipo (Figuras 20C e 20D), justificadas pelos participantes porque a Lei da Segregação envolve a separação dos genes maternos e paternos. Assim que identificaram, na imagem de cromossomos homólogos, as palavras “pai” e “mãe”, associaram conceito e imagem.

Da mesma forma que ocorreu nos conceitos anteriores, os conceitos de gene, cromatina e cromossomo foram invertidos entre si. Hoje, sabe-se que gene é um trecho de uma molécula de DNA que, por sua vez, está complexado com proteínas específicas, constituindo a cromatina. No núcleo interfásico, a cromatina se apresenta parcialmente compactada. No entanto, no núcleo em divisão, seja mitose ou meiose, a cromatina está altamente compactada, constituindo os cromossomos. Assim, a cromatina e os cromossomos representam dois aspectos morfológicos e fisiológicos da mesma estrutura (ALBERTS *et al.*, 2004).

Os grupos B e C, vinculados à escola pública, demonstraram maiores dificuldades cognitivas diante dos conceitos apresentados, de forma que as trincas formadas sofreram várias alterações. A Figura 21 ilustra a culminância do grupo B.

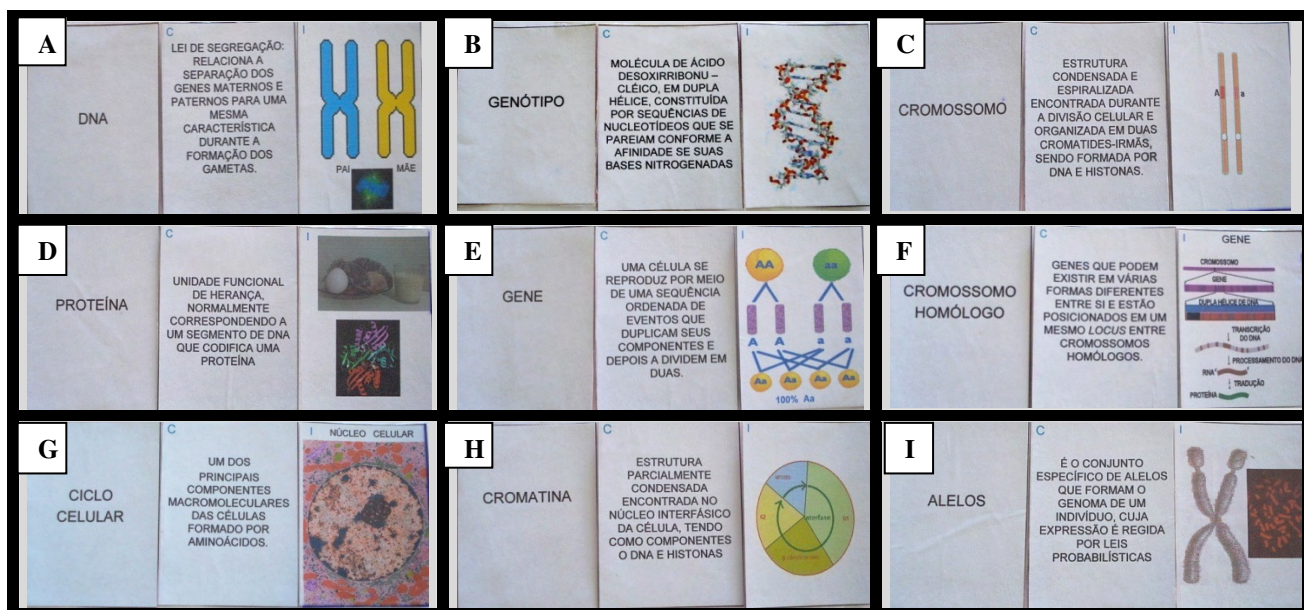


Figura 21 - Trincas formadas pelo grupo B, Palavra – Conceito – Imagem, respectivamente; trinca incorreta (A, D, E, F, G e I); trinca parcialmente correta (B, C e H).

Na primeira fase do grupo B, o termo DNA foi associado à imagem de cromossomo homólogo e ao conceito de gene e, posteriormente, à 1ª Lei de Mendel (Figura 21A). O argumento usado foi semelhante ao do grupo A, associando as palavras pai e mãe da imagem com os termos genes maternos e paternos do conceito “1ª Lei de Mendel”. Este último termo deste último foi logo associado com a própria imagem e, em seguida, ao conceito de genótipo pela participante 8, formando-se uma trinca semelhante a do grupo A (Figura 20D). No entanto, esta trinca foi alterada na segunda fase pelo conceito de probabilidade. A participante 6 diz:

- Eu achava que esse conceito (probabilidade) fosse da trinca de probabilidade.

Outra trinca discutida foi genótipo (P) – fenótipo (C) – fenótipo (I), construída pela participante 12. A participante 7 busca outra palavra para esta discussão, o termo “fenótipo”. Então surge a pergunta:

- O que é genótipo e fenótipo? (participante 6)

- Genótipo é igual e fenótipo é diferente (identificando os bebês como gêmeos bivitelinos). (participante 7)

Diante desta argumentação, a imagem “fenótipo” foi associada ao seu termo (Figura 20F).

Outra trinca correta foi RNA, embora tenha sofrido associação com imagem e conceito de DNA. Vejamos a discussão:

- *Ô aqui ô!* (lê o conceito de DNA e aponta para a imagem de DNA). *Tá faltando o “P” (palavra) desse, então... Vê se isso aqui é do RNA?* (participante 6 associa palavra “RNA” ao conceito e imagem de DNA)
- *Eu acho que é isso aqui.* (participante 8 associa a palavra “RNA” ao conceito de RNA).
- *Não, olha... Lê aqui e você vê aqui quatro... Formada por quatro...* (falando das bases nitrogenadas encontradas na imagem e no conceito de RNA). *Agora é achar a palavra dele.*
- *Eu acho que RNA é ribonucléico.* (participante 8)
- *Eu acho também.* (participante 5)

Já a imagem e o conceito de DNA foram associados ao termo “genótipo” (Figura 21B). Nota-se que a dificuldade maior foi associar os termos aos seus respectivos conceitos e imagens por desconhecer o significado das duas siglas, até porque, em nenhum momento cogitaram a possibilidade de retirar a palavra “DNA” da primeira trinca formada e relacioná-la às cartas em questão. No grupo A não foram constatadas dificuldades na formação das trincas RNA e DNA.

As Figuras 21D, 21E e 21F ilustram as trincas que foram formadas sem alteração durante o processo, respectivamente a saber: Proteína, cujo argumento remete à questão das palavras em comum entre o termo e o conceito, pois o termo proteína está presente no conceito de gene (Figura 21D); da mesma forma a trinca Cromossomo Homólogo (Figura 21F), cujo termo foi associado ao conceito de alelos por conter no final deste a palavra cromossomo homólogo; e a trinca Gene (Figura 21E). A participante 7 associou o termo “cromossomo” ao seu próprio conceito e a imagem “alelos” (Figura 21C). Porém, antes, a participante 6 associou o termo “cromossomo” ao conceito “cromatina”. Na discussão surge o diálogo:

- *O que é cromossomo?* (participante 5)
- *Cromossomo deve ser uma célula. Cromossomo é tipo isso aqui* (mostrou a imagem de cromossomo e a imagem de cromatina). (participante 7)

Percebe-se que, de um modo geral, os alunos do Ensino Médio têm dificuldade de diferenciar, conceitualmente, cromossomo e cromatina, pois situações semelhantes foram observadas no grupo A. No entanto, esta diagnose não se limita apenas aos conceitos, pois o diálogo acima permite dizer que as imagens também remetem à mesma dificuldade. A argumentação quanto à imagem “alelos” está descrita no diálogo abaixo:

- *Porque aqui é o cromossomo e o gene não tá aqui dentro* (mostrando a imagem de alelos). (Participante 8)
- *Isso é DNA.* (Participante 5)

- *É cromossomo... Como é que a pessoa vai ser? Se for ser branco, preto se vai parecer com o pai ou mãe. É cromossomo. Esse negócio aqui grande é cromossomo. É o gene que vai definir como a gente é, vem dentro desse negócio.* (Participante 8)

O que marca a diferença entre cromossomo e cromatina são exatamente os eventos pelos quais passam essas estruturas durante o ciclo de vida da célula. O fato de essas estruturas serem abordadas de forma fragmentada e dissociadas do próprio ciclo celular não dá condições mínimas de compreensão dos conteúdos abstratos. Neste sentido, ocorre uma inversão de imagens entre os termos “ciclo celular” e “cromatina”. Os conceitos relacionados foram proteínas e cromatina, respectivamente (Figuras 21G e 21H). Há outra inversão de imagens entre os termos “cromossomo” e “alelos” (Figuras 21C e 21I). Além disso, a trinca “alelos” (Figura 18I) foi associada ao conceito de genótipo por conter o termo “alelos”, argumento representado também nas Figuras 21D e 21F. Já as figuras 21A e 21H, ilustram as trincas em que a palavra em comum ocorreu entre conceito e imagem.

Da mesma forma que o grupo A, o grupo B relacionou, sem dificuldades, a imagem de probabilidade ao seu próprio termo e, em seguida, ao seu conceito. No entanto, nesta segunda fase, a trinca é formada por uma carta-coringa em substituição ao seu conceito.

A Figura 22 ilustra alguns resultados das trincas formadas pelo grupo C. Neste grupo, os participantes 10 e 11 formam a trinca proteína, usando o mesmo argumento do grupo B: associaram o conceito “gene” com a imagem e palavra “proteína”, provavelmente por conter a palavra proteína no final do texto (Figura 21D). O participante 12 associa o conceito “cromossomo” com a palavra e a imagem de DNA (Figura 22A). Percebe-se que não houve dificuldade em identificar a imagem de DNA ao seu termo como foi observado no grupo B. No entanto, para o conceito foi utilizado o mesmo critério de associação como na trinca anterior. Vejamos o diálogo:

- *Vê se vocês concordam comigo desse conceito e imagem (conceito de cromossomo com imagem de DNA).* - *Acho que o conceito de DNA é este (conceito de cromossomo), quando se lê: estrutura condensada e espiralizada...* (participante 9)
- *E qual é a palavra?* (participante 11)
- *DNA.* (participante 9)
[O participante 11, lendo o conceito de cromossomo, questiona a participante 9].
- *Se aqui tá falando de DNA, então porque tem DNA no conceito?*
- *Porque é o conceito de DNA.* (participante 9)

Infelizmente, a ausência de argumentação limitou seu raciocínio sem mais questionamento. Outra trinca em que não houve mudanças foi: associar o termo “cromossomo homólogo” ao conceito “alelos” e, em seguida, à imagem “cromossomo”. Surgiu um impasse

durante a relação entre o termo “genótipo”, o conceito “fenótipo” e a imagem “cromossomo”, envolvendo mais duas imagens: genótipo e fenótipo. Ao analisar as imagens “genótipo” e “1ª Lei de Mendel” foi dito:

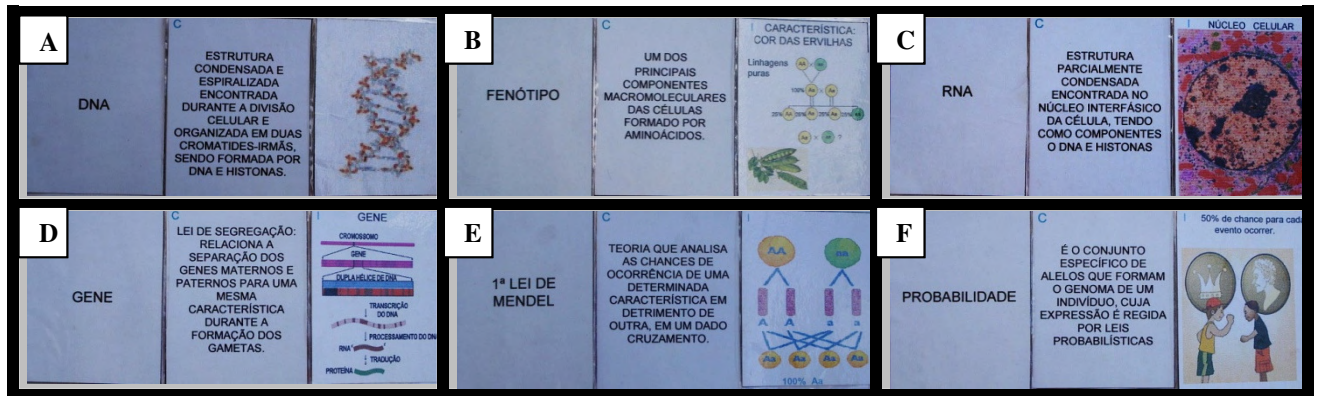


Figura 22 - Trincas formadas pelo grupo C, Palavra – Conceito – Imagem, respectivamente: trinca parcialmente correta (A, C, D e F); trinca incorreta (B, E).

- Aqui tá representada de forma igual. Agora, uma caracteriza cor das ervilhas. (participante 12)
- Essa imagem (fenótipo) tá certa? (participante 10)
- Pode ser. (participante 12)
- Eu acho que é. (participante 10)
- Pode ser, são características do indivíduo. (participante 12)

Então, associaram o conceito “fenótipo” à própria imagem. O não conhecimento do termo fenótipo, fez formar, no final da primeira fase com as cartas restantes, a trinca representada na Figura 22B.

Uma discussão interessante surgiu ao associar a imagem de “ciclo celular” com o conceito de “cromatina” devido à palavra intérfase presente nas cartas e vice-versa. Então, surgiu o diálogo:

- A gente tem que achar uma palavra que tenha a estrutura básica da célula... Disso aqui ô! (mostra imagem de ciclo celular). (participante 10)
- Vejam se vocês concordam (imagem de cromatina com o conceito de ciclo celular). (participante 10)
- É ciclo celular (Palavra). (participante 9)
- O conceito é dessa palavra? (participante 10)
- Tá certa. Agora aqui só tem o núcleo cadê a célula (referindo-se a imagem de cromatina)? (participante 12)
- Isso é uma célula. (participante 9)
- Não, mas aqui só tem uma célula. (participante 12)
- Só tem um núcleo de uma célula. E aqui tá falando que se divide em duas células. (participante 11)
- Vejam a palavra e o conceito, tem alguma... (pesquisadora é cortada pelo participante seguinte)
- Olha aqui o ciclo só pode ser esse (mostra a imagem do ciclo celular). (participante 11)

- *O único ciclo que tem aí é esse.* (participante 9)
- *Será?* (participante 12)
- *Menino, o ciclo com ciclo.* (participante 11)
- *Você não pode dizer que o ciclo é uma bola... Uma bola não representa um ciclo não. Isso poderia até ser um ciclo (mostra a imagem de 1ª Lei de Mendel). Isso aqui poderia ser também, essa (imagem de genótipo) com a palavra e o conceito de ciclo celular. Isso aqui são células ou algo parecido. Isso aqui são duas células (referindo-se a imagem de genótipo)...* (participante 12)
- *Aquilo dali é ciclo (referindo-se a imagem de ciclo celular). Isso aqui é fase (imagem de genótipo).* (participante 10)

Mesmo finalizando corretamente, neste diálogo observa-se a incompreensão do termo ciclo, que representa fases sucessivas de um determinado fenômeno e que retorna ao ponto de partida, dando início a uma mesma série de eventos. Não se pode negar que a natureza tenha esta representatividade em qualquer nível, bem como dos seus elementos. Ao compreender cada fase do ciclo celular, dentro da perspectiva micro e macroscópica, o aprendiz abstrai tal conceito, dando-lhes aplicabilidade em quaisquer parâmetros de realidade. Do contrário, a especificidade de cada conceito sem a devida relação com outros fenômenos interligados traduz uma provável incompreensão entre o universo celular e o organismo como um todo, bem como sua relação com o meio.

O conceito e a imagem de cromatina foram associados ao termo “RNA” (Figura 22C) e, neste íterim, surge o diálogo:

- *O que é RNA?* (participante 9)
- *Eu sei o que é DNA. DNA é o material genético do indivíduo. Cromossomo é o conjunto de cromossomos do pai e cromossomo da mãe... Junta o cromossomo do pai e da mãe pra dar o número total que vai dar 23...(pares ou 46 cromossomos) É um negócio assim.* (participante 12)
- *O RNA não é o que se encontra dentro do núcleo (olhando para a imagem de cromatina)? Então é esse aqui. Cadê o RNA palavra?* (participante 12)

O conceito e a imagem de RNA foram relacionados entre si sem dificuldades da mesma forma que o grupo B. No entanto, a palavra relacionada inicialmente foi cromatina, alterando no final do jogo, pelo termo “alelos”. A relação conceito e imagem das cartas “cromatina” e “RNA” não foram resultantes do conhecimento sobre tais cartas e sim utilizando as palavras presentes nas duas situações: núcleo celular, para cromatina e as quatro bases nitrogenadas citadas também na imagem de RNA. A transcrição do RNA ocorre no núcleo, porém a tradução do RNA informacional ocorre no citoplasma, portanto a maior parte localiza-se no citoplasma e não no núcleo.

Ainda na primeira fase há o impasse entre os conceitos “cromossomo” e “1ª Lei de Mendel” com relação à imagem “cromossomo homólogo”. A participante 9 sugere o conceito

“1ª Lei de Mendel” e justifica dizendo que este é mais próximo por conter pai e mãe na imagem e genes paternos e maternos no conceito. Este argumento esteve presente tanto no grupo A como no grupo B. Em seguida é “encaixada” a palavra “gene”. Embora tenha ocorrido a passagem de outras cartas, até a última fase, a imagem referida acima dar lugar a imagem “gene” (Figura 22D).

- *Qual é o melhor conceito de gene?* Ela lê o conceito de cromossomo homólogo e 1ª Lei de Mendel. (participante 9)
- *Acho o segundo.* (participante 11)
- *Os dois têm relação com genes* (ambos contêm a palavra gene). (participante 10)
- *Eu acho que essa daqui* (imagem de c. homólogo) *tem a ver com cromossomos* (termo). Seleciona a palavra cromossomo e diz que falta o conceito deste termo. (Participante 12)

Então, é sugerido encaixar o conceito e a imagem “cromossomo homólogo” ao termo cromossomo.

O conceito de “probabilidade” é associado ao termo “1ª Lei de Mendel” e, além disso, trocam a imagem de “probabilidade” por “genótipo” (Figura 22E). O participante 10 associa o conceito de “genótipo” com a palavra “probabilidade”, provavelmente por conter as palavras “leis probabilísticas”, juntamente com a imagem “probabilidade” (Figura 22F).

Ao analisar tais resultados, percebe-se como a desarticulação e fragmentação desses conceitos contribuem para a incompreensão da visão sistêmica e integrada dos termos básicos da Genética entre si e destes com o mundo de complexidade macroscópica, dentro da perspectiva do ser enquanto indivíduo. Além disso, o conhecimento não é transposto em aplicabilidade cotidiana. Desta forma, o aluno não consegue visualizar estas relações. Partindo do universo microscópico os eventos que ocorrem na célula interagem de forma contínua com os elementos intra e extra-celulares. Então, por que ensinar conceitos abstratos fragmentados e desarticulados sem demonstrar função aplicável a eles? Ao propor uma sistematização fragmentada não há garantia da aprendizagem, como ilustram as Figuras 20, 21 e 22, trazendo a realidade dos alunos da rede de ensino pública e privada. Neste sentido, é importante enfatizar outra organização esquemática que permita visualizar as articulações entre esses conceitos para que, em uma seqüência didática, o docente possa trabalhar os pontos cruciais das dificuldades encontradas pela falta dessas articulações. As Figuras 23, 24 e 25 ilustram as relações de interdependência (mapas de conceitos) entre os conceitos, construídos a partir das trincas formadas no final do jogo pelos grupos A, B e C, respectivamente. Tais figuras evidenciam a relação e articulação entre os conceitos.

A Figura 23 ilustra as relações de interdependência a partir das inversões de conceitos encontradas nas trincas formadas pelo grupo A. Portanto, esta tríade de obstáculos lacunares observada em conexão linear compõe-se de uma visão desarticulada dos conceitos. No entanto, se estabelecêssemos as articulações necessárias, dizendo que o gene está presente na cromatina e que esta, durante a divisão celular, assume as características de cromossomo, veríamos o quanto estão próximas. E qual a relevância deste fato? Compreender a complexidade dos sistemas vivos. Assim, não basta conhecer a localização de determinados genes; é preciso conhecer o seu funcionamento, pois o elemento principal passa a ser a organização das redes metabólicas juntamente com as complexas e dinâmicas restrições físicas e químicas do ambiente. Essa abordagem é compatível com a compreensão não-linear da Biologia, segundo a visão sistêmica de Capra (2002).

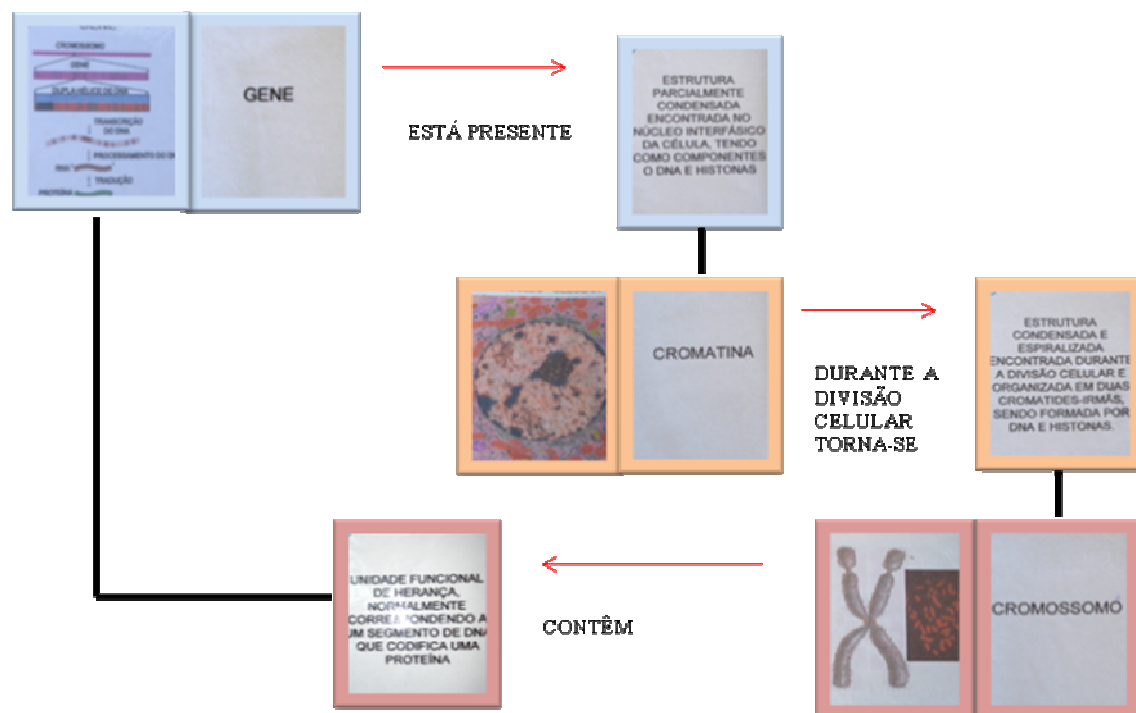


Figura 23 - Mapa de conceitos construído a partir das trincas formadas pelo grupo A. As molduras de cores iguais representam as trincas formadas; as retas contínuas indicam a seqüência de trinca correta; setas + conectores indicam a relação/articulação conceitual entre as cartas estabelecida pelo grupo. Cada par de cartas indica a trinca parcialmente correta.

A Figura 24 ilustra as relações de interdependência a partir das trincas formadas pelo grupo B. Observa-se que este grupo possui dificuldades maiores que o grupo anterior.

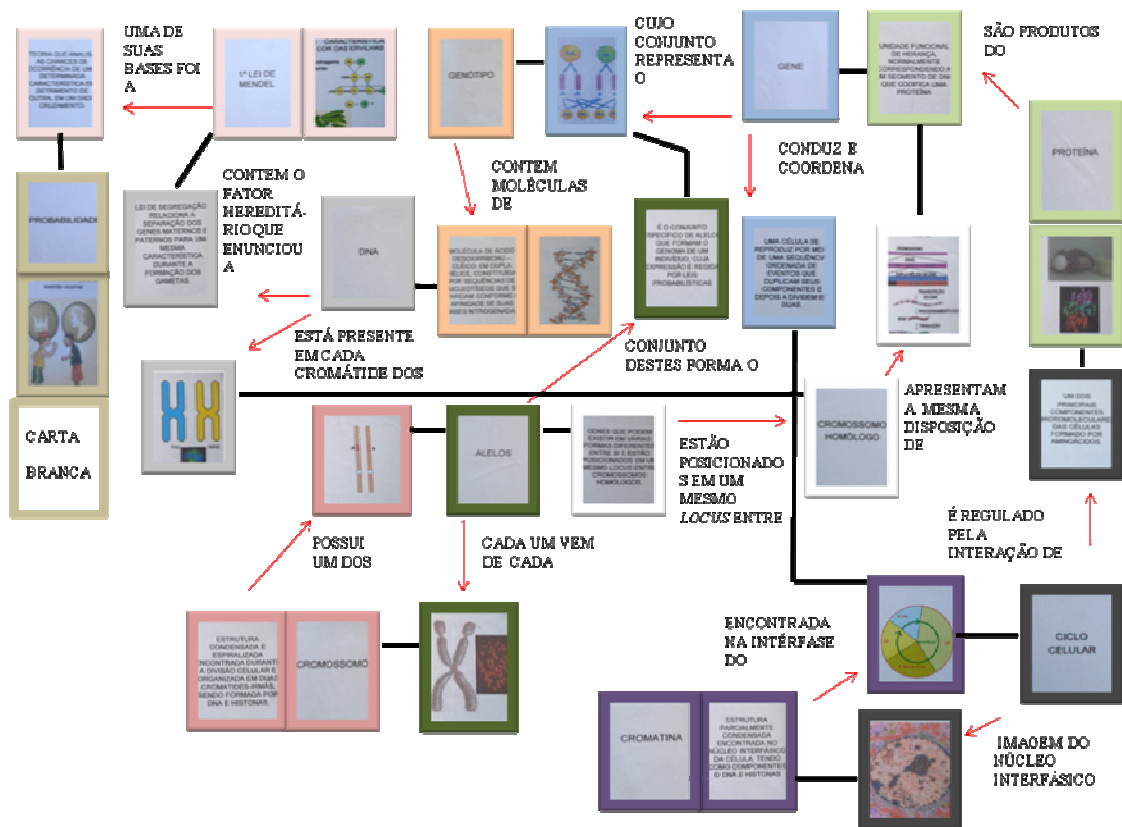


Figura 24 - Mapa de conceitos construído a partir das trincas formadas pelo grupo B. As molduras de cores iguais representam as trincas formadas; as retas contínuas indicam a seqüência de trinca correta; setas + conectores indicam a relação/articulação conceitual entre as cartas estabelecida pelo grupo. Cada par de cartas indica a trinca parcialmente correta.

A Figura 25 ilustra as relações de interdependência a partir das trincas formadas pelo grupo C. Neste mapa pode-se observar o quanto a relação do universo macro e microscópico é fundamental para a compreensão dos conceitos e para relacioná-los ao contexto e à realidade do aprendiz.

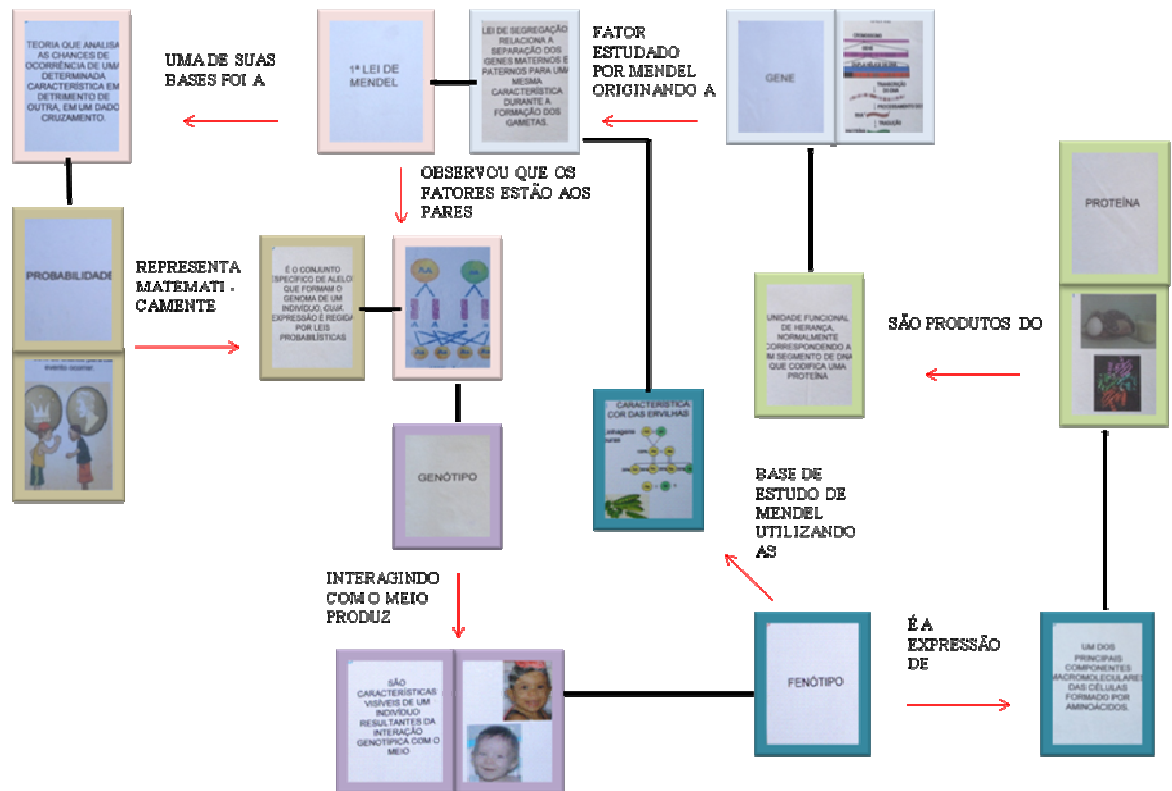


Figura 25 - Mapa de conceitos construído a partir das trincas formadas pelo grupo C. As molduras de cores iguais representam as trincas formadas; as retas contínuas indicam a seqüência de trinca correta; setas + conectores indicam a relação/articulação conceitual entre as cartas estabelecida pelo grupo. Cada par de cartas indica a trinca parcialmente correta.

Diante dos três mapas construídos a partir das dificuldades dos grupos do Ensino Médio pode-se perceber a real relação/articulação entre os conceitos básicos de Genética. A partir dessas dificuldades é possível traçar uma sistematização coerente com as necessidades do grupo, o que é da maior relevância para o ensino-aprendizagem.

Será que a forma convencional de diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos forneceria tanta informação como a adquirida através deste jogo? Uma diagnose a partir do lúdico cria situações cujos resultados demonstram maior profundidade da real situação dos estudantes, além da sutileza de capturar tais dificuldades que está embutida no prazer de jogar. Portanto, os jogos propostos têm valor significativo como ferramenta diagnóstica cognitiva do aprendiz.

O Quadro 9 mostra os resultados finais das trincas dos três grupos. Pode-se concluir que: as imagens “probabilidade” e “proteína” foram posicionadas corretamente nos três grupos; o conceito “alelos” foi associado ao termo “cromossomo homólogo” nos três grupos; as trincas “RNA” e “fenótipo” foram associadas corretamente pelos grupos A e B; a trinca “ciclo celular” foi também associada corretamente pelos grupos A e C; os grupos B e C

associaram o conceito de “gene” ao termo e imagem de “proteína”. No grupo A, é importante ressaltar que o estabelecimento da associação Palavra e Imagem foi favorecida (10/13), enquanto apenas foram registradas 6 associações (trincas) corretas. As associações Palavra-Conceito (0/10) e Conceito-Imagem (1/10) foram pobremente utilizadas. No grupo B apenas 2/13 estão corretas, sem garantir a compreensão dos conceitos, RNA e fenótipo. A associação estabelecida entre Palavra e Imagem foi apenas (3/13). Da mesma forma, a associação ente Palavra e Conceito e Conceito e Imagem foi apenas (2/13). Já no grupo C apenas 1/13 está correta. A associação estabelecida entre Palavra-Imagem e Conceito- Imagem foram favorecidas (4/13) e nenhum estabelecimento entre Palavra-Conceito, como observado no grupo A.

Sugere-se, então, que tais circunstâncias favoreceram, *a priori*, a relação entre imagens e palavras, para somente depois, “encaixar” os conceitos. Outro aspecto observado foi o estabelecimento de algumas associações sem dificuldades cognitivas, tais como: “DNA”, “RNA”, probabilidade e proteína. O diagnóstico deste procedimento sugere que a negociação entre os participantes de cada grupo foi fundamental para a formação dessas associações. Embora o grupo A tenha obtido apenas 6 trincas corretas, o levantamento de questões e discussões durante o processo, retratam concepções prévias dos alunos que, por sua vez, são fundamentais para a elaboração de uma intervenção sistematizada acerca desses conteúdos. Tal sistematização favoreceria a interação professor-aluno, assim como as condições propícias para a necessária abstração dos conceitos propostos, de acordo com a proposição de Vygotsky (2007). Ele enfatiza a importância da interação social e coloca que a discussão e a negociação entre indivíduos de competências diferentes são fundamentais no processo de aprendizagem. A interação social permite a ampliação da ZDP, pois há uma construção conjunta de estratégias para solucionar pequenos desafios pertinentes para a compreensão contextualizada e articulada dos conceitos básicos da Genética (FROTA; ANGOTTI, 2002).

Palavra	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	Conceito	Imagem	Conceito	Imagem	Conceito	Imagem
Gene	Cromatina	Gene	Ciclo celular	Genótipo	1ª Lei de Mendel	Gene
Alelo	C. homólogo	Genótipo	Genótipo	Cromossomo	RNA	RNA
Cromossomo	Gene	Cromossomo	Cromossomo	Alelos	C. Homólogo	C. Homólogo
C. homólogo	Alelos	Alelos	Alelos	Gene	Alelos	Cromossomo
DNA	DNA	DNA	1ª Lei de Mendel	C. Homólogo	Cromossomo	DNA
RNA	RNA	RNA	RNA	RNA	Cromatina	Cromatina
Cromatina	Cromossomo	Cromatina	Cromatina	Ciclo celular	-	Alelos
Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo	Proteína	1ª Lei de Mendel
Genótipo	1ª Lei de Mendel	C. Homólogo	DNA	DNA	Fenótipo	Fenótipo
Ciclo celular	Ciclo celular	Ciclo celular	Proteína	Cromatina	Ciclo celular	Ciclo celular
Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade	-	Probabilidade	Genótipo	Probabilidade
1ª Lei de Mendel	Genótipo	1ª Lei de Mendel	Probabilidade	1ª Lei de Mendel	Probabilidade	Genótipo
Proteína	Proteína	Proteína	Gene	Proteína	Gene	Proteína

● P-C-I

● P-I

● P-C

● C-I

Quadro 9 - Registro das trincas formadas pelos grupos A, B e C. A associação entre as letras P, Palavra; C, Conceito; I, imagem, de cores iguais, indica as trincas corretas e parcialmente corretas.

4.3.2.1 Análise comparativa do Jogo “Trinca Genética” entre os alunos do Ensino Médio das Escolas particulares e da Escola Pública

Quais os conceitos mais difíceis para estabelecer a associação Palavra-Conceito-Imagem pelos alunos do Ensino Médio?

O Quadro 10 mostra que, nos três grupos, os conceitos “alelos”, “homólogos” e “genótipo” não estão em conformidade com as trincas estabelecidas pela pesquisadora. Dois grupos sequenciaram corretamente as trincas envolvendo os conceitos de “RNA”, “fenótipo” e “ciclo celular”, embora as discussões levantadas pelos participantes indiquem algumas incompreensões sobre tais conceitos. Do grupo A, das oito trincas formadas com facilidade quatro estavam corretas (“DNA”, “RNA”, “probabilidade” e “proteína”), três estavam parcialmente corretas, a saber: “cromossomo”, “cromatina” e “1ª Lei de Mendel” e apenas uma estava incorreta (“genótipo”). Das três trincas formadas com dificuldades parciais, após a discussão, o grupo A formou duas corretas (fenótipo e ciclo celular) e uma correta parcialmente (gene). Já com dificuldade total foram os conceitos alelos e cromossomo homólogo, que permaneceram incorretos. Do grupo B, das três trincas formadas com facilidade apenas uma estava parcialmente correta (“proteína”). As outras duas (“gene” e “cromossomo homólogo”) estavam incorretas. No entanto, das cinco trincas formadas com dificuldade parcial, uma foi concluída corretamente (“RNA”), duas foram concluídas de

forma parcialmente correta (“probabilidade” e “1ª Lei de Mendel”) e duas de forma incorreta (“DNA” e “ciclo celular”). Do grupo C, quatro foram formadas com facilidade e dessas, uma foi concluída de forma parcialmente correta (“proteína”) e três de forma incorreta (“alelos”, “cromossomo homólogo” e “fenótipo”). Das cinco trincas formadas com dificuldade parcial, uma foi concluída corretamente (“ciclo celular”), duas foram concluídas de forma parcialmente correta (“DNA” e “probabilidade”) e duas de forma incorreta (“cromossomo” e “genótipo”). Das quatro trincas formadas com dificuldade total, apenas uma estava parcialmente correta (“gene”) e as demais incorretas (“RNA”, “cromatina” e “1ª Lei de Mendel”).

Termos	Facilidade*	Dificuldade*		Resultado Final**		
		Parcial + discussão	Total + discussão	C	CP	I
Gene	B	A	C	-	A, C	B
Alelos	C	-	A, B	-	-	A, B, C
Cromossomo	A	C	B	-	A, B	C
C. homólogo	B, C	-	A	-	-	A, B, C
DNA	A	B, C	-	A	C	B
RNA	A	B	C	A, B	-	C
Cromatina	A	-	B, C	-	A, B	C
Fenótipo	C	A	-	A, B	-	C
Genótipo	A	C	B	-	-	A, B, C
Ciclo celular	-	A, B, C	-	A, C	-	B
Probabilidade	A	B, C	-	A	B, C	-
1ª lei de Mendel	A	B	C	-	B, A	C
Proteína	A, B, C	-	-	A	B, C	-

*Categorias: Facilidade, sem discussão e não garantindo o adequado; Dificuldade, presença de argumentação e/ou negociação entre os participantes.

**C, correto; CP, parcialmente correto; I, incorreto

Quadro 10: Análise comparativa do Jogo “Trinca Genética” entre os grupos A, B e C do Ensino Médio.

O Quadro 11 traz o demonstrativo quantitativo da relação/associação corretas entre Palavra-Conceito-Imagem dos três grupos do Ensino Médio. O objetivo é avaliar quantitativamente quais associações prevaleceram com mais facilidade entre os grupos, Palavra-Conceito, Palavra-Imagem, Conceito-Imagem, além das três simultaneamente, estabelecendo ou não associação/relação.

Diante dos resultados percebe-se que, em geral, os alunos do Ensino Médio (grupos A, B e C) conseguem estabelecer, a maioria com facilidade, a associação palavra-imagem na proporção de 5:3:4, respectivamente. O grupo A prevaleceu, sem dificuldade, ao estabelecer relação entre as três cartas na proporção 4:1:0. No entanto, independente da dificuldade, apenas os grupos B e C estabeleceram relações entre conceito-imagem na proporção de 0:2:4.

Pouco se estabeleceu relação entre palavra-conceito nos três grupos, 1:2:1. Por fim, foi equiparada a proporção dos grupos B e C por não estabelecer relação entre as três cartas, 3:5:5, independentemente da dificuldade ou não dos mesmos.

TERMOS	CATEGORIAS									
	Estabeleceu relação correta								Não estabeleceu relação	
	P-C-I*		P-C		P-I		C-I		P-C-I	
	dif.**	fac.**	dif.	fac.	dif.	fac.	dif.	fac.	dif.	fac.
Gene					C	A				B
Alelos									B, A	C
Cromossomo			B			A			C	
C. Homólogo									A	B, C
DNA		A				C		B		
RNA		A						B, C		
Cromatina			B			A	C			
Fenótipo	A, B						C			
genótipo									B, C	A
Ciclo celular			A	C		A	C		B	
Probabilidade		A				B, C				
1ª Lei de Mendel						A, B			C	
Proteína		A				B, C				

*P, palavra; C, conceito; I, imagem

**dif, associação estabelecida com dificuldade; fac., associação estabelecida com facilidade

Quadro 11: Análise comparativa do demonstrativo quantitativo da relação/associação corretas entre as três cartas dos grupos do Ensino Médio.

Ao analisar os três grupos do Ensino Médio percebe-se que os estudantes da rede pública usaram o senso comum (palavras do cotidiano) para associar/relacionar as cartas. Este fato sugere a existência de lacunas conceituais que dificultaram o uso da lógica fundamentada. Usaram palavras comuns para associar/relacionar as cartas. A montagem do mapa de conceitos do grupo B ilustra claramente isto, pois todas as cartas incorretas estavam interligadas. Isso mostra a fragmentação, descontextualização e visão linear dos processos e fenômenos celulares também refletidos nas dificuldades identificadas por Sá (2007) trabalhando com o conceito de respiração no universo macro e microscópico. E qual seria a causa disso?

A maioria dos professores da área de Ciências Naturais ainda permanece seguindo livros didáticos, insistindo na memorização de informações isoladas, acreditando na importância dos conteúdos tradicionalmente explorados e na exposição como forma principal de ensino. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p. 127).

Por outro lado, o mapa de conceitos ilustra as articulações de outra forma, comparada ao mapa de conceitos construído para a montagem dos jogos. Assim, de posse dessas informações, o professor poderá estruturar uma sistematização calcada nas dificuldades de aprendizagem dos conceitos abstratos. No entanto, desenvolver uma prática a partir desta

nova visão torna necessário que o professor desenvolva um embasamento sólido dos conteúdos que ensina, dos objetivos deste ensino e do contexto no qual este conteúdo será inserido, partindo de uma diagnose meticulosa das dificuldades de cada grupo. A partir daí, deve criar representações adaptáveis às construções ativas do aprendiz para posteriormente avaliar o processo de ensino e aprendizagem (SHULMAN, 1987 *apud* CID; NETO, 2005).

Para apontar tais dificuldades foi utilizado o Quadro 12 contendo categorias que as identificam desenvolvido por Sá (2007).

Dificuldade	Caracterização	Referências
Efeito da distorção	Interpretação distorcida diante de conteúdos científicos abstratos;	Bastos, 2004.
Agregação desorganizada	Respostas gerais e vagas a qualquer questionamento, através de falsas explicações, utilizando uma única palavra explicativa, funcionando como uma imagem.	Baseado nos estudos de Bachelard (1996) sobre os obstáculos: verbal e do conhecimento geral; Baseado na fase de desenvolvimento cognitivo por agregação desorganizada e complexos, defendida por Vygotsky (1999).
Complexidade do conteúdo	São conceitos abstratos, formulados, com necessidade de compreensão, sendo também necessário na sua formação, abstrair e isolar elementos, examinando-os separadamente da totalidade da experiência concreta de que fazem parte.	Vygotsky (1999); Zabala (1998).
Lacunas conceituais	Falta de informações adequadas para interpretar os fenômenos ocorridos ao nível abstrato da formação conceitual.	Mortimer e Carvalho (1996).
Visão fragmentada	Quando se reduz um todo a seus constituintes fundamentais e se tenta explicar os fenômenos a partir deles, se perde a capacidade de entender as atividades do sistema como um todo.	Capra (2002)
Transição entre níveis de realidade	Dificuldade em transitar do conceito apreendido e formulado a um nível abstrato, a novas situações concretas e vice-versa.	Vygotsky (1999)
Apartheid cognitivo	Criam um compartimento para o conhecimento científico incompatível com sua visão de mundo por não ter significado para sua vida cotidiana.	Cobern (1996); El-Hani e Bizzo (1999, 2002).

Fonte: Sá, 2007, p. 48.

Quadro 12 - Dificuldades de aprendizagem no ensino de conceitos em Biologia.

Então, para este nível de escolaridade (EM), os resultados sugerem algumas dificuldades, de acordo com as categorias listadas por Sá (2007):

- Lacuna conceitual: Problema de escala entre gene e cromossomo.

- Essa imagem é cromossomo. É esse o desenho (imagem de alelo). Veja, porque aqui ele tá mostrando o locus que é o espaço onde o cromossomo fica. (participante 2)

- Transição entre níveis de realidade e Apartheid cognitivo: entre os conceitos genótipo e fenótipo.

- *Eu acho que é essa porque fala das características... É fenótipo?* (participante 2)
- *Eu acho que é genótipo. Ele não tem nenhuma interação com o meio... São bebês* (participante 4)

Neste sentido, é viável propor uma investigação posterior em que possam ser trabalhadas tais dificuldades utilizando os jogos didáticos como ferramenta auxiliar na abordagem sistêmica.

4.3.3 Estabelecendo associação/relação entre Palavra-Conceito-Imagem nos grupos da Graduação (Licenciatura em Ciências Biológicas: grupos F, G e H) e diferentes formações (grupo E)

A discussão de maior relevância do **grupo E (GRA em diferentes áreas)** se deu ao final do jogo (fase de revisão e alteração das trincas) quando a última trinca formada - “cromossomo homólogo” (P) – “cromossomo” (C) – “fenótipo” (I) – pareceu estranha. A última palavra não se adequava com a carta-imagem que havia sobrado. Neste momento, o grupo sentiu a necessidade de rever algumas imagens das trincas: “fenótipo”, com imagem de “1ª Lei de Mendel”; “cromossomo homólogo”, com imagem de “fenótipo”; “1ª Lei de Mendel”, com imagem de “cromossomo homólogo” (Figura 26). Então, surgiu o diálogo:

- *Por que essa imagem dos bebês em cromossomos homólogos?* (participante 14)
- *Esta poderia se encaixar na trinca de fenótipo. Então, para onde iria esta imagem (1ª Lei de Mendel)?* (participante 15).
- *Caberia na trinca 1ª Lei de Mendel* (participantes 13 e 14).
- *A imagem das ervilhas (1ª Lei de Mendel) poderia ficar em fenótipo e a imagem de bebês (Fenótipo) ficaria em probabilidade.* (participante 16)
- *A chance de ocorrência tem a ver com probabilidade.* (participante 13 se referindo a imagem da trinca “probabilidade”)
- *A figura dos bebês também poderia dizer isso.* (participantes 15 e 16)
- *Por que usaria logo ervilha pra falar sobre fenótipo e não 1ª Lei de Mendel?* (participante 13)

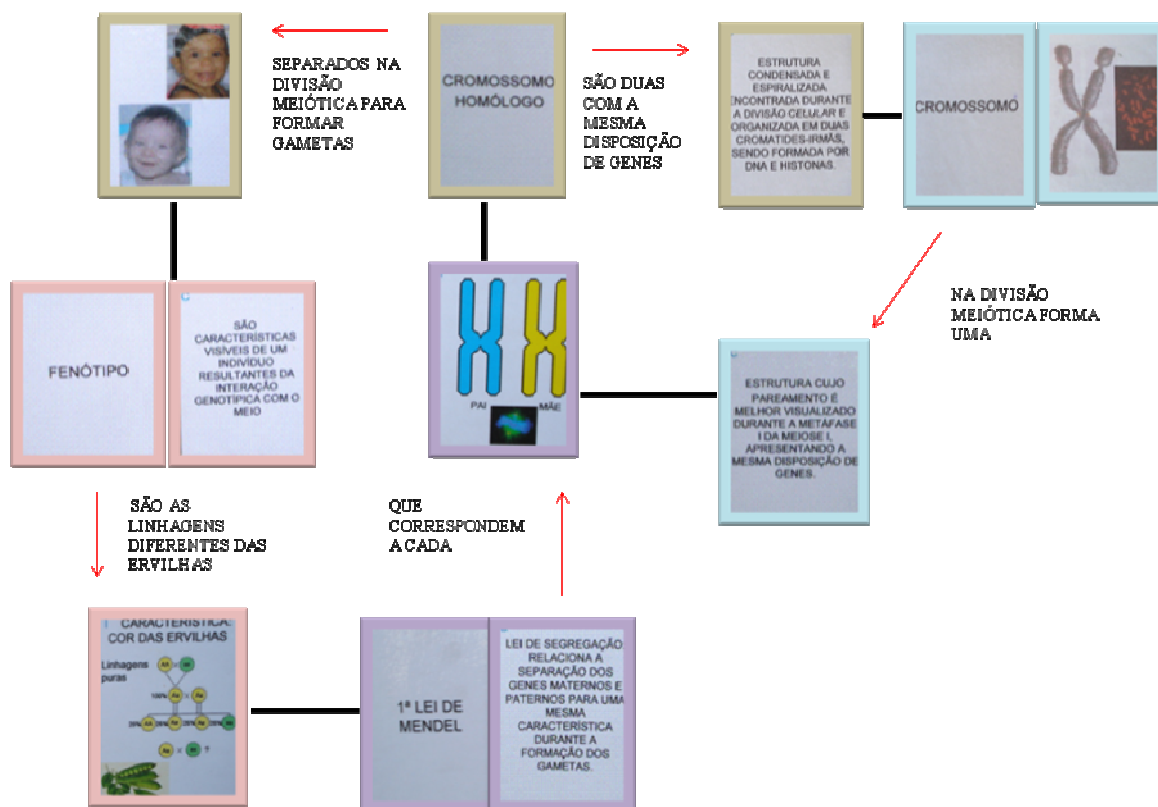


Figura 26 - Inversão de imagens entre fenótipo, cromossomo homólogo e 1ª Lei de Mendel e inversão de conceitos entre cromossomo homólogo e cromossomo do grupo E antes da discussão. As molduras de cores iguais representam as trincas formadas; as retas contínuas indicam a seqüência de trinca correta; setas + conectores indicam a relação/articulação conceitual entre as cartas estabelecida pelo grupo. Cada par de cartas indica a trinca parcialmente correta.

Por que este grupo teve maior dificuldade nas imagens? A interpretação de imagens pleiteia um olhar mais profundo que promove condições e habilidades plenas para aplicá-las em qualquer situação contextual. O grau de abstração e de contextualização permite favorecer tais habilidades juntamente com a capacidade de relacionar o macro com o micro-universo. Isto reforça a importância de utilizar não apenas os esquemas propostos nos livros didáticos, mas também fotomicrografias que ilustram dentro de um contexto mais próximo do real. O perfil de saída do grupo E, após a conclusão do Ensino Médio, parece não contemplar esta vertente epistemológica. Neste trabalho, vale ressaltar, que o objetivo primordial foi estabelecer um diagnóstico preliminar acerca das dificuldades de associação/articulação entre alguns conceitos básicos da Genética, trabalhados em algum momento da escolaridade. Assim, as imagens selecionadas para a construção dos jogos realmente deveriam privilegiar aspectos facilmente reconhecíveis pelos componentes da amostra. O quadro que contém o registro das trincas formadas pelo grupo E e demais grupos da graduação está no Apêndice E.

O **grupo F** (GRA - Ciências Biológicas da rede particular), ao realizar o reconhecimento das cartas com formação das trincas, estabeleceu umas trincas com facilidade e outras com dificuldade. Para os conceitos “cromossomo” e “cromatina” a participante 18 associa palavra-conceito para em seguida encaixar a imagem de ambos, corretamente. No entanto, a participante 21, diz:

- *Estrutura condensada? Não é cromossomo. Não é cromatina não?* (participante 21)
- *Não, é cromossomo.* (participante 18)
- *Essa estrutura tá condensada (mostra a imagem do cromossomo).* (participante 20)

As trincas “RNA”, “DNA”, “proteína”, “gene”, “Alelos” e ‘ciclo celular’ foram concluídas corretamente e sem dificuldade. Já outras trincas foram formadas com certa dificuldade. A trinca “fenótipo”, por exemplo, foi inicialmente associada ao conceito de probabilidade para, em seguida, ser corrigida. A trinca “cromossomo homólogo”, embora tenha sido concluída corretamente, parece ter sido deixada para o final, eliminando outras possibilidades de associação.

O termo “1ª Lei de Mendel” foi associado à imagem “Probabilidade”, então, surgindo o diálogo:

- *Este aqui tá faltando o conceito. Está certo?* (participante 17)
- *Olha aqui, isso é um cruzamento (imagem de genótipo).* (participante 20)
- *É 1ª Lei de Mendel, né.* (participante 21)
- *É, deve ser. Não, eu acho que é aqui tá falando das ervilhas.* (participante 20)
- *Mas ervilhas é ...* (participante 21 é interrompido)
- *Também é cruzamento.* (participante 20)
- *Isso é 2ª Lei.* (participante 21)
- *Olha aqui, Lei de Segregação.* (participante 20)

Além da imagem “genótipo” outra possibilidade de imagem foi sugerida pela participante 21, a imagem de “cromossomo homólogo”. No entanto, prevaleceu a imagem de “genótipo”. No mesmo instante o termo “genótipo” foi associado às imagens “1ª Lei de Mendel” e “genótipo”. O conceito de “genótipo” não foi compreendido como tal, porém mesmo assim permaneceu na trinca. Ao final desta fase apenas foram invertidas entre si as imagens de “genótipo” e “1ª Lei de Mendel”, fato também ocorrido no Ensino Médio.

No entanto, no jogo propriamente dito, o grupo F realizou algumas trocas que foram discutidas e concluídas com sucesso e outras permaneceram incorretas. A participante 19, por exemplo, expôs a trinca: Cromossomo Homólogo (P) – Cromatina (C) – Cromossomo (I); apenas a participante 18 contesta o termo e, em seguida, o conceito, dizendo ser cromossomo

o termo correto. Percebe-se que a insistência dessa troca evidencia a lacuna conceitual que também foi encontrada no Ensino Médio. A outra trinca, Probabilidade (P) – Genótipo (C) – Probabilidade (I), demonstra a real incompreensão do conceito “genótipo”. Ao verificar que o conceito que sobra (“probabilidade”) não estava coerente com o termo “alelos”, foi solicitada a leitura do conceito que estava em probabilidade, concluindo com a inversão das cartas. Então faz crer que as dúvidas lançadas na fase de reconhecimento das cartas com formação das trincas mostravam-se presentes na fase do jogo propriamente dito. No entanto, outras inversões entre si surgiram sem demonstrar dificuldades na fase anterior, a saber: alelos, genótipo e gene. A Figura 27 ilustra o resultado final do jogo como mapa conceitual modificado.



Figura 27 - Inversão entre si dos conceitos gene, alelo e genótipo e inversão de imagens entre 1ª Lei de Mendel e genótipo estabelecidas pelo grupo F. As molduras de cores iguais representam as trincas formadas; as retas contínuas indicam a seqüência de trinca correta; setas + conectores indicam a relação/articulação conceitual entre as cartas estabelecida pelo grupo. Cada par de cartas indica a trinca parcialmente correta.

Para o **grupo G** (GRA - Ciências Biológicas da rede pública), a fase de maior relevância foi o jogo propriamente dito. As trincas que não apresentaram dificuldades nas duas fases foram: “cromossomo”, “cromatina”, “RNA”, “probabilidade”, “ciclo celular” e “fenótipo”. Outras trincas foram imediatamente estabelecidas ao ser lançadas ainda que de forma inadequada: o termo “cromossomo homólogo” foi relacionado com conceito e imagem de “alelos”, sendo ambos posteriormente corrigidos; o conceito “gene” foi associado ao termo e imagem “proteína” que logo foi substituído pelo conceito correto.

A participante 22 lança a trinca “cromatina” corretamente, justificando:

- *Veja bem, a cromatina tá no núcleo interfásico. Porque o cromossomo ele vai condensar.*

As demais associações foram discutidas com relação às imagens, sendo invertidas entre si, a saber: “DNA” e “gene”; “genótipo” e “1ª Lei de Mendel”. Quando a imagem de gene foi visualizada, surgiu a questão:

- *Isso é o que?* (participante 24)
- *Tem um gene.* (participante 22)
- *Não é DNA não?* (participante 25)
- *Não, o DNA tem imagem.* (participante 23)
- *A não ser que este esteja errado (mostra a imagem de DNA). Se isso aqui é imagem (de DNA) o nome...* (participante 22)
- *Não voga. Isso aqui (aponta para a imagem de DNA) é DNA.* (participante 23)
- *Não é.* (participante 22)
- *É DNA. É foto de DNA.* (participante 25)
- *Olha a imagem.* (participante 23)
- *Mas, a gente botou no conceito de gene, um trecho de DNA, lembra? Aqui pode ser tradução (referindo-se a imagem de gene).* (participante 22)
- *Isso aqui seria o quê?* (referindo-se a imagem de gene). (participante 24)

Em seguida a participante 22 lança a trinca:

- *Eu acho, se a figura for esta é isso aí (mostrando a trinca gene (P) – genótipo (C) – DNA (I)).*
- *Lê.* (participante 23)
- *Não. Tá errada. Espera aí! Isso aqui não é DNA não?* (participante 22)
- *Isso aqui é genótipo (referindo-se ao conceito de genótipo).* (participantes 22 e 23)
- *Isso é o que afinal? Isso é um gene?* (participante 25)
- *O gene é um trecho do DNA, com certeza. Agora, se definindo a molécula de DNA ou do gene, porque o gene também é um trecho do DNA. Veja bem, (espalha as três cartas) a palavra conceito e imagem de gene (mostrando que a partir da transcrição do gene o final dará proteína) e o conceito se referente também a isso.* (participante 22)

Então, as trincas “DNA” e “gene” são finalizadas corretamente. Então, apenas a inversão de imagens entre 1ª Lei de Mendel e genótipo permaneceram ao final do jogo como mostra a Figura 28A.

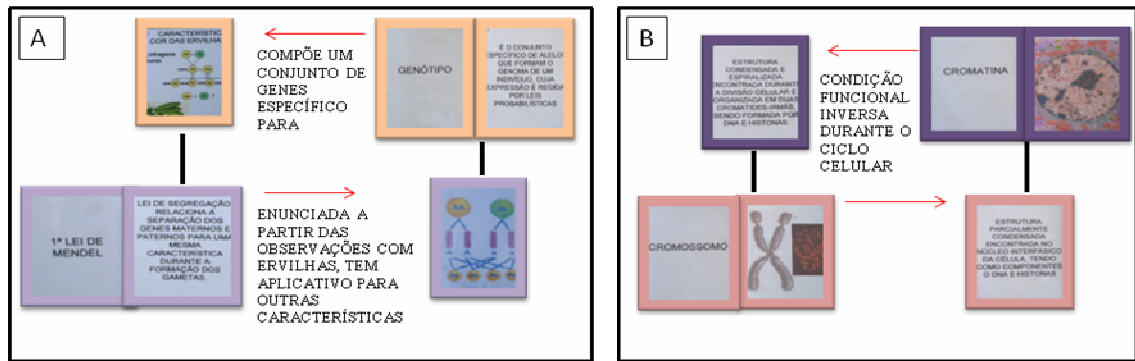


Figura 28 - Inversão entre si das imagens genótipo e 1ª Lei de Mendel dos grupos G e H (A); inversão de conceitos entre cromossomo e cromatina do grupo H (B). As molduras de cores iguais representam as trincas formadas; as retas contínuas indicam a seqüência de trinca correta; setas + conectores indicam a relação/articulação conceitual entre as cartas estabelecida pelo grupo. Cada par de cartas indica a trinca parcialmente correta.

O grupo H (GRA - Ciências Biológicas da rede pública) formou sem dificuldade e de forma correta as trincas: “ciclo celular”, “RNA”, “DNA”, “gene”, “alelos”, “proteína”, “cromossomo homólogo”. Já os conceitos de “cromossomo” e “cromatina” foram invertidos entre si, sem discussão (Figura 28B). Apenas é questionada a imagem de cromatina.

- Mas é o núcleo celular? (participante 30)
- Ele tá evidenciando aqui apesar de ser... porque não é DNA, a cromatina não tá na estrutura do DNA. Então, o que ele tá evidenciando aqui é o núcleo celular e aqui é exatamente a cromatina, dependendo da fase do núcleo celular.

Outras trincas sofreram discussões e alterações. A participante 30, por exemplo, associa palavra e conceito de “fenótipo” à imagem de “1ª Lei de Mendel”. Então, surge o diálogo:

- A imagem seria essa? (participante 27)
- Eu acho que não. Características visíveis seriam o externo, né? (participante 27)
- Certo. Aí a gente vê. (participante 28)
- Tem uma 2ª Lei não? (participante 27)
- Eu tenho 2ª lei. (participante 26)
- Se tem, então, ela se aproxima mais da 2ª Lei porque ela está mostrando o 2º cruzamento aí, tá vendo! (participante 27)
- Deixa aí mesmo. Quando aparecer a gente pode trocar. (participante 28)
- Assim, que tá mostrando o fenótipo, logicamente, ele tá... A imagem de fenótipo pode ser essa (aponta para os bebês). (participante 27)
- É, foi isso que pensei, exatamente. (participante 30)

Neste instante, a imagem “fenótipo” tinha sido associada ao termo “probabilidade” que logo foi corrigida, concluindo as trincas “fenótipo” e “probabilidade”.

Este grupo sentiu dificuldade de associar o termo genótipo ao próprio conceito, no entanto, perceberam que não teriam outra opção de escolha. Diante da imagem “1ª Lei de Mendel” “liberada” pela trinca anterior, esta foi logo encaixada na trinca em questão.

- *Se esse for o conceito (de genótipo) a única imagem é aquela (falando da imagem da 1ª Lei de Mendel).* (participante 26)
- *Tem certeza que é genótipo. Coloca esse aí se acha que é.* (participante 27)
- *Não sei se é.* (participante 26)
- *Coloca na mesa e pergunta ao pessoal se é. Ele lê.*

Ao ser formada a trinca, 1ª Lei de Mendel (P) – coringa (C) – Genótipo (I), o participante 27 encaixa o conceito corretamente. Ao final retornam à trinca “genótipo” levantando a questão do conceito em relação à imagem escolhida. Vejamos a discussão:

- *É isso mesmo. Isso aqui é genótipo?* (participante 30)
- *É genótipo. Isso aqui eu sei que é genótipo (referindo-se a imagem de 1ª Lei de Mendel).* (participante 26)
- *É muito do que ele fala também do conceito.* (participante 27)
- *Isso aqui é genótipo (mostra o cruzamento da imagem).* (participante 30)
- *É, isso aqui é genótipo, mas isso aqui é que não é (mostrando a imagem da ervilha). É fenótipo (mostra também as cores das ervilhas). É, mas também 1ª Lei de Mendel também não é. A 1ª Lei só vai até aqui (mostra a 1ª linhagem do cruzamento das ervilhas puras) e o resto é 2ª Lei de Mendel.* (participante 26)

4.3.3.1 Análise comparativa do Jogo “Trinca Genética” entre graduandos de formação específica (Licenciatura em Ciências Biológicas: grupos F, G e H) e diferentes formações (Grupo E)

Em suma, a discussão do grupo E remeteu às imagens (fenótipo, 1ª Lei de Mendel e cromossomo homólogo), sendo concluída apenas com a troca de conceitos entre cromossomo e cromatina (Quadro 13). A mesma troca de conceitos foi observada pelo grupo H. Os três grupos da graduação específica (F, G e H) trocaram entre si as imagens entre genótipo e 1ª Lei de Mendel. E, apenas o grupo F fez a troca entre si dos conceitos gene, genótipo e alelos. Por que isso aconteceu? Os grupos apresentaram dificuldades de compreensão e aplicação de imagens no macro e micro-universo, bem como a não articulação desses conceitos, contemplando suas especificidades e sobreposições, principalmente no que diz respeito aos conceitos moleculares da Biologia e dos conceitos relacionados ao ciclo celular. Esta situação traz a realidade atual a respeito do ensino fragmentado e linear da Biologia, especialmente da Genética.

O Quadro 13 mostra que apenas o grupo F formou a trinca genótipo de forma totalmente incorreta. Já as trincas DNA, RNA, fenótipo, ciclo celular, probabilidade e proteína foram formadas corretamente, pelos quatro grupos, ao término do jogo. Das oito trincas formadas com facilidade, o grupo E formou todas com sucesso (gene, alelo, DNA, RNA, cromatina, genótipo, ciclo celular e proteína). Das cinco trincas formadas com

dificuldade parcial, três foram concluídas corretamente (fenótipo, probabilidade e 1ª Lei de Mendel) e duas corretas parcialmente (cromossomo e cromossomo homólogo). No grupo F, das seis trincas formadas com facilidade, cinco foram concluídas corretamente (DNA, RNA, cromatina, ciclo celular e proteína) e apenas uma foi concluída de forma parcialmente correta (alelos). Das cinco trincas formadas com dificuldade parcial, três foram concluídas corretamente (cromossomo, fenótipo e probabilidade) e duas de forma parcialmente correta (gene e 1ª Lei de Mendel). Finalmente, das duas com dificuldade total, uma foi concluída com sucesso (cromossomo homólogo) e a outra com insucesso. No grupo G, das sete trincas formadas com facilidade, seis o foram corretamente (alelo, cromossomo, RNA, cromatina, fenótipo e ciclo celular) e apenas uma de forma parcialmente correta (1ª Lei de Mendel). Das quatro trincas formadas com dificuldade parcial, três foram concluídas com sucesso (DNA, probabilidade e proteína) e das duas formadas com dificuldade, ambas foram finalizadas corretamente (gene e cromossomo homólogo). E, por fim, no grupo H, das 9 trincas formadas sem dificuldade, sete foram formadas corretamente (gene, alelos, cromossomo homólogo, DNA, RNA, ciclo celular e proteína) e duas foram formadas de forma parcialmente correta. Das quatro trincas formadas com dificuldade parcial, duas foram formadas corretamente (fenótipo e probabilidade) e duas de forma parcialmente correta (genótipo e 1ª Lei de Mendel).

Termos	Facilidade	Dificuldade		Resultado Final		
		Parcial + discussão	Total + discussão	C	CP	I
Gene	E, H	F	G	E, G, H	F	
Alelos	E, F, G, H			E, G, H	F	
Cromossomo	G, H	E, F		F, G	E, H	
C. homólogo	H	E	F, G	F, G, H	E	
DNA	E, F, H	G		E, F, G, H		
RNA	E, F, G, H			E, F, G, H		
Cromatina	E, F, G, H			E, F, G	H	
Fenótipo	G	E, F, H		E, F, G, H		
Genótipo	E	G, H	F	E	G, H	F
Ciclo celular	E, F, G, H			E, F, G, H		
Probabilidade		E, F, G, H		E, F, G, H		
1ª lei de Mendel	G	E, F, H		E	F, G, H	
Proteína	E, F, H	G		E, F, G, H		

*Categorias: Facilidade, sem discussão e não garantindo o adequado; Dificuldade, presença de argumentação e/ou negociação entre os participantes.

**C, correto; CP, parcialmente correto; I, incorreta

Quadro 13: Análise comparativa do Jogo “Trinca Genética” entre os grupos da Graduação

O Quadro 14 mostra que, independente da dificuldade, os grupos da graduação (E, F, G, H) conseguiram estabelecer relação entre P-C-I corretamente na proporção de 8:8:8:7,

respectivamente. Ao estabelecer relação entre P-C, sem dificuldade, na proporção de 2:0:4:1 e, com dificuldade, na proporção de 1:2:1:1. É preocupante que, no geral, os grupos da graduação específica, que se referem a futuros professores de Biologia, tenham resultados aquém daqueles obtidos por participantes de outras graduações. Já. Foram detectadas dificuldades conceituais específicas, além de não terem construído relações entre tais conceitos. Já na relação P-I, sem dificuldade, a proporção foi de 1:4:1:2, respectivamente, e, com dificuldade, a proporção foi de 4:0:2:0.

TERMOS	CATEGORIAS									
	Estabeleceu relação correta								Não estabeleceu relação: P-C-I	
	P-C-I*		P-C		P-I		C-I			
	dif.**	Fac.**	dif.		dif.		dif.		dif.	
Gene	G	E, H				F				
Alelos		E, G, H				F				
Cromossomo	F	G			E	H				
C. Homólogo	F, G	H			E					
DNA		E, F, G, H		G	G					
RNA		E, F, G, H								
Cromatina		E, F, G				H				
Fenótipo			F	E, H	E	F	H			
genótipo		E	H	G					F	
Ciclo celular		E, F, G, H								
Probabilidade		F	E	G	G	E				
1ª Lei de Mendel			F	E, G	E	F				
Proteína		E, F, H	G			G				

*P, palavra; C, conceito; I, imagem

**dif, associação estabelecida com dificuldade; fac., associação estabelecida com facilidade

Quadro 14: Análise comparativa do demonstrativo quantitativo da relação/associação corretas entre as três cartas dos grupos do Ensino Médio.

Segundo Schnetzler (2000 *apud* FABRÍCIO et al., 2005) a dificuldade na formação de conceitos está na desarticulação entre os conteúdos específicos e pedagógicos durante a formação de professores. Estes resultados são preocupantes, pois remete a um questionamento: O que está norteando a construção cognitiva dos graduandos? A epistemologia de Ludwik Fleck (baseada no caráter social da ciência, no qual o sujeito pertence a um coletivo de pensamento) vem sendo alvo de reflexão para alguns trabalhos na área da Genética (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005b; LEITE; FERRARI; DELIZOICOV, 2001). Assim, alguns pesquisadores têm tentado apontar as dificuldades do processo, bem como propor uma discussão epistemológica que propicie um avanço significativo no processo ensino-aprendizagem mediante a complexidade do conteúdo da Genética.

Neste sentido, supõe-se que os grupos da graduação apresentam algumas dificuldades como:

Complexidade do conteúdo e visão fragmentada: Limitação da definição de gene (grupo G).

- *Olha a imagem.* (participante 23)
- *Mas, a gente botou no conceito de gene, um trecho de DNA, lembra? Aqui pode ser tradução* (referindo-se a imagem de gene). (participante 22)
- *Isso aqui seria o quê?* (referindo-se a imagem de gene). (participante 24)

Lacunas conceituais: Diferenciação entre cromossomo e cromatina (grupo F).

- *Estrutura condensada? Não é cromossomo. Não é cromatina não?* (participante 21)

4.3.4 Estabelecendo associação/relação entre Palavra-Conceito-Imagem nos grupos de Professores da Graduação (grupos I e J)

Ao iniciar o jogo propriamente dito, os participantes do **grupo I** (Docentes das IES) se mostraram preocupados em saber qual o nível dos estudantes e se estes teriam contato prévio com os conceitos trabalhados para que tais jogos fossem utilizados. Em verdade, a proposta dos jogos vem inovar a forma de diagnosticar conceitos a serem investigados e, de forma dinâmica e rica em discussões e negociações e a partir do consenso dos aprendizes, construir um mapa de conceitos (como mostram as Figuras 23 a 28). Conhecendo as principais dificuldades na aprendizagem dos conceitos trabalhados é possível, ainda utilizando os jogos, elaborar uma seqüência didática dentro de uma abordagem sistêmica e contextualizada. Essa forma de diagnose poderá abrir novas frentes de pesquisa, supondo cair por terra a idéia singela de que os jogos só teriam finalidade de fixar conceitos, mesmo porque tais conceitos não seriam, por completo, inusitados para os alunos.

Algumas questões foram levantadas durante o jogo propriamente dito. A participante 32 lançou sua dúvida para o grupo com a trinca: 1ª Lei de Mendel (P) – Fenótipo (C) – 1ª Lei de Mendel (I). A participante 34 logo identificou que o conceito em questão não fazia parte da trinca.

Outra dúvida surge quando são expostas três cartas, o termo “cromatina” e os conceitos “cromatina” e “cromossomo”. De imediato a participante 32 aponta para o conceito do próprio termo e então o conceito de cromossomo é liberado. A interação social entre participantes de níveis de compreensão diferentes contribuiu para o avanço do grupo.

A cooperação foi o fator que mais se destacou no grupo I. Com o decorrer do jogo, havia preocupação em lançar a carta que o outro precisava para concluir sua trinca. Nesse

sentido, a participante 31 expôs suas cartas, cujos pares foram: cromossomo homólogo (P) – alelos (I); cromossomo (P e I); cromatina (P e I). Então, foi dito:

- *Na verdade não são cromossomos homólogos, mas alelos (referindo-se a imagem de alelos que foi associado à palavra cromossomo homólogo).* (participante 34)
- *Ah, é!* (participante 31)

Até então a imagem de cromatina não tinha sido identificada quando, ao se ler o conceito, a participante 33 aponta para a imagem de cromatina. Então, a participante 34 diz:

- *Pode ser esse de núcleo, mas tá estranho. Se for essa de cromatina “núcleo celular” não tá legal não.* (participante 34)
- *Eu acho que é. Já joguei várias vezes pra ela, sei que você estava com a trinca, mas a lei de Mendel é que não acho.* (participante 32)

Então, ela pega e lê o conceito de genótipo e diz:

- *É essa não a 1ª Lei de Mendel?* (participante 32)
- *Não.* (participante 34)
- *Não é essa?! De tudo que passou só tem essa.* (participante 32)
- *Não, essa aqui é genótipo.* (participante 34)
- *Eu quero a 2ª Lei de Mendel. Tem a 2ª Lei?* (participante 34)
- *Não.* (pesquisadora)
- *Mas parece (referindo-se ao conceito de 1ª Lei de Mendel). É por isso que eu tava perguntando, Lei de segregação, mas pode ser essa também.* (participante 34)

Outro ponto em discussão foi o conceito de “cromossomo homólogo”, o qual foi sugerido mudar.

Ao final do jogo restam na mesa o conceito e a palavra de genótipo mais uma cartacoringa. Neste instante vem a discussão:

- *Só tem esses dois conceitos, agora (genótipo e alelos).* (participante 32)
- *Esse é com genótipo.* (participante 34)
- *Eu não tenho a imagem de genótipo, tá com você.* (participante 32)
- *Será que ela tá botando isso como genótipo (mostrando a imagem genótipo)? Pode ser.* (participante 34)
- *Realmente, é um cruzamento genótipo.* (participante 31)

Finalizam o jogo com as trincas “genótipo” e “alelos”. As sugestões relacionadas às imagens de genótipo, 1ª Lei de Mendel e cromatina, bem como ao conceito de cromossomo homólogo já forma discutidas anteriormente (p. 81). As demais trincas foram formadas sem discussão.

O **grupo J** (Docentes das IES) também fez algumas discussões durante a formação de algumas trincas no jogo propriamente dito. A participante 36, por exemplo, lança a trinca: cromossomo (P) – cromossomo homólogo (C) – Cromossomo (I). No entanto, em seguida, a trinca foi recolhida após a colocação da participante 35, dizendo:

- Mas aí é pareamento. (participante 35)
- É pareamento. Não percebi esse detalhe. (participante 36)
- Porque aí o desenho é de dois cromossomos, não é? (participante 35)
- Mas também tem cromossomos homólogos que também são dois cromossomos. (participante 36)
- Agora fiquei na dúvida. (participante 35)
- Qual é sua dúvida? (participante 36)
- Se ela tá tocando no que é do pareamento ou na estrutura que pode se parear.
- Estrutura cujo pareamento... então tá certo. (participante 36)
- É. Não me lembro mais, esse negócio da metáfase.

- É na metáfase onde o cromossomo fica mais condensado mais espiralizado, de melhor visualização, os citologistas geralmente escolhem essa etapa da meiose pra poder estudar, ou meiose ou mitose. Aqui ele tá falando da primeira divisão da meiose. Aqui tem o cariótipo, então pode dizer que é o cromossomo da meiose. Não, não meiose I os cromossomos estão juntos. Na meiose II seria esse (imagem de cromossomo). Na anáfase II ocorre a separação dos cromossomos homólogos. (participante 36)

Outras discussões em relação às imagens “probabilidade” e “genótipo” também são colocadas.

- Tem uma imagem aqui que eu tô achando que serviria pra duas coisas, apesar de que já tenho uma que é dessa outra coisa. Porque tipo assim, essa daqui (imagem de genótipo) aqui fala em 100% lembra probabilidade. (participante 35)
- É o genótipo, lembra probabilidade. (participante 36)
- mas pode ser também dominância, mas não me lembro de carta que tenha dominância (participante 35)
- Tem não, lembro também não, que tenha dominância. É, deve ser probabilidade. (participante 36)
- Só que tenho uma carta que fala, eu acho, que essa tá mais pra probabilidade (imagem de probabilidade). (participante 35)
- É porque fala de chance é probabilidade. (participante 36)
- Então, essa carta, quando peguei a 1ª vez eu descartei porque estava com dificuldade dessa imagem. O que essa imagem queria me dizer. (participante 35)

Ao formar a trinca “alelos”, corretamente, surge a discussão em relação ao conceito:

- Eu acho assim, várias formas diferentes, na realidade ele pode acontecer em diferentes combinações, não é? Como assim em várias formas diferentes? (participante 35)
- A expressão “várias formas” não é a dominância e a recessividade, não? (participante 35)
- É heterozigoto, o dominante, o homozigoto, o recessivo.
- A proposta é essa? Seria dessa forma, o que tô questionando é essa palavra, “várias”. (participante 35)

Em um dado momento foi registrado que as trincas ciclo celular e 1ª Lei de Mendel estavam em posse da participante 36, embora não houvesse percebido. Dessa forma foram descartados os conceitos dessas trincas por não reconhecimento.

A trinca cromossomo homólogo foi formada corretamente pela participante 35, porém com discussão.

- Cromossomos homólogos? (participante 36)

- *Porque foi a nossa dúvida em termo de cromossomo. (participante 35)*
- *É cromossomo, mas é porque aquela figura que coloquei, não foi essa não..., porque aqui diz que o cromossomo é visualizado na metáfase I, certo, da meiose I. Então, ele não estaria mostrando apenas um único cromossomo, então aqui já tá na meiose II, já houve separação dos cromossomos homólogos. (participante. 36)*
- *Sim, e então? né meiose I? (participante 35)*
- *E neste caso no cromossomo homólogo o conceito seria justamente é... Que esses cromossomos apresentam o quê? Tamanho, forma bem semelhante. (participante 36)*
- *Mas uma coisa que marca, pelo menos que me lembro de cromossomos homólogos é que têm o mesmo tipo e disposição de genes, não é? (participante 35)*
- *Sim, aqui tá falando do pareamento dos cromossomos, mas deve ter alguma palavra e figura que represente melhor este texto. Porque é, não deixa de ser pareamento desses cromossomos que são visualizados durante a metáfase I não deixam de ser homólogos, eu concordo com você, mas acontece que o conceito de cromossomo homólogo seria justamente você dizer que eles são semelhantes, no tamanho, na forma. (participante 36)*
- *Já eu me lembro do conceito de cromossomo homólogo, que tem os alelos. (participante 35)*
- *Não, se você quiser deixar assim, porque tem muita carta pra gente ver. (participante 36)*
- *Porque, pelo que eu lembro, a questão do cromossomo homólogo é a questão do pareamento, eu sei que tem os tamanhos, um do materno outro do paterno e tem a questão dos genes. São os genes, para determinadas características naquele determinado par. (participante 35)*
- *É. Isso daqui casa bem com isso aqui (C-I de homólogo) isso aqui casa bem com isso aqui (P-I de homólogo). (participante 36)*
- *É, mas você não tá concordando com o conceito. (participante 35)*
- *Não, eu posso até concordar se não tiver outra carta melhor para colocar. (participante 36)*

Neste grupo também houve questionamento em relação a imagem de cromatina, embora tenha formado corretamente, a participante 35 sentiu dificuldades. Ao ler o conceito diz:

- *Agora, o desenho pra mim não diz muita coisa, não. (participante 35)*
 - *Diz. Núcleo celular tá na intérfase você não vê o formato dos cromossomos. (participante 36)*
 - *Sim. Onde tá a cromatina que eu não tô vendo, é essa mancha rósea? (participante 35)*
 - *Não.*
 - *Ou isso aí é o nucléolo? Eu não consigo perceber a cromatina. Pelo menos no desenho esquemático do livro a gente consegue ver. (participante 35)*
 - *A gente não visualiza bem a cromatina, não, entendeu. A gente, quando vai pro quadro esquematiza, aquele emaranhado de DNA, descondensado, mas a imagem você não visualiza.*
- Então, tá bem representada, é núcleo interfásico.*

4.3.4.1 Análise comparativa do jogo “Trinca Genética” entre os grupos de docentes do Ensino Superior (grupos I e J)

O Quadro 15 mostra que em ambos os grupos ocorreu a mesma facilidade na formação das trincas gene, alelos, DNA, RNA, fenótipo, ciclo celular e proteína, exceto probabilidade, apenas para o grupo I. As dificuldades, levantadas individualmente, foram em relação aos

conceitos cromossomo, cromatina, cromossomo homólogo, 1ª Lei de Mendel e genótipo. Outras estavam relacionadas às imagens (1ª Lei de Mendel, genótipo e cromatina).

O Quadro 16 mostra que os dois grupos estabeleceram trincas corretas na proporção 8:7 com os mesmos conceitos. Estabeleceram relação entre P-C, independente da dificuldade, na proporção 5:6, respectivamente. A relação P-I foi estabelecida em 5:4, respectivamente. Em relação ao conceito cromossomo homólogo o grupo I sentiu dificuldade no termo estrutura empregada do conceito em questão, sugerindo complexidade do conteúdo. Já no grupo J a dificuldade estava em relacionar o conceito ao seu termo e imagem, sugerindo a identificação desta dificuldade como efeito de distorção (SÁ, 2007). Em relação aos conceitos cromatina e genótipo ambos os grupos tiveram dificuldade em relacionar o seu termo com a imagem. Já os termos “cromossomo” e “1ª Lei de Mendel” foram relacionados com dificuldade palavra e conceito, porém com facilidade as suas respectivas imagens.

Termos	Facilidade*	Dificuldade*		Resultado Final**		
		Parcial + discussão	Total + discussão	C	CP	I
Gene	I, J			X		
Alelos	I, J			X		
Cromossomo		I, J		X		
C. homólogo		I	J	X		
DNA	I, J			X		
RNA	I, J			X		
Cromatina		I, J		X		
Fenótipo	I, J			X		
Genótipo		I, J		X		
Ciclo celular	I, J			X		
Probabilidade	I	J		X		
1ª lei de Mendel		I, J		X		
Proteína	I, J			X		

*Categorias: Facilidade, sem discussão e não garantindo o adequado; Dificuldade, presença de argumentação e/ou negociação entre os participantes.

**C, correto; CP, parcialmente correto; I, incorreto

Quadro 15: Análise comparativa do jogo “Trinca Genética” entre os grupos I e J, professores da Graduação.

TERMOS	CATEGORIAS									
	Estabeleceu relação correta:								Não estabeleceu relação: P-C-I	
	P-C-I *		P-C		P-I		C-I			
	dif.**	fac.**	dif.	fac.	dif.	fac.	dif.	fac.	dif.	fac.
Gene		I, J								
Alelos		I, J								
Cromossomo			I, J			I, J				
C. Homólogo			I, J		I		J			
DNA		I, J								
RNA		I, J								
Cromatina				I, J	I, J					
Fenótipo		I, J								
genótipo				I, J	I, J					
Ciclo celular		I, J								
Probabilidade		I		J			J			
1ª Lei de Mendel			I, J			I, J				
Proteína		I, J								

*P, palavra; C, conceito; I, imagem

**dif, associação estabelecida com dificuldade; fac., associação estabelecida com facilidade

Quadro 16: Análise comparativa do demonstrativo quantitativo da relação/associação corretas entre as três cartas dos grupos de professores da Graduação.

As dificuldades encontradas nestes grupos também estiveram presentes nos grupos da graduação, embora os primeiros dialogassem em níveis mais elevados. O conhecimento específico tende a conduzir os conceitos de forma não articulada, impossibilitando ultrapassar os limites da especificidade. Tal situação conduz a uma reflexão em relação à atual realidade da Educação Superior, embora não represente uma situação estática, mas dinâmica que faz com que os professores formadores de professores possam participar de alternativas como a proposta por esta pesquisa. Desta forma novos olhares se fazem presentes em relação a jogos desta magnitude.

4.3.5 Análise comparativa do jogo “Trinca Genética” nos diferentes níveis de escolaridade

Diante dos resultados expostos nesta pesquisa há um indicativo de dificuldade dos conceitos básicos da Genética, principalmente no que diz respeito ao cromossomo (incluindo homólogo), à cromatina, ao genótipo, à 1ª Lei de Mendel e ao gene (incluindo alelos). Portanto, são conceitos atrelados também à bioquímica e que se entrelaçam aos processos e eventos que ocorrem no ciclo celular.

Portanto, tais resultados sugerem maiores investigações com aplicação à visão sistêmica como alternativa de sistematização a partir dos dados obtidos nesta pesquisa.

4.4 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA AO ESTABELECEMOS ARTICULAÇÃO E SOBREPOSIÇÃO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS ENTRE SI E ENTRE ÁREAS AFINS: JOGO “DOMINOGÊNEO”

A relação dialética entre os conceitos científicos da intra-Biologia e áreas afins são mediados pelos eventos biológicos numa relação macro e microscópica. Neste sentido, o jogo “Dominogêneo” oferece compreensão nesta perspectiva sistêmica, trazendo uma contribuição significativa ao processo 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.

4.4.1 Procedimentos propostos pelos grupos quanto aos critérios das jogadas (arranjos)

Entre os dois grupos do EM (A e D) foi percebida maior dificuldade de associação no grupo da rede pública que não usou argumentos seguros para justificar suas escolhas. Tais resultados foram semelhantes aos observados durante o jogo “Trinca Genética”. Outro ponto singular neste grupo foram as associações utilizando palavras do senso comum entre as pedras do “Dominogêneo”.

O grupo E (GRA) desenvolveu sua estratégia, identificando inicialmente o contexto (e escolhendo o conector) para, somente depois, encaixar a outra pedra do “Dominogêneo”. Este fato e os argumentos discursivos dos participantes evidenciam desarticulação dos conceitos entre si e entre as áreas afins, característico de uma visão linear. Entre os três grupos da Licenciatura em Biologia (F, G e H), o grupo F foi o único que não concluiu o jogo, pois o tempo não foi suficiente. Este fato sugere a ausência de uma compreensão vertical dos conteúdos abordados da pesquisa. O grupo G escolhia os eventos para depois encontrar o contexto, de forma que outras possibilidades e contextos podiam surgir. Comportamento inverso foi usado pelo grupo H, quando, antes de associar as pedras, identificava os respectivos conectores, procedimento similar ao grupo E.

Em relação aos grupos das IES (I e J), o grupo I superou o grupo J nos aspectos de argumentação e negociação, bem como no estabelecimento de sobreposições entre os conceitos escolhidos. Este último procedeu de forma semelhante aos grupos E e H (GRA), numa visão linear e fragmentada que impossibilitou o universo dos enlaces conceituais em abundância.

O Quadro 17 traz os procedimentos propostos pelos grupos quanto aos critérios utilizados nas jogadas.

Grupos	Procedimentos
A	Analisava as jogadas anteriores para fundamentar a jogada seguinte e/ou retomava as trincas formadas no jogo anterior; Utilizava a lógica das palavras, prendendo-se a determinadas palavras para explicar e/ou fundamentar algum conceito; Diante de algumas pedras surgiam discussões, independente de associá-la ou não a jogada. Dessa forma, alguns registros dialógicos revelam as chances de articulação entre os conceitos, embora os participantes não percebessem.
D	A carência conceitual contribuiu para o empobrecimento argumentativo diante das jogadas efetuadas pelos participantes; Associava palavras comuns para fundamentar as conexões; era lida a informação da peça e já relacionava ao conceito, sempre se lembrando de algo visto em sala de aula, embora sem consistência de conteúdo. No entanto, por vezes não era identificado o conector antes de articular a pedra subsequente, fato semelhante ao grupo A.
E	Descartava de imediato a pedra em mãos quando não se relacionava com o conector, previamente identificado, pois prevalecia a lógica das palavras e do jogo tradicional (fazendo a contagem de pedras a partir dos conectores presentes no tabuleiro). No entanto não percebia que as sobreposições também poderiam acontecer e, neste caso, aumentariam as chances de aparecer tais conectores.
F	O conector era escolhido após o encaixa das associações. O Jogo não foi concluído perfazendo uma duração de duas horas e vinte minutos.
G	Este grupo tentava associar primeiro para depois encaixar os conectores. No final, quando estavam com poucas pedras começavam a ler e identificar logo o conceito que estava relacionado.
H	Identificava o conceito e procurava a pedra. O participante 27 estava contando a quantidade de conectores repetidos como é feito no domínio convencional. O mesmo problema da trinca em relação aos conceitos cromossomo e cromatina foram persistentes.
I	A adequação das associações com argumentações em diferentes aspectos, macro e microscópico para em seguida relacionar com os conectores possíveis.
J	Foram feitas as leituras e a identificação do conceito para em seguida associar.

Quadro 17 - Procedimentos propostos pelos grupos quanto aos critérios das jogadas (arranjos).

4.4.2 Estabelecendo articulação dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins: grupos do Ensino Médio (grupos A e D)

A Figura 29 ilustra o resultado de algumas associações corretas com conector correto. No início do jogo, os participantes do **grupo A (alunos de EM da rede particular)** sentiram dificuldade em encontrar pedras relacionadas à carroça de cromatina. Então, a participante 2 faz a leitura da pedra: “uma de suas regiões é denominada eucromatina”, e acredita ter relação com a carroça em questão, surgindo o diálogo:

- *Cromatina, eucromatina, eucarionte, tipo, lembra o exemplo de eucarionte e procarionte. Eucromatina é aquela que teve ter, o que?* (participante 2)
- *Não.* (participante 4)
- *Eucarionte é o que?* (participante 2)
- *Eucarionte é o ser que possui carioteca.* (participante 4)
- *Certo, ou seja, o núcleo não é disperso na célula. Então... A eucromatina teve ter a cromatina...* (participante 2)
- *Organizada.* (participante 4)

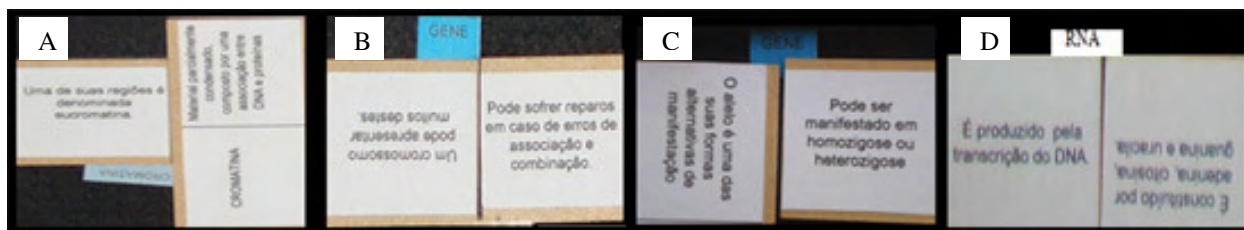


Figura 29 - Associações corretas com conectores corretos do grupo A. Os conectores são cromatina (A), gene (B, C) e RNA (D).

O trajeto para explicar o termo eucromatina é característico do Ensino Médio, ao se trabalhar vocabulários etimológicos de Biologia. No entanto, a eucromatina é uma região da cromatina que se cora normalmente pela hematoxilina, aparentando descondensação e descompactação, contendo genes funcionais, ou seja, permitindo ocorrer transcrição durante a intérfase, nas condições adequadas para a célula. Embora os argumentos não fossem claros, garantindo a compreensão do conceito em tela, a associação das duas pedras mais o conector foi concluída corretamente (Figura 29A).

Outra discussão relevante surgiu ao ler a pedra contendo o texto “... pode sofrer reparo em caso de erros de associação e combinação” (Figura 29B), dizendo:

- *É o que? Cromossomos?* (participante 4)
- *Eu acho que é gene, por que... Não eu acho que é cromossomo. Eu sei que o pai oferece... Eu não sei se é trinta mil cromossomos ou trinca mil genes. Acredito que são trinta mil cromossomos. O homem é constituído de trinta mil cromossomos.* (participante 2)

Este diálogo ressalta o problema de escala entre cromossomo e gene detectado no jogo anterior. Segundo Griffiths *et al.* (2006, p. 3) “os genes são simplesmente as regiões do DNA cromossômico que estão envolvidas na produção de RNA ou proteínas pelas células. Cada cromossomo no genoma possui um arranjo diferente de genes”. No entanto, ao tirar a dúvida em relação ao número de cromossomos da espécie humana, volta para a opção anterior, os genes. A escolha da peça associada foi reforçada pela imagem de genes, a mesma usada para o jogo “Trinca Genética”.

Outra associação que merece destaque está ilustrada na Figura 29C. Ao ler o texto contido na pedra: “... pode ser manifestado em homozigose ou heterozigose” é dito:

- *São os genes. Pode ser AA ou Aa. Pode ser homozigoto, são iguais ...* (participante 4)
- *Não é aquele negócio 2n (diploidia), heterozigoto e homozigoto.* (participante 2)
- *Tipo, o homozigoto pode ser puro ou AA ou aa e heterozigoto vai ser Aa.* (participante 4)
- *Não é o contrário não?* (participante 2)
- *Homozigoto, é igual.* (participante 4)

O argumento usado foi perfeito, pois segundo Alberts *et al.* (2004), heterozigoto corresponde a um organismo individual (ou célula diplóide: $2n$) que possui dois alelos para um gene específico (gene em heterozigose: Aa); e homozigoto corresponde a um organismo ou célula diplóide que possui dois alelos idênticos (AA ; aa) de um gene específico. Assim, o alelo é uma das formas diferentes de um gene que pode existir em um único loco. Então, outra colocação surgiu:

- *Alelo é o que? É um pedacinho do gene?* (participante 4)
- *Se tratando de ecologia eu sei, mas genética sei não.* (participante 2)

Diante das colocações explicativas do grupo era de se esperar a compreensão de alelo já que teriam a idéia de gene, heterozigose e homozigose.

Em outro momento houve uma discussão sobre genótipo e fenótipo, quando se lê: “... a cor dos olhos é uma das características dos animais”, pois foi identificado inicialmente como genótipo. Vejamos o diálogo:

- *Só pode ser genótipo?* (pesquisadora)
- *Pode ser probabilidade. Então, vamos citar o exemplo daquele bebê, a cor da pele é genótipo.* (participante 2)
- *Não, genótipo seria, no caso, as letrinhas, vamos dizer que branco seria AA . Aí, tipo, se tiver falando de gene vai ter que falar das letrinhas, mas como tá falando da cor da pele, aí seria fenótipo.* (participante 4)
- *Fenótipo são características visíveis de um indivíduo.* (participante 1)

Tal dúvida, que também surgiu no jogo anterior, foi argumentada pelos mesmos participantes, só que desta vez parece ter sido mais sólida e convincente, pois não houve resistência nas argumentações. Nos diálogos descritos acima, percebe-se a fragmentação e a não articulação destes conceitos, motivo pelo qual não souberam explicar o que são alelos. No entanto, nas argumentações citadas estava explícito o conceito de alelos.

Já em relação à Figura 29D, foi dito:

- *O que é produzido pela transcrição do DNA?* (participante 2)
- *Eu acho que é o RNA. Quando a gente vai fazer, justamente, o negocinho, tá ligado, $A-T$, $C-G$, aí fica a fileira de DNA, RNA de um lado e RNA do outro.* (participante 3)
- *Não entendi.* (participante 2)
- *Fica uma fileira de DNA, aí tem de um lado o RNA mensageiro e do outro RNAi.* (participante 3)
- *Então, tem o DNA, com a transcrição dele dá dois RNAs é?* (participante 2)
- *Como é duplo o DNA, aí tipo, como é que vou explicar isso sem papel, é meio complicado, mas a coluna tem dois negocinhos... É bem simples aí tem que trocar as letrinhas, tá ligado?*

A explicação demonstra que há compreensão quanto à síntese do RNA a partir da transcrição do DNA. No entanto, das bases envolvidas neste processo a timina é substituída pela uracila que é a base nitrogenada correspondente ao RNA. A base emparelhada é a mesma da timina, ou seja, a adenina. Outro ponto que vale ressaltar é o processo de transcrição. Tal processo que ocorre no núcleo celular é similar à duplicação do DNA, ou seja, um dos filamentos serve como molde para fazer a cópia de RNA. Além disso, esse produto passa por etapas de processamentos para tornar-se uma “cópia funcional” do gene denominada RNA mensageiro (mRNA). Portanto,

A transcrição começa com a abertura e a desespiralização de uma pequena porção da dupla hélice de DNA, para expor as bases em cada fita de DNA. Uma das duas fitas da dupla hélice de DNA, então age como um molde para a síntese de uma molécula de RNA (ALBERTS, *et al.*, 2004, p. 302)

A Figura 30 ilustra algumas dificuldades de associação encontradas no grupo A, embora sem discussão. A Figura 30A ilustra a lacuna conceitual que persiste nesse jogo em relação aos conceitos “cromossomo” e “cromatina”. Então, parece não estar claro para o grupo que a estrutura condensada e espiralizada se refere ao cromossomo. A Figura 30B ilustra o problema de escala entre genótipo e gene. Neste caso, o gene poderia também estar presente nessa associação. Já a Figura 30C permite dois caminhos de raciocínio: em relação ao contexto funcional o conector está correto; entretanto, em relação ao estrutural, o conector seria o DNA. No entanto, o aluno do EM não tem essa compreensão, além do que o próprio DNA não possui genes em toda sua extensão, visto que são trechos descontínuos intercalados por repetições de pares de bases, cujo sentido funcional não foi ainda adequadamente esclarecido. Segundo Alberts *et al.* (2004, p. 200) “além dos genes, um grande excesso de DNA intercalante parece não conter informações importantes”. Na verdade a figura em questão traz uma abordagem típica dos livros didáticos.

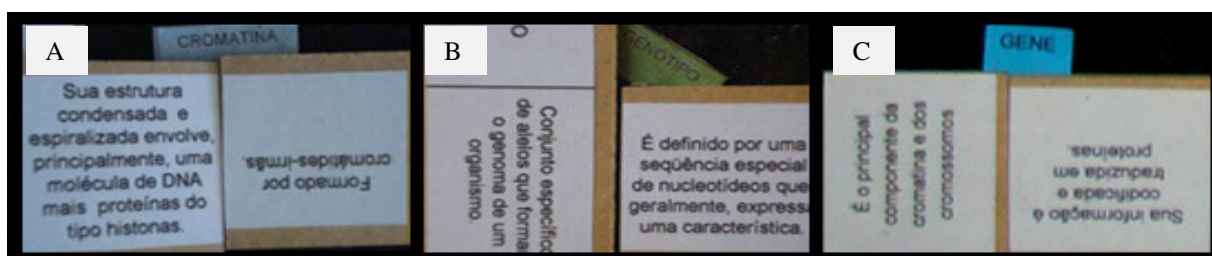


Figura 30 – Dificuldades de associação encontradas no grupo A: associação correta com conector incorreto (A); associação incorreta com conector parcialmente correto (B); associação correta com conector correto considerando o enfoque funcional (C).

O grupo D (alunos de EM da rede pública), ao iniciar com a carroça de DNA, também sentiu dificuldade em encontrar pedras com relação a esse conceito. A Figura 31

ilustra algumas associações corretas com o respectivo conector. A Figura 31A parece ilustrar uma evolução no que diz respeito ao conceito de gene, comparado aos resultados obtidos no jogo anterior. Então, é dito:

- *O que tem dentro do cromossomo é gene.* (participante 8)

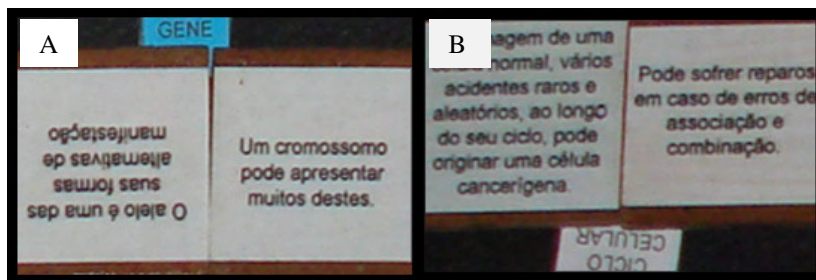


Figura 31 – Associações corretas com conectores corretos do grupo D: Os conectores são gene (A) e ciclo celular (B).

A Figura 31B ilustra uma associação perfeita. É lamentável a ausência de um diálogo, pois o estabelecimento de tal associação não garante a compreensão plena do processo das mutações e o desenvolvimento de tumores malignos (abordado no capítulo 2) por esse grupo.

A Figura 32 ilustra algumas dificuldades de associação e entre elas, o resultado de uma discussão interessante entre genótipo, gene, fenótipo e probabilidade. Ao argumentar tal associação surgiu o diálogo:

- *Pode tá falando das leis de dominância. Numa população você encontra uma população com mais olhos escuros que olhos claros.* (participante 12)
- *É* (participante 9)
- *Fenótipo é recessivo ou dominante? Dominância ela não disse que é recessividade...* (participante 8)
- *Recessivo?* (participante 9)
- *Sim, quando nasce com os olhos azuis é porque é recessivo.* (participante 8)
- *Que não é predominante, né? Ela explicou, os olhos escuros têm mais e os olhos azuis são recessivos.* (participante 9)
- *Então, é fenótipo ou genótipo, um dos dois.* (participante 8)
- *Ela diz que tem um que tá caracterizando uma pessoa. A pessoa tem olhos claros...* (participante 9)

Nesse caso, a manifestação fenotípica depende da combinação alélica específica para uma determinada característica, além da influência ambiental. A quantificação permite observar a frequência em que uma determinada característica se apresenta em detrimento de outra. Assim, para que o gene recessivo se manifeste é necessário estar duplo. Então, na tentativa de argumentar, percebe-se que faltam informações para relacionar tais conceitos e concatená-los com as idéias já existentes. Tal visão fragmentada e agregação desorganizada dos conceitos identificam dificuldades de aprendizagem. Vale salientar que o grupo não

relacionou os termos “genótipo” e “fenótipo” com a situação de gêmeos uni e bivitelinos, como ocorrido durante o jogo “Trinca Genética”.

A Figura 32B ilustra uma associação em que prevalece a palavra em comum, embora tenha associado de forma parcialmente correta uma das pedras (formado por cromátides-irmãs) com o conector “cromossomo”. Então, a participante 12 diz:

- Cromátides-irmãs não é aquela que a gente tava desenhando?
- Eu acho que é cromossomo. (participante 8)
- Eu tenho cromossomo. (participante 5)

Ao dizer isto, é associada uma peça em que continha o termo “cromossomo” (Figura 32B).

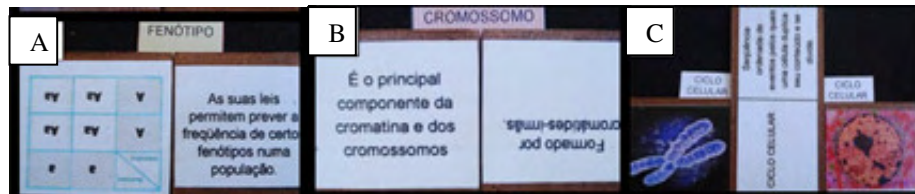


Figura 32 - Dificuldades de associação encontradas no grupo D: associação correta com conector correto (A); associação incorreta com conector parcialmente correto (B); associação correta com conector correto (C).

A Figura 32C está adequada, considerando que os dois conceitos envolvidos, “cromatina” e “cromossomo”, diferem devido ao estágio do ciclo celular. No entanto, parece que não há tal compreensão, pois as discussões trazidas do jogo anterior revelam uma distorção conceitual. Embora essas imagens tenham configurações distintas, trata-se da mesma estrutura em momentos diferentes durante o processo do ciclo celular; portanto, os conceitos “cromossomo” e “cromatina” se diferenciam dentro do contexto “ciclo celular”. Além disso, a própria disposição da carroça contribui para essa relação, pois do contrário teria uma análise mais singular (de cada conceito). No entanto, percebeu-se que, não havendo argumentação dentro desta perspectiva, as evidências reforçam a não compreensão desses dois momentos durante o ciclo celular, visto que em outras situações que cabiam cromossomo ou cromatina o conector utilizado foi ciclo celular.

A visão linear é uma característica presente nos dois grupos apresentados. Nesse sentido, vê-se que a fundamentação das Leis Mendelianas, na concepção desses alunos, segue apenas uma linha de pensamento: probabilidade ou fenótipo. Vejamos a observação feita pela participante 8 seguida de diálogo ao ler a pedra: “...foi um importante fator para o desenvolvimento das Leis de Mendel”:

- *Eu acho que a lei de Mendel está relacionada à probabilidade. Não sei se tá certa.*
- *Ela falou de ervilhas modificadas: rugosa é recessiva, lisa é dominante, amarela e verde... (participantes 5 e 8)*
- *Isso que você acabou de falar é o quê? (pesquisadora)*
- *Recessivo? Probabilidade? Eu acho que tá relacionado com probabilidade porque ela diz que é 3 pra 2 pra 1 (participante 8)*
- *Tem até uns cálculos. (participante 9)*

Desde modo, percebe-se que as explicações estão voltadas para uma única perspectiva, “probabilidade”, justificando a utilização de proporcionalidade para mostrar os possíveis resultados de um determinado cruzamento.

4.4.2.1 Análise comparativa do jogo “Dominogêneo” entre grupos do Ensino Médio (grupos A e D)

Diante dos resultados ilustrados na Figura 33 percebe-se que o **grupo A**, referente aos alunos das escolas particulares, obteve quase o mesmo nível de acertos em relação ao número total de associações. Já os alunos da rede pública, **grupo D**, obtiveram acertos aquém do número de associações totais, exceto para os conceitos de gene e probabilidade. Isto reforça o mesmo problema do mapa de conceitos do grupo B, pois uma variedade de informações distorcidas leva à dificuldade de aprendizagem e de abstração dos conceitos básicos de Genética.

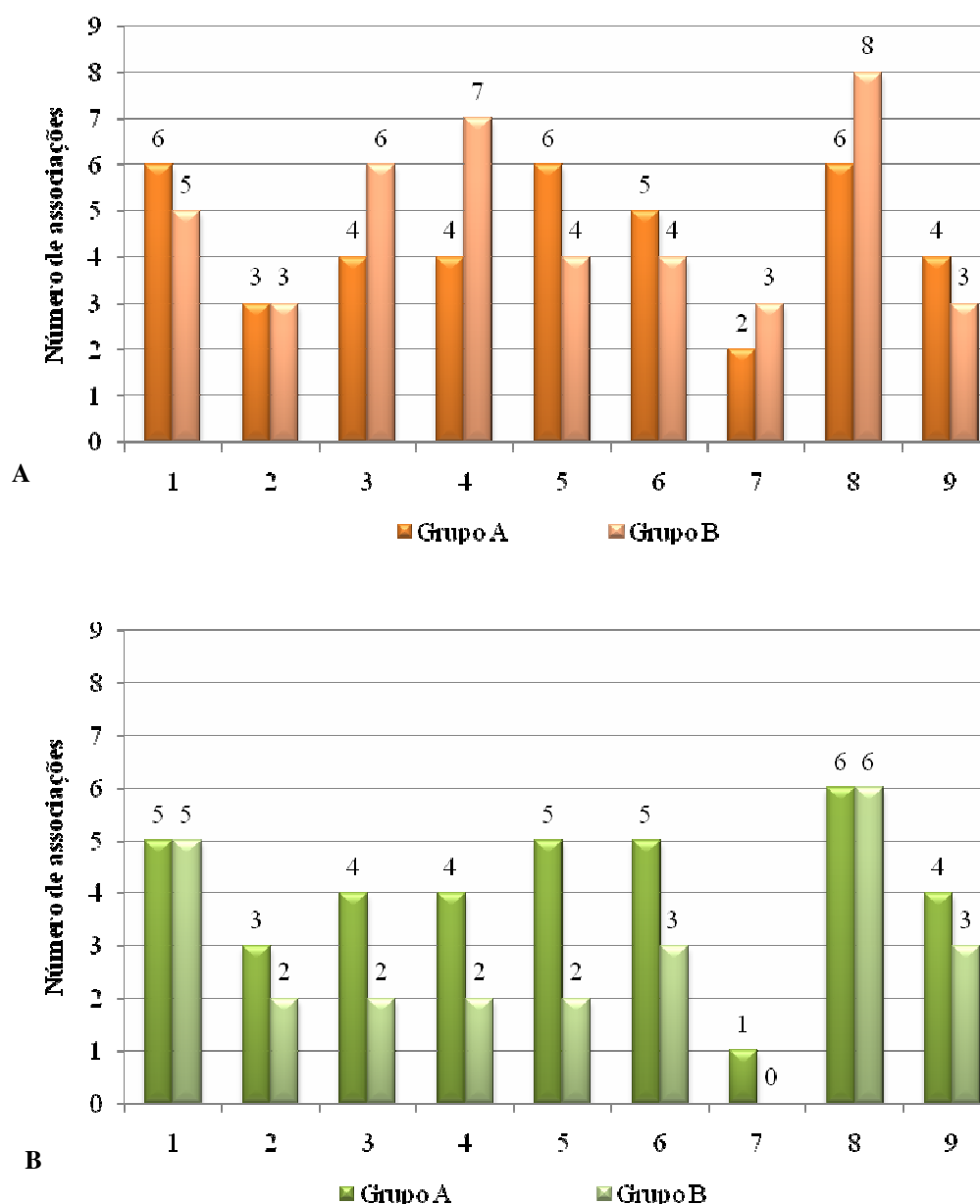


Figura 33 - Comparativo entre o número total de associações (A) e as associações corretas + conector correto (B) nos grupos A e D do EM. 1, Gene; 2, Cromossomo; 3, DNA; 4, RNA; 5, Cromatina; 6, Fenótipo; 7, Genótipo; 8, Ciclo celular; 9, Probabilidade.

De qualquer modo, os resultados dos **grupos A** (alunos da rede particular) e **D** (alunos da rede pública) não foram diferentes do que trazem os livros didáticos onde, de maneira geral, os conceitos são apresentados de forma linear e sem articulação. Ao analisar a Figura 33, o conector “ciclo celular” foi mais utilizado pelos grupos A e D, na proporção de 6:8, sendo 6:6 corretos, respectivamente. O conector “genótipo”, entretanto, foi utilizado corretamente em apenas uma associação no grupo A e em nenhuma no grupo D. Isto evidencia a dificuldade em aplicar tal conceito a situações diferentes daquelas abordadas em sala de aula. O detalhamento desses dados está inserido no Apêndice G.

Para os conectores “cromossomo”, “DNA”, “RNA”, “fenótipo” e “probabilidade”, propostos pelo grupo A todos foram concluídos corretamente. Apenas “gene” e “cromatina” obtiveram a mesma proporção entre os que foram realizados e os concluídos corretamente, 6:5.

Portanto, a pesquisa sugere uma maior investigação no sentido de promover alternativas de ensino, como os jogos apresentados nessa pesquisa, que possam amenizar tais dificuldades conceituais, favorecendo a abstração dos conceitos básicos da Genética, numa visão sistêmica e contextualizada, principalmente entre os alunos da rede pública.

4.4.3 Estabelecendo articulação dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins: grupos da Graduação (grupos E, F, G e H)

A Figura 34 ilustra algumas associações corretas com conectores corretos, embora numa visão linear, formadas pelo **grupo E** (alunos da graduação de áreas diversas). Por exemplo, os termos “proporção” e “quantitativamente” davam a idéia de probabilidade, visão marcadamente matemática. O genótipo traz as possibilidades de combinações gênicas a partir do cruzamento e, dessa forma, representa também a proporcionalidade desse evento. O próprio Mendel observou aspectos quantitativos relacionados com as características fenotípicas das ervilhas. Portanto, os aspectos biológicos estão bem próximos e articulados com os aspectos matemáticos e não em dimensões diferentes. O discurso a partir da Figura 34A retrata uma situação de linearidade, endossando a compreensão fragmentada dos conteúdos.

- Sua expressão é regida.... É probabilidade. (participante 16)
- Não sua expressão... Genótipo **ou** Fenótipo. (participante 13)
- Mas fenótipo são as características visíveis. (participante 15)
- É exatamente, então é genótipo. (participante 13)

Outra situação de linearidade está ilustrada na Figura 34B. O diálogo do grupo E mostrou que a idéia de continuidade da molécula de DNA não estava presente na imagem em questão e, por isso, surgiu a discussão:

- Isso é gene. (participante 13)
- Isso é DNA... (participante 15)
- Como é? É DNA ou gene? (participante 14)
- Não, porque o gene tá dentro do DNA. (participante 15)
- Mais isso aqui só tem um trecho. (participante 13)
- Realmente só tem um pedacinho. (participante 14)
- Eu acho que é DNA. (participante 15)

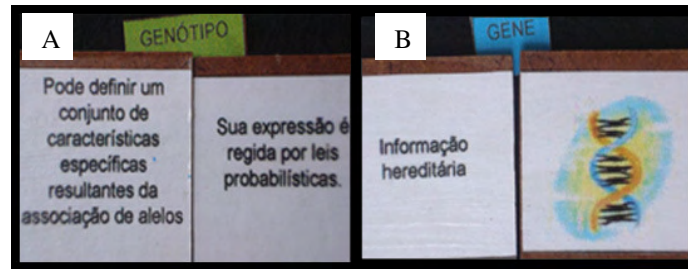


Figura 34 – Associações corretas com conectores corretos do grupo E: os conectores são genótipo (A) e gene (B).

A Figura 35 ilustra algumas associações que pontuam categorias de dificuldades de aprendizagem do grupo E. A Figura 35A evidencia a lacuna conceitual entre cromossomo e cromatina, pois inicialmente o conector para tal associação seria cromossomo. No entanto, como este já estava presente na associação vizinha, esta opção foi descartada para não parecer uma carroça. Em nenhum momento, o grupo cogitou a possibilidade de ser cromatina. Vejamos o diálogo:

- *É ciclo celular por conta da palavra interfásico.* (participante 14)
- *Não, ele quer saber o que é composto de DNA e proteína.* (participante 13)
- *Não é RNA?.* (participante 14)
- *Não. Cromossomo você encontra no núcleo interfásico que ele começa a se condensar.* (participante 15)
- *Se colocar cromossomo seria uma carroça, então é gene.* (participante 14)

Em outros momentos, mesmo com a ausência do conector “cromatina”, sua ausência não foi questionada e nem sugerida nas demais associações. Assim, o grupo foi colocando o conector cromossomo em todas as situações onde cromatina seria mais adequado e, só ao final do jogo, optou em redistribuir esses conectores (Figuras 35B e 35C). Neste caso, não ocorreu sobreposição de contextos. É importante ressaltar que esta lacuna conceitual não foi evidente no jogo anterior, provavelmente por estabelecer apenas associação/relação entre três cartas, sem outras possibilidades. Vejamos a discussão:

- *O cromossomo no começo você não vê aí depois ele vai se condensando em forma de espiral.* (participante 15)
- *Aqui fala da heterocromatina que é uma parte do cromossomo que tem um alto grau de compactação e baixa atividade.* (participante 16)

É sabido que o cromossomo e a cromatina possuem os mesmos componentes químicos, porém se diferenciam pela configuração/estrutura das moléculas diante dos eventos observados no ciclo celular, diferenciando-se funcionalmente.

A Figura 35D ilustra as dificuldades de dimensionalidade/escala entre gene e genótipo. Embora, o participante 15 tenha afirmado que o “*genótipo é conjunto tipo Aa e gene é só um*

tipo A”, sua compreensão não foi aplicada nesta associação. Isto remete ao mesmo problema ocorrido com o grupo A (EM), ou seja, a fragmentação dos conceitos.

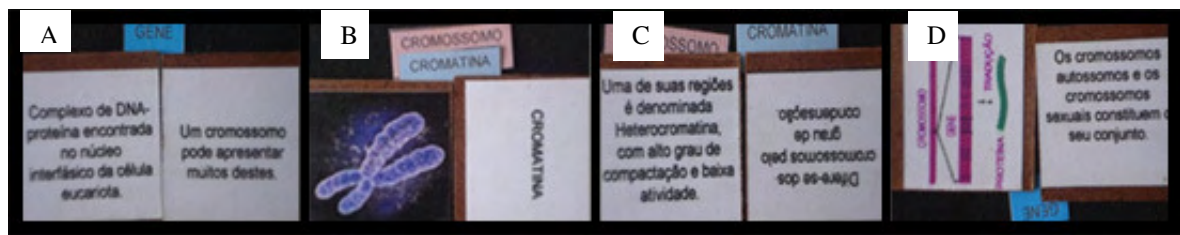


Figura 35 – Dificuldades de associação encontradas no grupo E: associação incorreta com conector parcialmente correto (A e D); sobreposição “forçada” entre cromossomo e cromatina (B e C).

O grupo F não finalizou o jogo, demonstrando certa dificuldade em associar as pedras (Apêndice C - Figura 52). A Figura 36 ilustra o resultado de algumas associações. A Figura 36A ilustra associação correta, porém num contexto muito específico, podendo ter articulado com DNA e genes, por exemplo.

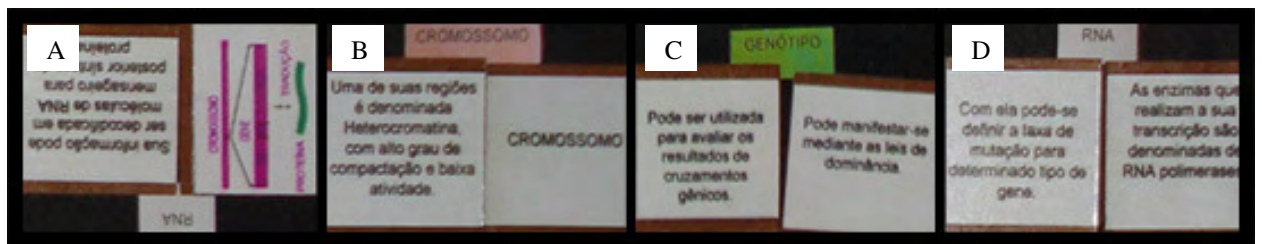


Figura 36 – Algumas associações do grupo F: associação correta com conector incorreto (A); associação incorreta com conector parcialmente correto (B); associação correta com conector correto (C e D).

Outra dificuldade que se manteve também neste nível de escolaridade foram os conceitos “cromossomo” e “cromatina” (Figura 36B). Vejamos o diálogo:

- Eu tenho a imagem de cromossomo. (participante 21)
- Mas não é essa porque ela tá toda condensada. Ele não tá nessa parte porque antes dela condensar totalmente não é essa figura. Eu tenho a carroça de cromatina. (participante 17)
- [É encaixada a carroça de cromossomo].
- Não, é cromatina. (participante 17)

Embora o grupo tenha identificado que a pedra estaria se referindo à cromatina, prevaleceu a carroça de cromossomo.

E qual a dificuldade em estabelecer tal diferença? O esquema apresentado na Figura 37 ilustra que a cromatina é um complexo organizado contendo DNA nuclear e duas classes de proteínas (histonas e não-histonas). Seu nível de organização básica é o nucleossomo. Estes, por sua vez, são estruturados para formar uma fibra de cromatina compacta. Tal compactação produz arranjos regulares. A observação em microscopia eletrônica revela que a

maior parte da cromatina é vista na forma de uma fibra de 30nm de diâmetro, sendo mais espessa que a cromatina na forma de colar de contas (unidades de nucleossomos). A cromatina interfásica é fluida, passível de expor a qualquer momento, as seqüências de DNA necessárias à célula. Paralelamente, estas observações coexistem com a classificação adotada para a cromatina presente no núcleo interfásico de células eucarióticas superiores a partir dos estudos por microscopia óptica: revelaram dois tipos de cromatina: heterocromatina, forma altamente condensada e todo o restante não condensado, denominado de eucromatina (ALBERTS *et al.*, 2004). Portanto, ainda que não explorado didaticamente a contento, cromatina e cromossomo são distintos em estrutura e função, podendo ser observados em diferentes estágios de vida da célula (ciclo celular).

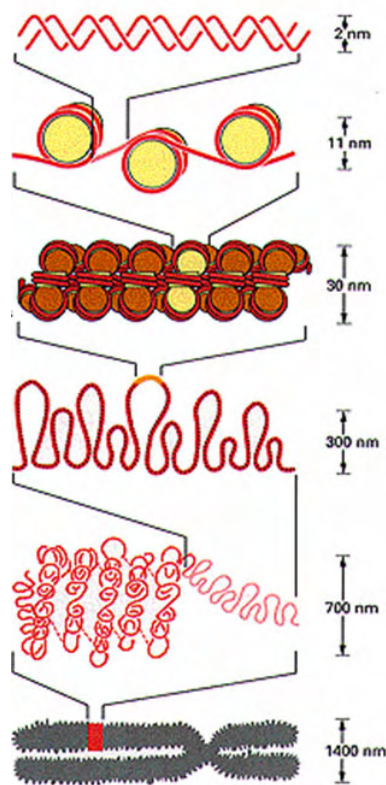


Figura 37 – Representação esquemática das etapas de compactação de cromatina em cromossomo.

http://images.google.com.br/imgres?imgurl=http://aportes.educ.ar/biologia/compactacion.jpg&imgrefurl=http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo-teorico/estado-del-arte/una-gran-biblioteca-cromosomas-y-genes/como_entra_todo_el_adn_en_el_n.php&h=666&w=323&sz=66&hl=

A Figura 36C ilustra uma associação que pode ser considerada correta, no entanto, o argumento utilizado evidencia lacunas conceituais em relação ao DNA. Vejamos o diálogo:

- O DNA pode ser utilizado para avaliar os resultados de cruzamentos, não pode? (participante 21)
- Não, o DNA não. Porque a mutação não vem do DNA. (participante 18)
- O que você encaixa aqui (qual o conector)? (pesquisadora)
- DNA. (participante 17)
- Ou genótipo (participante 21)

O diálogo acima demonstra incompreensão a respeito das etapas da intérfase do ciclo celular. Nessa fase, precisamente na transição G1/S, é realizada uma checagem, avaliando se há presença de lesão no DNA. Caso haja, o equipamento de reparo do DNA e os mecanismos que interrompem o ciclo celular entram em ação. Do contrário, a persistência da lesão poderá desenvolver células tumorais, como abordado no capítulo 2. Entretanto, vale ressaltar que:

Dos milhares de alterações aleatórias gerados a cada dia no DNA de uma célula humana pelo calor, acidentes metabólicos, radiações de vários tipos e exposição a substâncias ambientais, apenas algumas alterações acumulam-se como mutações na seqüência de DNA. Sabemos que menos de uma em mil alterações acidentais de bases no DNA resultam em uma mutação permanente; o restante é eliminado com extrema eficiência pelo sistema de reparo do DNA (ALBERTS *et al.*, 2004, p. 266).

A Figura 36D também estimulou um diálogo relevante ao associar a pedra “com ela pode-se definir a taxa de mutação para determinado tipo de gene” com a carroça de cromossomo.

- *Aqui tem “com ela”, é cromossomo? Pode definir a taxa de mutação... Quem é ela?* (participante 21)
- *Acho que é cromatina.* (participante 18)
- *Será que é DNA polimerase?* (participante 21)
- *Não.* (participante 17)
- *Qual é a proteína que faz a troca, que ajusta a seqüência? Isso é que dá a mutação porque se ela não trocar no momento certo ela dá uma mutação. Qual é a proteína?* (participante 21)
- *É RNA-polimerase. Ela vai ajustando os pares. Ela volta quando ocorre a mutação.* (participante 17)
- *Porque ela vai duplicando e ao mesmo tempo vendo se alguma mutação ocorreu.* (participante 18)

Então associou com a pedra do dominó “As enzimas que realizam a sua transcrição são denominadas...”. Neste intervalo de tempo surge a pedra “é produzido pela transcrição do DNA”, dando continuidade à discussão.

- *É o RNA.* (participante 17)
- *É proteína.* (participante 21)
- *A proteína é que é produzida pelo RNA. Que ela vai ser produzida... A transcrição do DNA é a produção do RNA. A duplicação duplica o DNA e a transcrição produz o RNA.* (participante 18)
- *Eu não aceito que a transcrição do DNA seja a produção do RNA.* (participante 21)
- *É só você ir atrás dos conceitos.* (participante 18)

Diante dos diálogos acima descritos percebe-se que há falta de informação adequada (lacuna conceitual) para explicar o processo de replicação e transcrição do DNA.

A replicação do DNA ocorre na forquilha de replicação, onde a dupla hélice está se desenrolando e os dois filamentos estão se separando. A replicação do DNA ocorre continuamente no sentido do desenrolar da forquilha de replicação no filamento contínuo (*leading*). O DNA é produzido em segmentos curtos, no sentido contrário

ao da forquilha de replicação, no filamento de replicação descontínua (*lagging*). A DNA polimerase requer um *primer*, ou curta cadeia de nucleotídeos, para estar no lugar para começar a síntese (GRIFFITHS *et al.*, 2006, p. 232).

No entanto, quando uma fita é danificada, a sua complementar, que se encontra intacta, é usada pela **enzima DNA polimerase** para restaurar a seqüência de nucleotídeos danificada. Para cada célula existe um complexo sistema de reparo próprio contendo várias vias para o reparo do DNA. As duas mais comuns pela qual a lesão é removida são: **reparo por excisão de base**, na qual as enzimas DNA glicosilases reconhecem e removem a base alterada no DNA; e a segunda é chamada de **reparo por excisão de nucleotídeos**, a qual corrige qualquer alteração volumosa na estrutura do DNA, como a produzida pelos carcinógenos do tabaco (benzopireno), por exemplo. Neste caso, o complexo multienzimático faz sua checagem; encontrando a lesão, a ligação fosfodiéster da fita defeituosa é clivada nos dois pontos da distorção, removendo-a da dupla hélice pela **enzima DNA helicase**. Em seguida tal intervalo é reparado pela enzima polimerase e pela DNA ligase (ALBERTS *et al.*, 2004).

Outro ponto em foco na discussão desse grupo está relacionada à transcrição do DNA e à tradução do RNA. Nesse sentido, pode-se dizer que o DNA genômico utiliza o RNA como uma molécula intermediária para a síntese de proteína. Portanto, o processo de transcrição nada mais é do que “a cópia de uma parcela específica da seqüência de nucleotídeos do DNA – um gene – sob a forma de uma seqüência de nucleotídeos de RNA”, então, “todo o RNA de uma célula é produzido por transcrição de DNA” (ALBERTS *et al.*, 2004, p. 302).

O **grupo G** também discute associações, expondo pontos em comum em relação ao grupo anterior. A Figura 34 ilustra algumas associações relevantes deste grupo. A pedra “sua informação é codificada e traduzida em proteínas” foi entendida como se tratando de ciclo celular. Em contraposição a participante 22 diz ser gene ou DNA. Outra pedra surge na extremidade oposta: “é produzida pela transcrição do DNA”. Daí a discussão:

- *O que é transcrição do DNA? É RNA?* (participante 22)
- *Aqui é o que? RNA é?* (participante 25)
- *Lê novamente.* (participante 23)
- *Vê bem, ele era DNA foi transcrito em RNA e de RNA traduzido em proteína. Se codificar vai ser RNA.* (participante 22)
- *Veja bem, se for assim, porque veja, antes de ser proteína é RNA.* (participante 22)
- *Eu tenho DNA e RNA.* (participante 25)
- *RNA é aqui (extremidade que está sendo discutida). É associação.* (participante 23)
- *Quem vai ser traduzido em proteína é RNA. DNA vai ser transcrito em RNA.* (participante 22)

Então, a participante 24 coloca a carroça de RNA (Figura 38A).

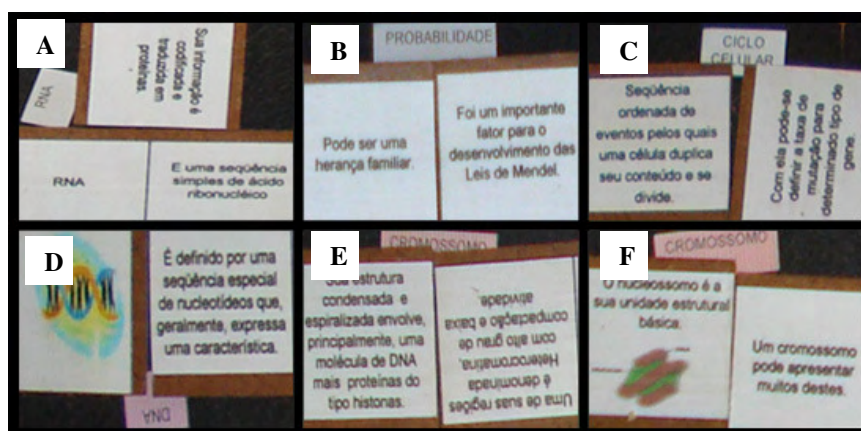


Figura 38 - Associações realizadas pelo grupo G: associação correta com conector correto (A, B e C); associação correta com conector parcialmente correto (D); associação incorreta com conector parcialmente correto (E); associação incorreta com conector incorreto (F).

A Figura 38B ilustra uma situação em que se observa uma categoria de dificuldade de aprendizagem, como a visão fragmentada, por reduzir constituintes fundamentais utilizadas por Mendel. Vejamos o diálogo ao associar as duas pedras: “pode ser uma herança familiar” e “foi um importante fator para o desenvolvimento das Leis de Mendel”.

- *Eu acho que não. Ele pegou as características de uma ervilha, associou, usou o cruzamento com ela mesma. (participante 25)*
- *Consegui formular as Leis, a 1ª com a 2ª consegui associar as duas. (participante 23)*
- *Qual o conceito que você coloca ou quais? (pesquisadora)*
- *Eu acho que não é isso. (participante 25)*
- *... Tem que argumentar, derrubar o argumento do outro. (pesquisadora)*
- *Fenótipo. (participante 25)*
- *Não, probabilidade. Foi aí que ele puxou uma das leis. (participante 23)*

Por que não os dois? A partir das diferentes características fenotípicas observadas, Mendel contou o número de plantas F₂ de cada fenótipo e notou que a proporção era a mesma (GRIFFITHS *et al.*, 2006). Portanto os dois aspectos foram importantes para o desenvolvimento de suas Leis.

A Figura 38C ilustra uma das associações corretas com conector correto. A explicação envolve o processo do *crossing-over* que ocorre entre duas cromátides homólogas não irmãs durante a divisão meiótica. Vejamos o diálogo:

- *Crossing-over, alguma coisa do gênero, ou associar com a divisão celular, porque não é na divisão celular que acontece isso. (participante 23)*
- *Ciclo celular. (participante 25)*

- *O próprio ciclo celular tem a divisão da célula, mas pode ser porque na divisão da célula você vai ter o crossing-over isso acontece aonde? Na divisão celular ou ciclo celular.* (participante 23)

A Figura 38D ilustra uma associação numa perspectiva linear, pois poderia articular também com o contexto “gene”.

- *É DNA.* (participante 24)
- *Tem certeza que é DNA, isso aí. Gene faz parte do DNA.* (participante 22)

Em um dado momento a pedra contendo o texto “...é constituído de adenina, citosina, guanina e uracila” é associada à pedra “...é o principal componente da cromatina e do cromossomo”. No entanto a participante 22 discorda que a última pedra tenha relação com RNA. Vejamos a discussão:

- *É RNA, porque depois é transcrito.* (participante 25)
- *Não gente, com a cromatina já é a condensação do DNA com as proteínas que vira* (foi interrompida pela participante 25). (participante 22)
- *Então, mas você colocou o RNA aqui* (lê constituído de adenina, citosina, guanina e uracila). (participante 25)
- *E aqui não é RNA* (falando da peça associada àquela). (participante 22)
- *É o principal componente da cromatina e do cromossomo, tem bastante RNA e depois ele é transcrito.* (participante 25)
- *Não foi transcrito, fita de DNA associada é uma histona condensada vira cromatina e vai condensando mais e vira cromossomo.* (participante 22)

Então, a participante 25 retira a pedra. Em seguida a participante 22 lê novamente a pedra “é o principal componente da cromatina e do cromossomo” e diz: “DNA”.

- *Cromossomo e cromatina é a mesma coisa.* (participante 22)
- *Cromatina não é cromossomo.* (participante 25)
- *Não, porque ele...* (participante 22)
- *Está disperso. Cromatina ele não tá espiralado.* (participante 25)
- *Aí ele (cromatina), vai enroscar.* (participante 22)
- *E vira cromossomo.* (participante 25)
- *Cromossomo. Cromossomo e cromatina é a mesma coisa em estado físico diferente.* (participante 22)
- *Porque, veja bem, cromatina e cromossomo vai ser diferente porque cromatina é quando eles estão naquela fase inicial. Cromossomo eles estão totalmente condensados. Então, quando eles estão condensados, o que acontece? Há transcrição.*
- *Gente, no núcleo não tem RNA, não tem. Ele é transcrito em RNAm e sai do núcleo para o citoplasma.* (participante 22)
- *Então, ele é transcrito.* (participante 25)
- *Quando fala de cromossomo é núcleo.* (participante 22)
- *Não, mas, o que eu estou contestando é que você tá dizendo que cromatina e cromossomo são a mesma coisa.* (Participante 25)
- *Sim, em estado físico diferente.* (participante 22)
- *Não é, porque quando ele entra em condensação ele vai ser transcrito pra RNA. Ela (cromatina) tá no núcleo interfásico é cromatina, ela começou, iniciou o ciclo celular é cromossomo.* (participante 25)
- *Não, transcrição é no núcleo de DNA pra RNA.* (participante 22)

Esta discussão mostra algumas informações distorcidas, por exemplo: a transcrição não ocorre quando o cromossomo está totalmente espiralizado; a transcrição ocorre no núcleo durante a intérfase; no núcleo existe RNA, inclusive ribossomal (RNAr); a tradução ocorre no citoplasma. As Figuras 38E e 38F ilustram os resultados de tais discussões. Para maiores esclarecimentos pode-se dizer que “todo o período compreendido entre o surgimento da célula e o aparecimento de suas células-filhas é chamado de ciclo celular” (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2000 *apud* LOPES, 2007, p. 46). Em relação ao *splicing* do pré-mRNA, este é realizado por moléculas de RNA relativamente pequenas (menos de 200 nucleotídeos cada). Tais moléculas, denominadas snRNAs (pequenos RNAs nucleares) reconhecem os limites entre éxons e íntrons e participam na química do *splicing* (ALBERTS *et al.*, 2004).

No entanto, já é sabido que o processamento clássico de *splicing* nem sempre se aplica, pois “em organismos complexos, a transcrição inicial de RNA pode sofrer *splicing* alternativo – os éxons podem ser descartados, e os íntrons, ou partes deles, mantidos – para produzir múltiplos RNA mensageiros, e portanto proteínas diferentes, a partir de um mesmo gene” (AST, 2006. p. 29).

Em relação ao **grupo H** a maioria das associações estava coerente com o contexto escolhido nas jogadas. As Figuras 39 e 40 ilustram as situações de discussão nas associações e conectores corretos e associações com conectores pontuando algumas dificuldades, respectivamente.

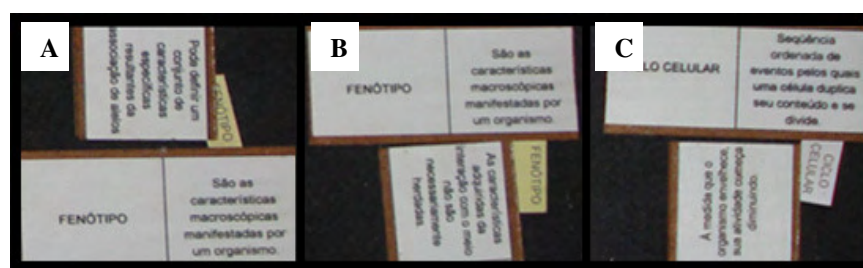


Figura 39 - Associações corretas com conectores corretos do grupo H.

As Figuras 39A e 39B ilustram o resultado de discussões voltadas às inter-relações entre os conceitos fenótipo, genótipo e probabilidade, sugerindo a existência de algumas dificuldades de aprendizagem desses conceitos abstratos, tais como visão fragmentada e transição entre níveis de realidade. A Figura 39A traz o seguinte diálogo:

- Eu acho que isso é fenótipo. (participante 27)
- Não, mas genótipo tem características específicas e o fenótipo vai ser manifestado. Pode ser genótipo também. Esse é a característica manifestada na minha concepção. Essa é minha dúvida. (participante 27)

- *O gene pelo gene não tem característica. Agora a partir do momento que ele expressa, tem alelos.* (participante 27)
- *Não, assim, pra mim o gene ele tem a característica dele certo, que dá a...* (interrompido pelo participante seguinte)
- *Ele tem os alelos. Agora a partir do momento que ele se expressa você tem o fenótipo, que exatamente é o que é observado. Você só pode dizer de uma determinada característica depois que você observar.* (participante 27)

Então, o participante 28 associa a carroça de fenótipo. Em seguida, a participante 29 mostra a pedra “as características adquiridas... não são necessariamente herdadas” e diz que esta poderia ser associada à carroça de fenótipo (Figura 39B). Já o participante 27 diz que se trata de probabilidade e não de Lei de Mendel. Então, se diz:

- *Eu entendi como as características seriam modificadas com o meio. No caso para isso que seria fenótipo.* (participante 29)
- *Também acho.* (participante 26)
- *o fenótipo pode ser manifestado para genótipo ou com coisas adquiridas sem ser herdadas.* (participantes 30)
- *Não, mas nesse caso, seriam as duas porque o fenótipo é consequência do genótipo aí pode ou não o ambiente modificar, mas vem do genótipo.* (participante 29)
- *Mas, as pessoas de pele mais clara, quando levam sol ficam mais vermelhas do que aquela que não leva. Isso poderia ser fenótipo. Ela adquiriu do meio ambiente.* (participante 29)
- *O fator externo modificou o genótipo e o fenótipo também, e a mutação.* (participante 30)
- *Quando atinge o genótipo já parte para mutação.*

A figura 39C ilustra o resultado de um questionamento levantado em relação ao ciclo celular e a divisão celular, sugerindo lacuna conceitual em relação aos eventos que ocorrem no ciclo celular.

- *Tem um desses conectores... Esse ciclo celular seria o quê?* (participante 30)
 - *Ciclo celular é ciclo celular mesmo ele vai falar das fases de divisão.* (participante 27)
 - *Pra mim isso seria divisão celular e não ciclo.* (participante 30)
- A participante 26 mostra e lê a carroça de ciclo.
- *Isso não seria divisão não?* (participante 30)
 - *Isso aqui na minha concepção seria ciclo celular também.* (participante 27)
- [Lê a peça: a medida que o organismo envelhece...]
- *É que tô confundindo.* (participante 30)

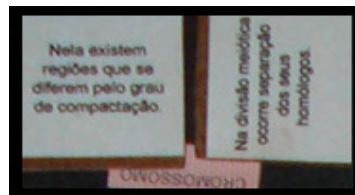


Figura 40 – Associação incorreta com conector parcialmente correto do grupo H.

A Figura 40 ilustra a dificuldade de abstração dos conceitos cromossomo e cromatina, vistos e discutidos nos demais grupos da graduação.

4.4.3.1 Análise comparativa do jogo “Dominogêneo” entre os grupos da Graduação (grupos E, F, G e H)

A visão fragmentada impede um entendimento dentro de um contexto mais amplo, pois ao associar as pedras o contexto poderia abarcar contextos diferentes, porém com inter-relações. A Figura 41 ilustra a comparação das associações corretas com seus conectores corretos. Percebe-se que existe certa tendência aos conceitos probabilidade e ciclo celular, embora com singularidades entre os grupos. O grupo E utilizou em maior quantidade o conceito de gene (6), no entanto o acerto foi maior para os conceitos ciclo celular e probabilidade na mesma proporção (5). Já os conceitos menos utilizados foram cromatina e genótipo, cujos acertos foram na proporção de 0:2, respectivamente. O grupo F utilizou mais os conceitos de RNA e ciclo celular, com a mesma proporção de acertos (5). Os conceitos gene e probabilidade não foram utilizados e o conceito genótipo apenas uma vez, de forma correta. O grupo G utilizou mais o conceito de ciclo celular, obtendo também maior número de acertos na proporção 7:6. Já os conceitos cromatina e genótipo obtiveram a mesma proporção de utilização (3), no entanto a proporção de acertos foi de 3:2, respectivamente. O grupo H foi mais uniforme na escolha dos conectores e os contextos mais utilizados foram probabilidade, DNA e cromossomo. A proporção de acertos destes conceitos foi de 6:4:3, respectivamente. Os conceitos gene, RNA, fenótipo, genótipo e ciclo celular obtiveram os mesmo resultados de utilização e acertos (4) e o conceito que menos foi utilizado foi cromatina (2).

Outro aspecto relevante é a ocorrência de resultados semelhantes (quanto às associações corretas com conector correto) entre o grupo E (graduandos de áreas diversas) e os grupos F, G e H (licenciandos em Ciências Biológicas). Isto sugere a necessidade de se investigar a formação de professores de Biologia bem como a formação continuada. Promover formas de abordagem mais estimulantes pode despertar o interesse destes conceitos abstratos por partes dos futuros professores. Perspectivas futuras a partir dessa pesquisa vislumbram o início de sucessivas investigações a respeito da utilização de jogos didáticos como diagnose, sistematização e avaliação numa concepção sistêmica, contemplando o universo macro e microscópico. Além disso, ter uma abordagem de forma contextualizada oriunda de situações mais próximas da realidade dos estudantes como, por exemplo, as neoplasias, facilita a abstração dos conceitos pelo aprendiz.

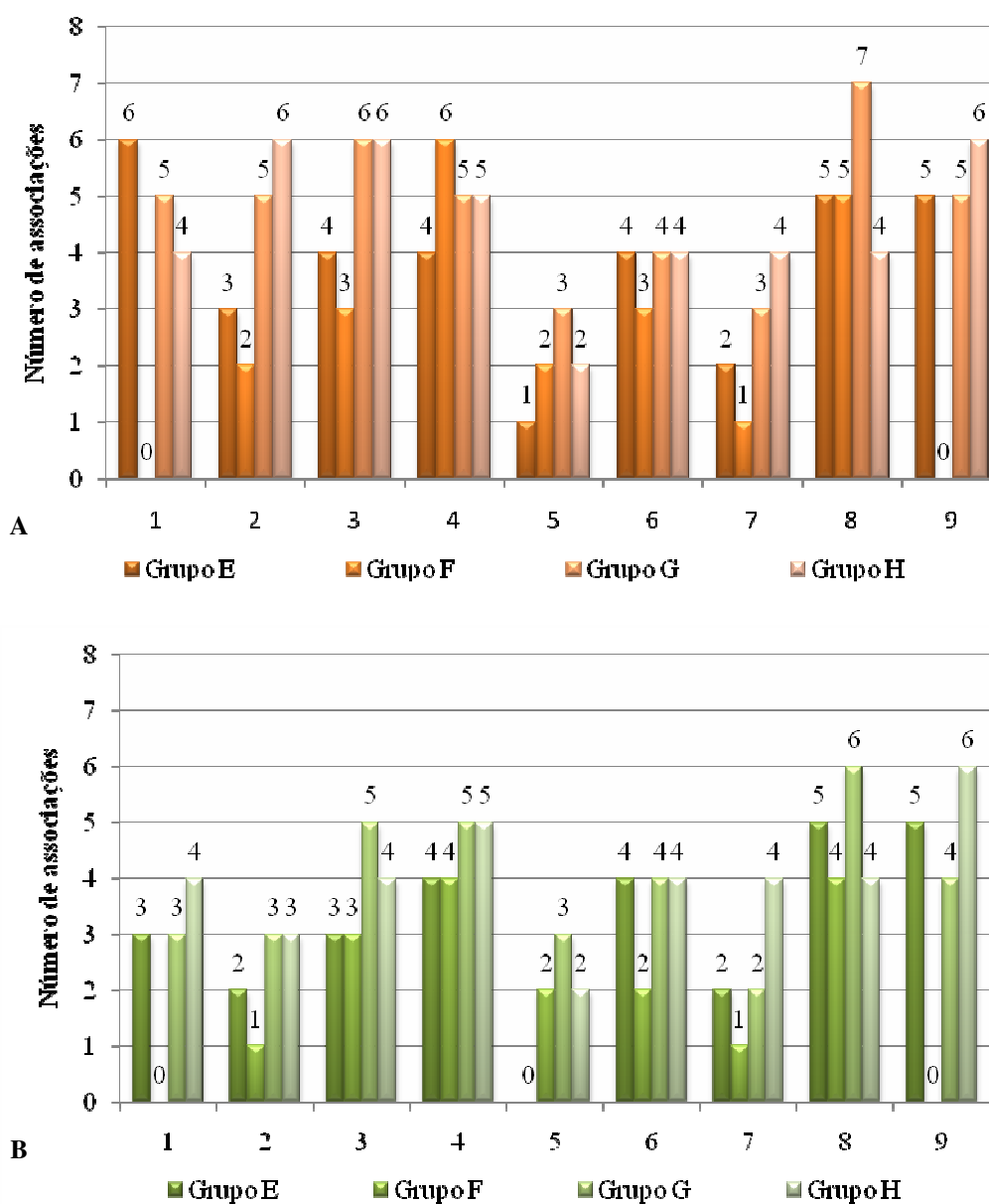


Figura 41 - Comparativo entre o número total de associações (A) e as associações corretas + conector correto (B) nos grupos da GRA (E, F, G e H). 1, Gene; 2, Cromossomo; 3, DNA; 4, RNA; 5, Cromatina; 6, Fenótipo; 7, Genótipo; 8, Ciclo celular; 9, Probabilidade.

4.4.4 Estabelecendo articulação dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins: Professores das IES (grupos I e J)

Durante a leitura das regras do “Dominogêneo” algumas alterações foram sugeridas pelo **grupo I** (professores das IES), registradas pela participante 33. Outras considerações a respeito do “Dominogêneo” foram colocadas pelos participantes deste grupo como: o número excessivo de pedras “dormindo”, além da quantidade e o detalhamento do texto, o que justifica dizendo:

- *O jogo ele tem que ser mais direto, e aí é uma avaliação fina que exige um entendimento, uma compreensão muito mais elaborada, que eles não vão ter.* (participante 33)
- *Eu também acho.* (participante 34)

A Figura 42 ilustra o resultado de algumas das associações discutidas durante o jogo. Ao ler a pedra “para as células somáticas a fase de divisão pode ser mitótica” (Figura 42A) a participante 34 justifica a associação com a imagem de ciclo celular dizendo:

- *Pode ser porque para as células somáticas a fase de divisão pode ser mitótica, mas também pode ser meiótica, porque você tem a somática, mas tem a germinativa. Mas, dentro da linhagem germinativa você tem aquelas que fazem mitose antes da germinativa. Ex. ovogônias e espermatogônias.*

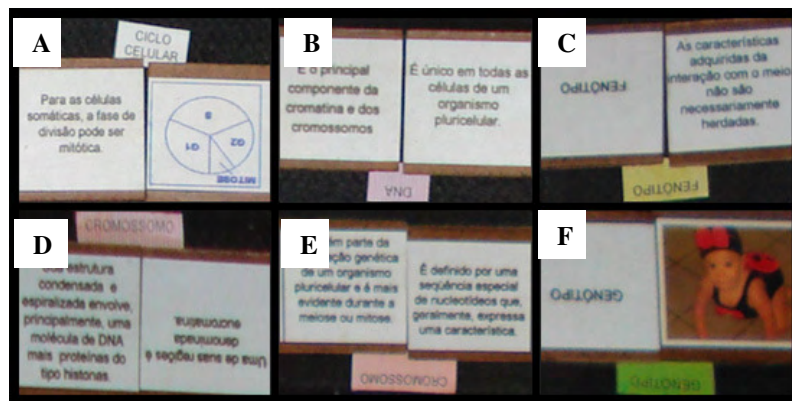


Figura 42 – Algumas associações do grupo I: Associações corretas com conectores corretos (A, B e C); associação incorreta com conector parcialmente correto (D e E); associação correta com conector parcialmente correto (F).

A Figura 42B ilustra o resultado de uma discussão numa abordagem mais molecular com outra relacionada à bioquímica.

- *Ele não é único em todas as células, você não tem um padrão de DNA. Ele é único pra todas as células, o que vai mudar é a regulação dos genes que estão nas células, o que faz a diferenciação, mas o DNA é um só.* (participante 34)
- *É genoma. Tem genoma não?* (participante 32)
- *Tem genótipo.* (pesquisadora)
- *Não é não? Porque, veja bem, você tem um tipo de célula que é única. Agora... (foi interrompida).* (participante 33)
- *Não. Olhe, você tem um tipo de molécula que é única que é o DNA, você vai receber o mesmo DNA nos cromossomos. Os genes você recebe todos eles, o que vai diferenciar uma célula da outra é como um gene é ativado e o outro não.* (participante 34)
- *Não, mas aí não tá falando de uma molécula.* (participante 33)
- *Tá, é único em todas as células de um organismo pluricelular.* (participante 34)

As colocações das duas participantes estavam certas dentro da área específica de cada uma, porém a argumentação de uma delas prevaleceu diante da outra. A idéia de uma discussão rica como esta é poder articular e relacionar tais áreas de forma que vários olhares

possam contemplar situações e perceber o quanto elas são interdependentes a luz da visão sistêmica.

A Figura 42C ilustra uma discussão em relação ao termo “adquirida” contestada pela participante 34, dizendo:

- *Essa palavra “adquirida” é um perigo. Posso fazer um comentário? Você tá falando em que sentido essa “adquirida”? Isso é, por exemplo, uma doença que uma pessoa teve por conta de uma parasitose? (participante 34)*
- *Pensei... por uma radiação. (pesquisadora)*
- *Agora quem não entendeu fui eu. Por que característica adquirida? (participante 33)*
- *É porque essa palavra “adquirida” ficou perigosa. Pode dar margem a “trocentos” mil pensamentos. Porque quando a gente pensa em adquirido a gente associa muito a herdado. (participante 34)*
- *Não, eu penso que é o que você adquiriu depois, que veio de fora. Pelo menos pra mim, que não sou de genética, se eu interajo com o meio e o meio age sobre mim e eu adquiro característica em função dessa interação, então, elas não são herdadas. (participante 33)*
- *Ela está afirmando isso, que não são herdadas. (participante 34)*
- *Porque adquirido pra mim é uma coisa que vem pós, por exemplo, se você vai desenvolver uma doença, é num sentido adquirido, ou seja, desenvolver uma coisa que potencialmente você já tinha. (participante 33)*
- *Pode ser. (participante 34)*
- *E adquirir não, eu tô comprando. (participante 33)*
- *Eu tive medo deste [termo] “adquirido”. Porque esse adquirido ele pode dar margem a outras interpretações e até levar àquela questão de Lamarck. (participante 33)*
- *Que interpretação, por exemplo? (participante 33)*
- *Quando você tá falando de evolução, por exemplo, o pescoço da girafa que cresceu porque a folha era alta. Então isso foi “adquirido”. Esse nome é meio complicado, pra Genética, porque remete à parte de evolução. É só por isso. (participante 34)*
- *Mas, Qual seria a palavra? (participante 33)*
- *Acho que desenvolvida, como você colocou, não sei. Isso é só uma idéia minha que não precisa tá correta. (participante 34)*
- *Aí eu digo que reside talvez o fator complicado do jogo. Ele envolve questões que são muito minuciosas, muito particulares, que só pra pessoas que tenham conhecimento mais amplo, vai saber fazer. (participante 33)*
- *Mas é justamente o contrário. Talvez, quando você sabe mais, começa a implicar com coisas que pra outras pessoas podem estar muito óbvias, muito dentro do contexto do dia-a-dia, do cotidiano. Como eu tenho essa visão mais aprofundada dentro da Genética, então faz com que eu possa tá aqui viajando na maionese, quando você faz essa associação de fenótipo, aqui. Eu impliquei com uma palavra, que se isso fosse uma prova de marcar ela teria acertado e eu ficaria implicando. Eu acho que tá perfeita, eu acho que é isso mesmo. (participante 34)*

As discussões e as suposições trazidas pelo jogo são fundamentais para que se torne mais rico ao fazer inferências a outros conceitos e poder, ao final, construir uma “resposta” partindo do consenso do grupo. Em verdade, o nível de discussão aqui relatado não condiz com a realidade dos alunos da GRA nem tão pouco dos alunos do EM. Porém, o objetivo é realmente instigar e provocar tais discussões para diagnosticar, inicialmente, o nível de conhecimento dos alunos. Além disso, caso os alunos mergulhassem com profundidade ao

colocar a questão da própria Evolução, o professor já teria outra abordagem ao preparar uma sistematização e aplicar com os alunos.

As Figuras 42D e 42E ilustram associações dentro do contexto “cromossomo”. A primeira associação coloca que o cromossomo também possui regiões de eucromatina. Tal região se caracteriza pelo grau intenso de atividade transcricional. Desta forma, o cromossomo, estando envolvido no processo da divisão celular dificilmente poderia estar genicamente ativo, no aspecto puramente funcional. Já a Figura 42E ilustra outra associação em se que poderia utilizar também o conector gene, pois apenas com o conector cromossomo estaria afirmando que o mesmo é constituído por uma seqüência especial de nucleotídeos que geralmente expressa uma característica. Além disso, outras moléculas estão envolvidas na constituição do cromossomo, como as proteínas e o RNA. A Figura 42F ilustra também dificuldade de conexão entre os universos macro e microscópicos, podendo estar relacionado com o contexto fenótipo.

O grupo J iniciou o jogo sem discussão e argumentação. As associações fluíram numa velocidade constante e se apresentavam de forma coerente com os conectores. No entanto, algumas associações foram discutidas e estão ilustradas na Figura 43.

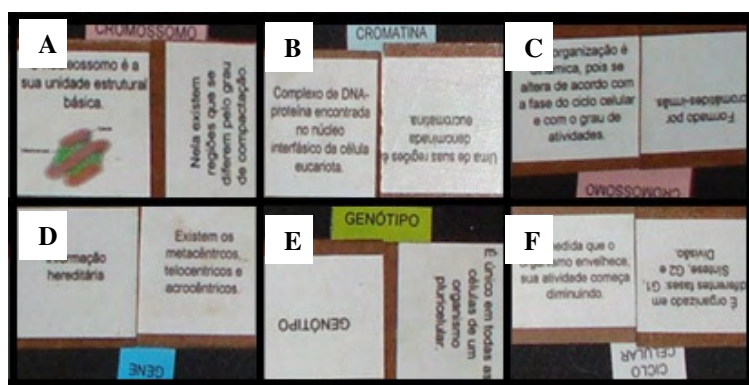


Tabela 43 – Algumas associações do grupo J: Associação correta com conector incorreto (A); associação correta com conector correto (B, E e F); associações incorretas com conector parcialmente correto (C); associação correta com conector parcialmente correto (D).

As figuras 43A, 43B e 43C ilustram discussões que envolvem cromossomo e cromatina. A participante 35 levanta uma dúvida em relação à pedra “...nela existem regiões que diferem pelo grau de compactação”, surgindo o diálogo:

- Tô na dúvida. Quem tem grau de compactação é a cromatina ou o cromossomo? Cromossomo ou cromatina que tem essa coisa da condensação, região diferente de condensação? (participante 35)
- É o cromossomo. (participante 36)

Então, a participante 36 associou essa pedra ao nucleossomo e identificou como cromossomo (Figura 43A). No entanto, a Figura 43B ilustra outra situação em que a participante 35 indaga:

- *Então é o cromossomo que tem essa região?*
- *É cromatina.* (participante 36)
- *É eucromatina é?* (participante 35)
- *Heterocromatina, são duas regiões.*

Outras colocações são feitas ainda neste contexto: ora o cromossomo possui as regiões de compactação, ora a cromatina aparece na fase de divisão celular, dizendo:

- *Então, a cromatina é mais evidente durante a meiose e mitose?* (participante 35)
- *Porque na interfase ela não é bem evidente.* (participante 36)

A Figura 43D ilustra uma associação correta, entretanto na qual caberia o conector cromossomo. Vejamos o diálogo:

- *Quer dizer que esses cromossomos aí, em relação à posição do centrômero são cromossomos, eles são encontrados na informação hereditária.* (participante 36)
- *Agora a informação hereditária não seria... Ah! É o gene. Então não é gene (referindo-se a peça em associação). Porque aqui já é uma carroça. Essa informação tá ligada à idéia de gene, não? Então, todas as vezes que a gente tratar aqui vai ser com gene.* (participante 35)
- *Com os dois.* (participante 36)
- *Porque, tudo bem que os cromossomos, eles detêm o...* (participante 35)
- *A informação hereditária.* (participante 36)
- *É, mas aí a gente teria DNA.* (participante 35)
- *Sim, mas os cromossomos não apresentam os genes!* (participante 36)
- *Não.* (participante 35)
- *É a mesma associação de sua célula haplóide com os cromossomos metacêntricos, que foi justamente a pedra que você colocou.* (participante 36)

A Figura 43E traz uma discussão semelhante ao grupo anterior no que diz respeito à pedra “é único em todas as células de um organismo pluricelular”, dizendo:

- *É genótipo?* (participante 35)
- *Não, genótipo tá presente em todas as células.* (participante 36)
- *Então ele é único em todas as células?* (participante 35)
- *Não, mas aí só fala dos organismos pluricelulares, e os organismos unicelulares?* (participante 36)
- *E qual seria então aqui? Mas ele não tá dizendo que é exclusivo de pluricelular. Não seria genótipo? Só que aí cada célula o genótipo, trechos desse genótipo se ativa e em outras células, por exemplo, células da pele, os genes responsáveis pela pigmentação eles vão se ativar e em outras regiões não. Você concorda que seria genótipo?* (participante 35)
- *Sim.* (participante 36)

A Figura 43F ilustra uma das associações corretas a respeito do ciclo celular. No entanto, além do envelhecimento a partir do processo de multiplicação das unidades celulares, existem alterações estruturais e bioquímicas do envelhecimento celular, relacionadas à

redução gradativa de várias funções celulares em função da idade: a fosforilação oxidativa das mitocôndrias está reduzida; a síntese de ácidos nucleicos e de proteínas estruturais e enzimáticas; a receptores celulares e fatores de transcrição; e a capacidade de captar nutrientes e reparar lesões cromossômicas (KUMAR *et al.*, 2005). Ao argumentar a escolha das associações junto ao conector, é dito:

- *Eu desconfio que seja alguma coisa relacionada ao telômero do cromossomo, esse telômero, à medida que o indivíduo vai envelhecendo ele vai encurtando. À medida que ele vai encurtando aí não há mais o que? Divisão celular.* (participante 36)
- *Então, tem a ver também com ciclo celular?* (participante 35)
- *tem a ver com ciclo celular.* (participante 36)
- *Então, tanto pode ser uma pedra de cromossomo com de ciclo celular, não é isso?* (participante 35)
- *Sim.* (participante 36)

4.4.4.1 Análise comparativa do jogo “Dominogêneo” entre os grupos da IES (grupos I e J)

A Figura 44 ilustra o comparativo dos grupos I e J em relação às associações corretas e conectores corretos. Percebe-se que para os conceitos DNA e RNA obtiveram a mesma proporção 6:4, respectivamente, em ambos os grupos. Os conceitos mais utilizados pelo grupo I foram DNA e probabilidade na mesma proporção (6) e o conceito menos utilizado foi genótipo, embora este grupo tenha realizado o maior número de sobreposições em relação aos demais grupos. O grupo J utilizou a mesma proporção (6) para os conectores DNA e gene, embora os acertos resultassem na proporção 6:4, respectivamente. Já o conceito cromatina foi o menos utilizado pelo grupo.

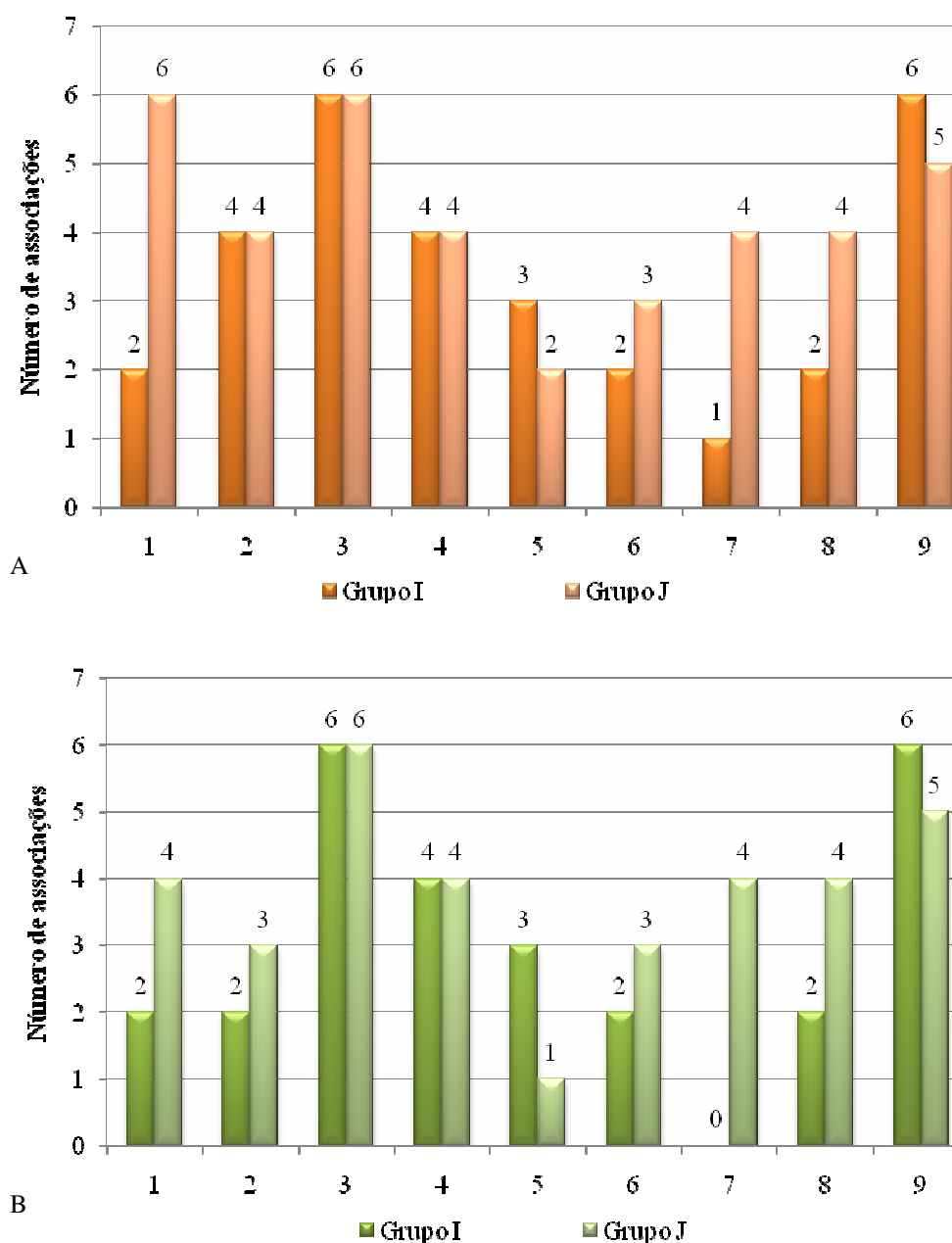


Figura 44 - Comparativo entre o número total de associações (A) e as associações corretas + conector correto (B) nos grupos das IES (I e J). 1, Gene; 2, Cromossomo; 3, DNA; 4, RNA; 5, Cromatina; 6, Fenótipo; 7, Genótipo; 8, Ciclo celular; 9, Probabilidade.

Diante dos resultados dos dois jogos nos três níveis de escolaridade, observa-se que os conceitos mais difíceis foram cromatina, cromossomo, gene e genótipo, independente do número de acertos obtidos nas jogadas. Tais resultados mostram a eficácia deste instrumento didático para diagnose. Outro aspecto evidenciado foi observado nos grupos da escola pública (EM), quando relacionaram ciclo celular, cromatina e cromossomo nos dois jogos, tendo o mesmo resultado para os conceitos DNA e RNA. Para os conceitos probabilidade, ciclo celular e fenótipo não foram observados dificuldades significativas entre os níveis de escolaridade. Portanto, a partir destes diagnósticos, outras pesquisas podem ser realizadas no

propósito de sistematizar, também de forma lúdica, os conceitos em evidência, pontuando os obstáculos observados e amenizando as dificuldades de aprendizagem. A abstração dos conceitos junto à visão sistêmica é a proposta dos jogos como ferramenta didática para o ensino da Genética.

4.4.5 Visão linear e não linear da Genética nos diferentes níveis de escolaridade: um caminho para as possibilidades (sobreposição de conceitos): jogo “Dominogêneo”

A visão linear no processo ensino-aprendizagem vem conferir uma compreensão isolada dos conceitos da Genética, mantendo-os distantes de outros relacionados com disciplinas afins. Além disso, a própria “biologia tradicional sempre teve a tendência de centrar a atenção nos organismos individuais, e não no *continuum* biológico” (MOROWITZ, 1992, p. 54 *apud* CAPRA, 2002) que, no contexto celular, possui complexa rede metabólica e de produção macromolecular que se interligam. Esta abordagem reducionista mostra a falácia na Genética, que se limitou ao conhecimento dos genes, por exemplo. Em uma visão linear, os genes ocupavam posições especiais ao longo dos cromossomos o que corresponderia a um traço hereditário determinado, unicamente, por sua composição genética. Não se pode ignorar que os organismos são sistemas de múltiplos níveis de complexidade que interagem mutuamente e interferem no desenvolvimento do organismo, resultando em amplas variações da cópia genética (CAPRA, 2002).

A Figura 45 ilustra as sobreposições dos **grupos A e D** (EM). A Figura 45A ilustra uma sobreposição de conceitos sem a articulação entre as duas pedras. As Figuras 45B e 45C ilustram sobreposições entre probabilidade e genótipo e probabilidade e fenótipo, respectivamente. Portanto, prevaleceram apenas os conceitos da Genética Clássica. Houve uma breve discussão entre os participantes ao formar tais sobreposições. Vejamos o diálogo.

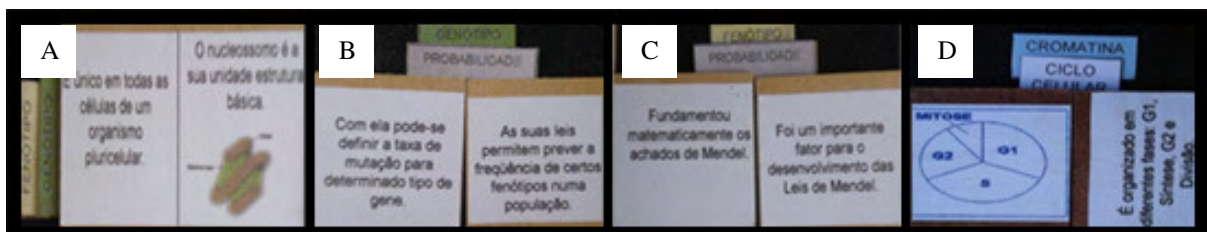


Figura 45 - Sobreposições do grupo A (A, B e C); sobreposição do grupo D (D).

- Com ela pode-se definir a taxa de mutação para determinado tipo de gene. Probabilidade. (participante 1 e 4)
- Taxa de mutação. (participante 2)
- Você acha que pode ser outro conceito aí? (pesquisadora)
- Pode, genótipo. Ela pode definir a taxa de mutação. (participante 2)
- Lei de Mendel é o que? (participante 1)

- O que chamou atenção de Mendel foi a cor das ervilhas, tá ligado. (participante 4)
- é fenótipo. Probabilidade também. (participante 1)

É provável que o reforço da pesquisadora, neste aspecto, tenha favorecido a colocação de mais de um conector, pois se observou não haver uma visão conceitual em rede nos grupos do Ensino Médio. Esta pode ser compreendida na perspectiva de Capra (1996, 2002 e 2006), em que os fenômenos biológicos interagem e se articulam como uma rede, em diferentes níveis de organização (molécula, célula, tecido, órgão, sistema, indivíduo, ecossistema), sem que um nível prevaleça frente aos demais. Uma alteração no metabolismo celular poderá desencadear alterações significativas na fisiologia do indivíduo e em suas interações com o meio – essa compreensão tem sido considerada importante na gênese e na fisiopatologia de muitas doenças, como as neoplasias. Por outro lado, modificações em escalas maiores (a exemplo do efeito do aquecimento global sobre a conservação e manutenção da sanidade das espécies) interferem em sistemas celulares e moleculares originalmente normais. Pelo exposto, compreender as interações e articulações entre os diversos conceitos trabalhados favorece a apropriação de um *continuum* biológico (MOROWITZ, 1992, *apud* CAPRA, 2002).

Já a Figura 45D ilustra a única sobreposição do grupo D entre cromatina e ciclo celular, reforçando mais uma vez a relação que este grupo faz com os dois conceitos.

A Figura 46 ilustra as sobreposições dos grupos da Graduação. No **grupo E** não houve discussão. Apenas cogitaram a palavra gene para a Figura 46A. No entanto, quando leram a palavra “quantitativamente” então, relacionaram de imediato com probabilidade. Quanto à imagem várias possibilidades surgiram como: gene, genótipo e probabilidade.

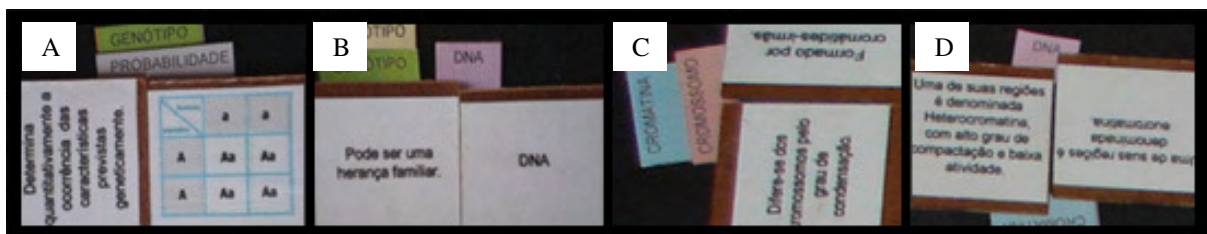


Figura 46 - Sobreposições dos grupos da GRA: grupo E (A e B); grupo G (C); grupo H (D).

O **grupo F** não realizou nenhuma sobreposição e os dois grupos restantes da graduação realizaram apenas uma sobreposição. A Figura 46C ilustra a sobreposição do **grupo G** e a relação dessas pedras foi fundamentada pela participante 22 quando disse que pode ser cromossomo e cromatina e completa dizendo:

- Já houve a duplicação elas estão presas pelo centrômero, são cromátides-irmãs. Deixou de ser um cromossomo para virar cromátide-irmã, porque não duplica. (participante 22)

A Figura 46D ilustra a sobreposição do **grupo H** e durante a discussão o participante 27 afirma que tanto cromatina como cromossomo têm uma região heterocromatina e eucromatina. Então, surge a discussão:

- Minha gente, é não. Uma de suas regiões é a heterocromatina e a outra é a eucromatina. (participante 30)
 -Mas, o cromossomo também tem uma região heterocromatina. (participante 28)
 - É isso que tô dizendo. (participante 27)
 - Mas cromossomo já é o conjunto. (participante 30)
 - Então, a gente coloca os dois. (participante 29)
 - Então, pode casar os dois conceitos. (participante 30)

A Figura 47 ilustra as sobreposições realizada pelo **grupo I**. Este grupo obteve o maior número de sobreposições. Neste sentido, a participante 34 fica preocupada com a quantidade de associações (com mais de um conector) e fica, a princípio, receosa pelas associações, mas entende que ao colocar as possibilidades o jogo flui melhor.

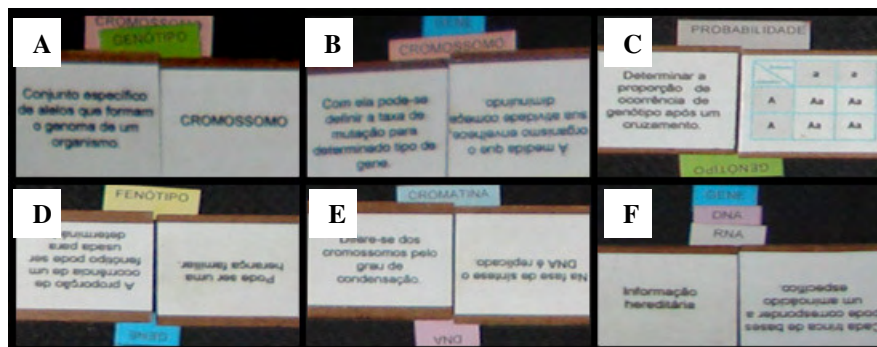


Figura 47: Sobreposições do grupo I: cromossomo e genótipo (A); gene e cromossomo (B); probabilidade e genótipo (C); fenótipo e gene (D); cromatina e DNA (E); gene, DNA e RNA (F).

A Figura 47A ilustra o enlace entre os conceitos genótipo e cromossomo, sendo argumentado pela participante 34, quando diz:

- Eu acho que cabe aqui também porque tá relacionada ao genótipo porque o conjunto de cromossomo é que vai dar o genótipo. (participante 34)
 - Se for o conjunto de cromossomo então é melhor cromossomo. (participante 32)
 - Cabe cromossomo e cabe genótipo também. Genótipo tá dentro do cromossomo. (participante 34)

Ao associar as pedras relacionadas na Figura 47B, a participante 34 justifica dizendo:

- Com essa atividade diminuindo eu posso prever a taxa de mutação de um determinado tipo de gene, por exemplo, gene de controle de desenvolvimento.
 - Eu posso colocar cromossomo também porque eu posso tá associando isso aqui a telômero.

Em relação à Figura 47C foi sugerido o seguinte:

- *Eu acho que aí cabe mais proporção.* (participante 34)
- *Probabilidade.* (participantes 32 e 33)
- *Probabilidade, é.* (participante 34)
- *Mas aqui (apontando para a imagem), mas veja, você vai ter aqui, o perfil das possibilidades.* (participante 33)
- *Do genótipo.* (participante 32 e 34)
- *Pode. Coloque genótipo também.* (participante 34)
- *Pode ter dois?* (participante 32)
- *Acho que não tem problema nenhum.* (participante 34)

A sobreposição representada na Figura 47 D está relacionada aos conectores gene e fenótipo, tendo como argumento o seguinte:

- *Porque se você tem um fenótipo repetido numa família isso não caracteriza uma herança familiar?*
- *Não necessariamente.* (participante 33)
- *Sim, não necessariamente, mas pode.* (participante 32)
- *Mas pode, pode associar.* (participante 34)
- *E seria o que (como conector) que você colocaria nessa palavrinha? (participante 32)*
- *Fenótipo.* (participante 33)
- *É, mas acho que aqui tem que entrar outra coisa, além de fenótipo. Porque se você tiver o fenótipo você tem gene.* (participante 34)
- *Gene, pode ser.* (participante 32)
- *Sim.* (participante 34)
- *Pra você ter fenótipo você tem que ter o gene.* (participante 33)

A Figura 47E não foi concluída a argumentação, no entanto, o contexto ciclo celular caberia também nesta associação. A Figura 47F ilustra a última sobreposição realizada pelo grupo mostrando três contextos para explicar tal associação. =

Desta forma, percebe-se a riqueza de associações que demonstram a importância da articulação e relação além das interseções entre tais conceitos para compreensão e abstração dos conceitos básicos da Genética.

O grupo J realizou poucas sobreposições em relação ao grupo anterior. É de se imaginar que a união de diversas áreas possa ter proporcionado maior número de sobreposições. No entanto, faz-se necessário oportunizar a partir da formação de professores e da formação continuada um novo olhar para o ensino da Genética, e esta é a proposta desta pesquisa.

A Figura 48 ilustra as quatro sobreposições realizadas pelo **grupo J**.

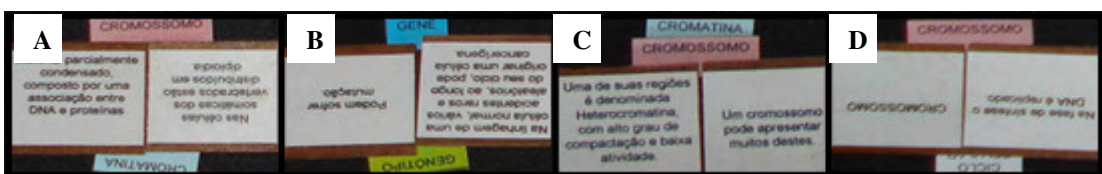


Figura 48 - Sobreposições do grupo J: cromossomo e cromatina (A e C); gene e genótipo (B); entre cromossomo e ciclo celular (D).

As Figuras 48A, 48C e 48D ilustram as sobreposições relacionadas ao conceito “cromossomo” e “cromatina”. A Figura 48D caberia cromatina por estar associada a uma peça que trata replicação do DNA correspondente a fase S da intérfase. Vejamos a justificativa das Figuras 48C e 48D, respectivamente.

- *Genes ou moléculas de DNA. Não, é o mesmo material [cromossomo e cromatina]. O cromossomo é a cromatina na intérfase. A cromatina não é intercalada entre regiões de eucromatina e heterocromatina. (participante 36)*
- *Qual é a região mais espiralizada, mais condensada? (participante 35)*
- *é a eucromatina, a hetero se mantém. Quer dizer ela é bem condensada, mas a eu é vai se condensar quando ela passa de intérfase pra divisão celular. Não, o caso aqui é o seguinte: um cromossomo pode apresentar muitos destes, um cromossomo pode apresentar muitas regiões de heterocromatina.*
- *No ciclo celular, então, síntese é aquela fase S do ciclo celular, onde o DNA é duplicado, pra depois entrar em divisão. (participante 36)*
- *Ciclo celular e cromossomo. (participante 36)*

A argumentação abaixo retrata o resultado da sobreposição ilustrada na Figura 48B.

- *Mutação tem a ver com gene, né? (participante 35)*
- *É. (participante 36)*
- [A participante 36 associa esta peça com a peça “com ela pode-se definir a taxa de mutação para determinado tipo de gene”].
- *Mas assim, com ela não é probabilidade, não?*
- *Mas a taxa de mutação não é probabilidade. Você tá quantificando.*
- *Sim, mas dentro do que é possível aqui, não tá mais próxima de probabilidade do que de gene?*
- *Probabilidade, não. Acho que fica melhor o que cabe aí mesmo é gene, até genótipo. (participante 36)*
- *A taxa não tem a ver com a quantidade de mutação. A quantidade de mutação não é definida pela probabilidade. Então aqui poderia caber tanto gene como genótipo [referindo-se a 1ª peça]. Existe uma frequência de mutação para determinado tipo de gene, essa frequência não é probabilidade? Aqui tá muito claro que é probabilidade. (participante 35)*

CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo a construção e a validação de dois jogos didáticos: “Trinca Genética” e “Dominogêneo”, para serem utilizados como ferramentas diagnósticas das dificuldades de aprendizagem quanto aos conceitos básicos da Genética numa visão sistêmica e da articulação/relação entre conceitos intra-Biologia e de áreas afins. Tais características pontuam o diferencial deste em relação aos demais jogos existentes, que tratam os conceitos de forma linear e desarticulada de outras áreas.

Ao final do trajeto da pesquisa, os resultados apontam para a eficácia dos jogos como ferramenta diagnóstica e facilitadora para a construção de novos conceitos, reforçando a importância dos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Desta forma, a partir desses dados, é possível elaborar uma sistematização adequada, utilizando os jogos como ferramenta na seqüência didática e na avaliação. Ao mesmo tempo, associar uma resolução de problema oriunda de uma situação contextualizada dentro de uma concepção sistêmica e integrada ao universo macro e microscópico, oferece ao aprendiz a oportunidade de abstrair tais conceitos ao aplicá-los em situações diversas. Além disso, os jogos propostos estimulam a interação e a cooperação, dois fatores importantes na construção do conhecimento.

5.1 CONSTRUÇÃO DOS JOGOS: “TRINCA GENÉTICA” E “DOMINOGÊNEO”

Esta etapa, condizente com a primeira parte da pesquisa, resultou no crescimento não apenas cognitivo, mas principalmente agregou valores de vida numa concepção sistêmica antes desconhecida, levando-a além da prática docente. Tal crescimento fez refletir o quanto é importante a auto-avaliação e a introspecção das concepções educacionais vivenciadas anteriormente, ainda prevalecendo o paradigma dominante. Não pretendendo ignorar o papel deste na história da Educação, são das novas situações que emanam alternativas a partir daqueles já vivenciadas. Então, não se trata de abandonar tais concepções, porém oferecer novas alternativas que se ajustem aos desequilíbrios que surgem diante de novos desafios.

Os dois jogos foram construídos intencionalmente para minimizar a fragmentação dos conceitos básicos da Genética. Eles propõem uma articulação e relação entre os conceitos intra-Biologia e áreas afins que permeiam todo o arsenal necessário à compreensão e abstração de tais conceitos, permitindo aplicá-los ao trazer uma situação contextualizada.

Além disso, possibilita o enlace entre conceitos que possam estar num mesmo contexto e ao mesmo tempo indicar suas singularidades.

Neste sentido, utilizá-los como diagnose foi fundamental para enriquecer e valorizar este instrumento não apenas no aspecto avaliativo, mas conhecer as dificuldades de aprendizagem e poder estruturar uma sistematização adequada ao aprendiz. Deste modo, a partir dos resultados, os jogos desta natureza abrem portas para novas investigações.

5.2 VALIDAÇÃO DOS JOGOS COMO FERRAMENTA DIAGNÓSTICA

Diante das respostas dos participantes pode-se destacar como validação dos jogos como ferramenta diagnóstica o seguinte:

- Para os alunos do Ensino Médio e da Graduação os jogos têm influência positiva no processo de aprendizagem, ao estimular, exercitar e avaliar os conceitos em tela. Para os professores das IES, além da curiosidade enfocaram o interesse em colaborar com o enriquecimento da proposta dando sugestões aos mesmos.
- Todos os três níveis de escolaridade apontaram com maior índice a característica, “bem elaborado”, inclusive as suas regras, embora com ajustes. As sugestões levantadas pelos participantes não comprometeram a validação dos jogos.
- Para os três níveis de escolaridade os jogos são viáveis, como ferramenta, para o processo de aprendizagem. Entretanto, apenas quatro participantes colocaram o jogo na perspectiva de diagnose. Isto sugere que a maioria dos jogos é utilizada como avaliação dos conceitos estudados ou mesmo como dinamizadora e lúdica, apenas. A proposta de diagnose junto à perspectiva sistêmica é o diferencial dos demais jogos e a contribuição desta pesquisa.
- Os jogos criam estímulos para investigar mais sobre os conceitos trabalhados. Criar estímulos aos alunos é um dos desafios no processo de ensino-aprendizagem e o jogo é uma alternativa viável para esta finalidade.
- A interação entre os participantes a partir da negociação e argumentação foi um dos aspectos positivos citados pelos participantes bem como os itens anteriores. No entanto, para a pesquisa foi o fator primordial, pois foram as argumentações e negociações que favoreceram a constatação e identificação das dificuldades de aprendizagem.

5.3 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA AO ESTABELECEER RELAÇÃO/ASSOCIAÇÃO ENTRE PALAVRA-CONCEITO-IMAGEM: JOGO “TRINCA GENÉTICA”

O jogo “Trinca Genética” teve como objetivo associar as três cartas (palavra-conceito-imagem) relacionadas aos conceitos (gene, alelo, cromossomo, cromossomo homólogo, genótipo, fenótipo, DNA, RNA, ciclo celular, probabilidade, 1ª Lei de Mendel, proteína e cromatina). Entre os grupos do Ensino Médio e da Graduação apenas um, deste último, não sentiu a necessidade de formar as trincas antes de jogar. Em verdade, não bastou reconhecer as cartas, mas reconhecer cada imagem e conceito dos termos referidos. Em verdade, tais conceitos conferem uma complexa forma de abstração, pois trazem relação de interdependência não apenas nos conceitos referidos, mas em áreas afins como a Bioquímica e a Biologia Molecular.

A partir das relações e associações das cartas, realizadas por cada grupo, foi possível construir mapas de conceitos mostrando a interdependência destes conceitos entre si e entre as áreas afins. Desta forma, é possível enfatizar que a fragmentação e a desarticulação contribuem para tal realidade e, ao mesmo tempo, propor a realização de atividades que viabilizem a visão sistêmica, articulada com situações de contextos vivenciadas pelos alunos. Não basta apenas reconhecer as cartas e seqüenciá-las corretamente, é preciso abstrair para aplicar estes conhecimentos em qualquer situação fora da realidade da sala de aula.

Os grupos do Ensino Médio, em alguns momentos, não caminhavam nas jogadas por ausência argumentativa e falta de conhecimento. Neste caso, foi necessário recomendar a tomada de decisão por consenso do grupo, mesmo sem ter a certeza, posto que do contrário não iriam sair das jogadas. As associações entre Palavra-Imagem foram estabelecidas corretamente, entre os grupos do Ensino Médio, em maior quantidade em relação às associações Palavra-Conceito e Conceito-Imagem. Portanto, os resultados demonstraram que existem deficiências conceituais entre os grupos, não descartando a necessidade de trabalhar também com as imagens, principalmente com os alunos da rede pública, sugerindo futuros investimentos que possam minimizar as dificuldades encontradas.

Para os grupos da Graduação os resultados demonstraram que existem dificuldades de compreensão e aplicação de imagens no macro e micro-universo, além de algumas falhas conceituais. Isto recai na abordagem fragmentada e linear dos conteúdos que provocam a ausência de movimento entre os diferentes níveis de realidade. Tal fato parece estar

relacionado com as dificuldades encontradas no Ensino Médio. Neste sentido, os cursos de formação de professores requerem uma reflexão por parte dos docentes das IES quanto aos programas curriculares e planejamentos que possam influenciar na qualidade de futuros professores. Esta qualidade advém não apenas nos domínios dos saberes a serem ensinados, mas na construção do conhecimento dentro de uma visão sistêmica e articulada com outros saberes interdependentes.

Para os grupos dos professores das IES, as discussões foram focadas na escolha de algumas imagens (cromatina, genótipo e 1ª Lei de Mendel) e sugestões foram colocadas. Entretanto, é importante insistir na utilização de imagens oriundas de microscopia eletrônica ou óptica como recurso de visualização mais próximo do real sem desmerecer a importância dos esquemas no processo de abstração.

5.4 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA AO ESTABELECEMOS ARTICULAÇÃO E SOBREPOSIÇÃO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS ENTRE SI E ENTRE ÁREAS AFINS: JOGO “DOMINOGÊNICO”

No início do jogo os dois grupos do Ensino Médio sentiram certa “amarrãção” para conseguir a peça referente à carroça inicial. Foram evidenciadas lacunas conceituais, por exemplo, entre cromossomo e cromatina; problemas na relação entre DNA, RNA e proteína, bem como problemas de escala entre gene, genótipo e cromossomo. Além disso, conceitos que não podem ser compreendidos isoladamente numa perspectiva sistêmica como; fenótipo, gene, genótipo e probabilidade, foram fragmentados. Algumas interpretações distorcidas e respostas gerais e vagas quando elaboravam explicações foram evidenciadas, principalmente com o grupo da rede pública. Isto sugere maiores investigações no sentido de propor alternativas que minimizem tais dificuldades. Tal situação implica a fragmentação e a visão linear dos conceitos abstratos.

Quanto aos grupos da graduação percebe-se que existe certo desinteresse sobre tais conceitos, provavelmente por não fazerem inferências de forma contextualizada e não atribuírem a devida importância à melhor qualidade de vida e sobrevivência do ser humano. Foram, da mesma forma que no Ensino Médio, identificadas lacunas conceituais entre cromossomo e cromatina, problemas de escala entre gene e genótipo e certa incompreensão no que diz respeito à transcrição e tradução. Os conceitos fenótipo, genótipo e probabilidade também são compreendidos sem alusão aos universos macro e microscópicos. Isto sugere

algumas deficiências em relação ao ensino fragmentado e linear nas IES, por não contextualizarem e problematizarem situações do cotidiano para trabalhar tais conceitos.

Em relação aos grupos dos professores das IES foram identificadas lacunas conceituais ocasionais entre cromossomo e cromatina. Portanto, mediante a abordagem do texto, percebe-se que há alguns pontos que precisam ser investigados quanto às associações/relações dos conceitos básicos de Genética, pois não estabeleceram articulações e sobreposições (exceto o grupo D), de forma a compreender a visão sistêmica de tais conceitos. O ensino desses conteúdos científicos, fragmentado e dissociado, nos contextos intra e interdisciplinar, impossibilita estabelecer articulações e sobreposições, de forma coerente com as idéias propostas por Capra.

5.5 CONCLUSÕES

- Os jogos “Trinca Genética” e “Dominogêneo” demonstraram ser excelentes ferramentas diagnósticas, considerando a qualidade e a quantidade de dados obtidos, endossando a importância de conhecer as dificuldades de aprendizagem para estruturar a sistematização.
- A argumentação e a negociação nos diferentes grupos, a partir do jogo “Trinca Genética”, permitiu conhecer as dificuldades de associação/relação entre Palavra-Conceito-Imagem, bem como pontuar quais os conceitos mais difíceis para estabelecer tal relação/associação nos diferentes níveis de escolaridade. O jogo “Dominogêneo”, permitiu mostrar que os conceitos básicos de Genética são trabalhados de forma fragmentada, desarticulada e sem contextualização, numa perspectiva macro e microscópica.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, João Serapião. **Jogos para o ensino de conceitos: leitura e escrita na pré-escola**. 4 ed. Campinas, SP: Papirus, 2002.
- ALBERTS, B. *et al.* **Biologia Molecular da Célula**. São Paulo: Artmed, 2004.
- ALMEIDA, P. N. **Educação lúdica: técnica e jogos pedagógicos**. São Paulo: Loyola, 1987.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **O Jogo da Imunidade**. Temas de Biologia: Propostas para desenvolver em sala de aula. Moderna, n. 11, p. 1-7, janeiro, 1990.
- ARAÚJO, V. C. **O jogo no contexto da educação psicomotora**. São Paulo: Cortez, 1992.
- ARCANJO, A. P. *et al.* Trilha do gene: um novo caminho de aprendizagem. In: XVII ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17, 2006, Recife. **Programa...** Recife: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. CD.
- ARCE, Alessandra. O jogo e o desenvolvimento infantil na teoria da atividade e no pensamento educacional de Friedrich Froebel. In: **Cad. Cedes**: Campinas, vol. 24, n. 62, p. 9-25, abril, 2004. Disponível em : <<http://www.cedes.unicamp.br>> Acesso em: 12 jan. 2008.
- ARDENGHI, Lilian Pozzer and WOLFF, Michael Roth. Photographs in lectures: gestures as meaning-making resources. In: **Linguistics and Education**, vol. 15. Issue 3, Summer 2004, pages 275-293.
- AST, Gil. Complexidade Alternativa. **Scientific american**. São Paulo, Edição Especial, p. 26-33, 2006.
- AUSUBEL, D. *et al.* **Psicologia Educacional**. In: MOREIRA, M. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- BARBOSA, W.; OLIVEIRA, A. C.; RAMOS, E.; SOBREIRA, M. Cromossomos reciclados: um prático modelo didático para o ensino da Genética. In: XVII ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17, 2006, Recife. **Programa...** Recife: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. CD.
- BARROS, M. P. **O uso do jogo “Dominó/DNA” na aprendizagem de duplicação de cromossomo na escola de aplicação da FFPG/UPE**. 2004. 126. Dissertação (Mestrado em Educação) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- BARROS, M. M. V; CARNEIRO. M. H. S. Os conhecimentos que os alunos utilizam para ler as imagens de mitose e de meiose e as dificuldades apresentadas. In: **Atas do V Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, realizado em Bauru-SP, no mês de novembro de 2005.
- BASTOS, H. F. B N; ALBUQUERQUE, E.; MAYER, M; ALMEIDA, A. Modelização de situações-problemas como forma de exercer ações interdisciplinares em sala de aula. In: EPENN, 2003, Recife. 17p. **Resumos...**CD Recife: UFPE, 2003. 17p., jun. 2003. Disponível em:

<file:///D:/EPENN_2003/Grupos/Gt8/UFPE/ufpegt8_Situaçãoproblema.htm> Acesso em: 18 jan. 2005.

BAUER, Joachim. A outra face do genoma. In: *Mente e cérebro*. **Scientific American**. Ano XV, nº 181, 2008, p. 42-49.

BELTRÁN, Llera. Sentido psicológico Del juego. In: Andrés Tripero (Ed.) **Juegos, juguetes y ludotecas**. Madrid: Publicaciones Pablo Montesino; 1991. p. 11-28.

BENCINI, R. Experimentos e jogos dão noções básicas de genética. **Nova escola**, São Paulo, p. 40-42, agosto, 2002.

BIZZO, Nelio. **Ciência: fácil ou difícil?** São Paulo: Ática, 1998.

BOEGES-OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. **Genética humana**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

BOSSOLAN, N. R. S.; SANTOS, N. F.; MORENO, R.R.; BELTRAMINI, L. M. O centro de biotecnologia molecular estrutural: aplicação de recursos didáticos desenvolvidos junto ao ensino médio. **Cienc. Cult.**, Oct./Dec. 2005, v. 57, nº 4, p. 41-42. Available from world wide web:

<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S000967252005000400022&script=sci_a...> Acesso em: 04 out.2006.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de Dezembro de 1996. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília – DF, 23 de dez. 1996, nº 248. Atos do Poder Legislativo. Presidente Fernando Henrique Cardoso.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais/Secretaria de Educação Fundamental – Brasília: MEC/SEF, 1997. 126p.**

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: PCNEM. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – PCNEM**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999. 364p.

_____. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias./ Secretaria de Educação Média e Tecnológica**. Brasília: MEC: SEMTEC, 2002. 144p.

_____. *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias / Secretaria de Educação Básica*. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, 2006. 135p. (**Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Volume 2**).

_____. Ministério da Saúde/Instituto Nacional do Câncer (INCa). Estimativas para Brasil e Grandes Regiões, a partir de taxas calculadas para os municípios com informação consolidada (Registros de Câncer de Base Populacional). Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2000/fqd05_1.htm> Acesso em: 05 fev.2008.

CAQUEXIA E A PROGRESSÃO DA PERDA DE MASSA MUSCULAR. Disponível em: <www.folstaxan.com/cachexia/cachexia.h> Acesso em: 25 jan. 2008.

CALAZANS, A. L. C. **Um paralelo entre conceitos alternativos e a construção do conceito de hereditariedade**. 2004. 107. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Educação, Recife, 2004.

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELÍCIO, A. K. C. **A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e Biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem**. Disponível em: <<http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>> p. 47- 60. Acesso em: 06 out. 2006.

CÂNCER de pulmão causado por agentes químicos do tabaco. Disponível em <http://www.lcdias.com.br/uploaded_images/Pulmaovsfumo-730882.jpg> Acesso em: 01 fev. 2008.

CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 1996.

_____. **As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2002.

_____. (org.). Prefácio: como a natureza sustenta a teia da vida. In: CAPRA, F. **Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2006. p. 13-22.

CARDOSO, Rita de Cássia Tardin. Jogos jogados em sala de aula: os registros de campo e sua interpretação. **Linguagem & Ensino**, v. 2, nº 1, 1999, p. 37-57.

CERQUEIRA, Eneida M. M. e AZEVÊDO, Eliane Elisa de Souza. A incorporação do conceito de gene na percepção do corpo e sua relação saúde-doença: aspectos biológicos e éticos. In: **Sitientibus**. Feira de Santana, n. 20, jan./jun., 1999. p. 69-79.

CHAMPE, P. C., HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. 3 ed. ArtMed: Porto Alegre, 2006.

CID, Marília e NETO, Antônio J. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. In: **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, n. extra, p. 1-5, nov. 2005. VII Congreso sobre Investigación en la didáctica de las ciencias. Institut de Ciències de L'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona. Disponível em: <www.blues.uab.es/~sice23/> Acesso em: 15 jan. 2007.

COLLINS, Francis S.; BARKER, Anna D. O mapa do genoma do câncer. In: **Scientific American**. Ano 5, nº 59 abril, 2007, p. 54-61.

COMPACTAÇÃO DA CROMATINA. Disponível em: <<http://images.google.com.br/imgres?imgurl=http://aportes.educ.ar/biologia/compactacion.jpg&imggrerl=http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo-teorico/estado-del-arte/una-gran-biblioteca-cromosomas-y-genes/>> Acesso em: 07 fev.2008.

CRUZ, Cosme Damião; VIANA, J. M. S. e CARNEIRO, Pedro Crescêncio Souza. **Genética: GBOL – Software para Ensino e Aprendizagem de Genética**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2001. 477 p.

DALEFI, R. Por que as imagens contam ponto. In: **Revista Época**, n. 478, fascículo III, Guia Época Enem 2007. 16 jul. 2007. p. 1-8.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002. (Coleção Docência em Formação).

DOHME, V. **Atividades lúdicas na educação: o caminho de tijolos amarelos do aprendizado**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.

DUARTE, Ricardo Luiz de Meneses; PASCHOAL, Marcos Eduardo Machado. Marcadores moleculares no câncer de pulmão: papel prognóstico e sua relação com o tabagismo. In: **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. São Paulo, v. 32, n. 1, p. 56-65, 2006.

EIGEN, M. e WINCKER, R. **O jogo: as leis naturais que regulam o acaso**. Lisboa: Gradiva, 1989.

FABRÍCIO, Maria de Fátima Lima. **Obstáculos à compreensão das Leis de Mendel por alunos de Biologia na Educação Básica e na Licenciatura**. 2005. 102. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

FERNANDES, L. D.; FURQUIM, A. A.; BARANAUSKAS, M. C. Jogos no computador e a formação de recursos humanos na indústria, In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 6., 1995: Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1995. p.1-13.

FITTIPALDI, C. D., ROCHA, M. F. Aplicação e análise do jogo “determinando o sexo”. In: XVII ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17, 2006, Recife. **Programa...** Recife: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. CD.

FOULIN, Jean-Nöel; MOUCHON, Serge. **Psicologia da educação**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

FRANÇA, Gisela Wajskop. O papel do jogo na educação das crianças. **Série idéias**, São Paulo: FDE, v.7, p. 46-53, 1995. Disponível em: <www.crmariocovas.sp.gov.br/dea_a.php?t=018> Acesso em: 20 ago. 2005.

FREIRE, Alexandre de Sá; MORAES, Milton Ozório. O lúdico na aprendizagem significativa como instrumento para a introdução dos conceitos da “Nova Biologia”. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005. p.1-7. Disponível em: <<http://www.accessexcellence.org/RC/AB/BC/casestudy2.html>>. Acesso em: 06 jan. 2006.

FROTA, P. R. O.; ANGOTTI, Jose André Peres. ZDP potencialidade para a construção de estratégias de desempenho educacional. In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2002, Águas de Lindóia, SP. **Atas do VIII EPEF**. São Paulo: SBF, 2002.

FUENTES, M. T. Martinez. Evolução do jogo ao longo do ciclo vital. Cap. 2. In: MORENO MURCIA, J. A. **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Artmed, 2005. Págs. 29-44.

GADAMER, Hans-Georg. **Verdade e método**: traços fundamentais de uma hermenêutica filosófica. Petrópolis: Vozes, 1999.

GIARETTA, L. L.; ALVES, L. R.; PETRY, T. O.; SILVEIRA, M. S. S. Camaleão: Ferramenta de apoio à confecção de jogos educativos computadorizados. In: IV CONGRESSO RIBIE, 4, 1998, Brasília. **Actas...** Brasília: Universidade de Brasília, 1998. p.1-21. Disponível em: <www.niee.ufrgs.br/ribie98/trabalhos/218.PDF> Acesso em: 15 jun. 2004.

GRANVILLE, Courtney A.; DENNIS, Phillip. An overview of lung cancer genomics and proteomics. In: **American Journal of respiratory cell and molecular biology**. Vol. 32, pp 169-176, 2005.

GRIFFITHS, A. J. F.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M.; SUZUKI, D. T.; MILLER, J. H. **Introdução à genética**. 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabra Koogan, 2006. 743 p.

GÓMEZ, R. S. e SAMANIEGO, V. P. A aprendizagem através dos jogos cooperativos. In: MORENO MURCIA, J. A. **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Artmed, 2005. Págs. 123-138.

HECHT, Stephen S. Cigarette smoking and lung cancer: chemical mechanisms and approaches to prevention. In: **The lancet**. Oncology. Vol. 3 August, pp. 461-469, 2002.

HUIZINGA, J. **Homo ludens**. 4 ed. São Paulo: Perspectiva, 2004.

JUSTINIANO, S. C. B.; MORONI, R. B.; MORONI, F. T.; SANTOS, J. M. M. Genética revisando e fixando conceitos. In: **Genética na escola**. SBG, v. 1, n. 2, p. 51-53, 2006.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. Brinquedo e brincadeira: Usos e significações dentro de contextos culturais. In: **Brinquedoteca**: o lúdico em diferentes contextos. Santa Marli Pires dos Santos (org.). 9 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004. p. 23-40.

_____. O brinquedo na Educação: considerações históricas. In: **Série Idéias**, nº 7. São Paulo: FDE, 1995. P. 39-45.

_____. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. São Paulo: Cortez, 1996.

KREUZER, H.; MASSEY, A. **Engenharia genética e biotecnologia**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 434 p.

KUMAR, Vinay; ABBAS, Abul K; FAUSTO, Nelson. **Patologia**: bases patológicas das doenças. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. P. 282 – 356.

LEODORO, Marcos Pires. Palestra: "Por um outro lúdico na educação científica". In: **Agência EducaBrasil**, 2001. Disponível em: <<http://www.educabrasil.com.br/eb/exe/texto.asp?id=433>> Acesso em: 14 jun. 2004.

LEITE, R. C. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A história das Leis de Mendel na perspectiva Fleckiana. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v.1, n. 2, p. 97-108, 2001.

LEWONTIN, R. **A tripla hélice**: gene, organismo e ambiente. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

LOPES, Fernanda Muniz Brayner. **Ciclo celular: Estudando a formação de conceitos no ensino médio**. 2007. 101. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

LOPES, Maria da Glória. **Jogos na educação**: criar, fazer, jogar. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. In: **Ciência e cultura**. vol. 57, n. 4. São Paulo, oct./dec., 2005. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php>> Acesso em 10 jan. 2008.

MAYR, E. **Isto é biologia**: a ciência do mundo vivo. Companhia das letras: São Paulo, 2008. 428 p.

McKUSICK, V. A. **Genética humana**. São Paulo: Ed. da USP e Ed. Polígono, 1971. 260 p.

MICROGRAFIA DE ALVÉOLOS PULMONARES. Disponível em: <<http://www.pathology.com.br/capulmcompl.htm>>. Acesso em: 05 fev. 2008.

MILLER, York E. Pathogenesis of lung Cancer. In: **American Journal of respiratory cell and molecular biology**. Centennial Review: Vol. 33, PP 216-223, 2005.

MIRANDA, S. No fascínio do jogo, a alegria de aprender. In: **Ciência Hoje**, v.28, 2001, p. 64-66.

MOREIRA, Marco Antonio; BUCHWEITZ, Bernardo. **Mapas conceituais**: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo. São Paulo: Editora Moraes, 1998.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 8 ed. São Paulo: Cortez, 2003. 118p.

NEWMAN, F.; HOLZMAN, L. **Lev Vygotsky**: cientista revolucionário. São Paulo: Loyola, 2002.

NOTKINS, A. L. De olho na prevenção. In: **Scientific American Brasil**. Ano 5, n. 59, abril, 2007. p. 38-45.

NURNBERGER JR, Jihn I.; BIERUT, Laura Jean. Armadilhas da genetic. In: **Scientific American**. *Mente e cérebro*. Ano XV, nº 181, 2008, p. 50-57.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky - Aprendizado e desenvolvimento**: um processo sócio-histórico. 4 ed. São Paulo: Scipione, 1997.

OLIVEIRA, S. S. Concepções alternativas e ensino de biologia: como utilizar estratégias diferenciadas na formação inicial de licenciados. **Educar**, Curitiba, n.26, p. 233-250, 2005. Editora UFPR.

OMS. Organização Mundial da Saúde. 2008. Disponível em:
<<http://www.who.int/topics/cancer/em/> - 18k> Acesso em: 05 fev. 2008.

ORTEGA, R. **El juego infantil y la construcción social del conocimiento**. Sevilla: Ediciones Alfar, 1992.

ORTIZ, J. P. Aproximação teórica à realidade do jogo. Cap. 1. In: MORENO MURCIA, J. A. **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Artmed, 2005. Págs. 9-28.

PAIVA, A. L. B; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. In: **Ensaio – Pesq. Educ.Ciência**, Belo Horizonte, vol. 7 n. Especial, p. 1-20, dez., 2005. Disponível em:
<www.fae.ufmg.br/ensaio/vol7especial/artigopaivaemartins.pdf> Acesso em: 15 jan. 2007

PAVAN, O.; SUMAIO, D.; CÂNDIDO, F.; OLIVEIRA, R. **Evoluindo Genética**. São Paulo: UNICAMP, 1998.

PEREIRA, Avelino R. S. Competências, conhecimentos e valores na concepção curricular do novo ensino médio. In: MATOS, Cauê (Org.). **Ciências e arte: imaginário e descoberta**. Cap. 4. São Paulo: Terceira Margem, 2003.

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança**: imitação, jogo e sonho, imagem e representação. Rio de Janeiro: Zahar/INL, 1976.

_____. **O juízo moral na criança**. São Paulo: Mestre Jou, 1994.

PITOMBO, Maiana Albuquerque; ALMEIDA, Ana Maria Rocha de & EL-HANI, Charbel Niño. Gene concepts in higher Education cell & Molecular Biology textbooks. In: **IOSTE International Meeting on Critical Analysis of school science textbooks**, 2007, Hammamet. Proceedings of the IOSTE International Meeting on Critical Analysis of school science textbooks. Tunis: University of Tunis, 2007. V.1, p. 855-864.

PIETROCOLA, M. Curiosidade e Imaginação - os caminhos do conhecimento nas Ciências, nas Artes e no Ensino. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa (Org.). **Ensino de Ciências. Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2004. p. 119-133.

PULMÃO. Disponível em:
<<http://www.fo.usp.br/lido/patoartegeral/images/pulmadenocar1A.jpg>> Acesso em: 05 fev. 2008.

RAIO X DO TÓRAX. Disponível em
<[http://www.snagsby.com/wikis/ptwikipedia.php?title=Cancro_\(tumor\)](http://www.snagsby.com/wikis/ptwikipedia.php?title=Cancro_(tumor))> Acesso em: 05 fev. 2008.

RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B.; SILVA, G. S.; SOUZA, J. C. Ajudando a fixar os conceitos de genética. In: **Genética na escola**. SBG, v. 1, n. 2, p. 45-49, 2006.

RAMOS, Marise Nogueira. **A pedagogia das competências: autonomia ou adaptação?** São Paulo: Cortez, 2001.

RANGEL, Mary. **Métodos de ensino para a aprendizagem e a dinamização das aulas.** (Coleção Magistério: formação e trabalho pedagógico). Campinas, SP: Papirus, 2005.

REGO, Tereza Cristina. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação.** 6 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1998.

ROCHA, B. H. A.; ROCHA, M. F.; QUEIROZ, A. N. Aplicação e análise do jogo “plantando genética”. In: XVII ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17, 2006, Recife. **Programa...** Recife: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. CD.

SÁ, Risonilta Germano Bezerra de. Um estudo sobre a evolução conceitual de respiração. Dissertação de Mestrado **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

SCHEID, N. M. J; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. Ensino da Genética contemporânea: contribuição da epistemologia de Fleck. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...**Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005b. p. 1-10. Disponível em: <<http://www.fc.unesp.br/abrapec/venpec/atas/conteúdo/artigos/3/pdf/p163.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2007.

SCHWARZ, Vera Regina Karps. **Contribuição dos jogos educativos na qualificação do trabalho docente.** 2006. 93f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

SCLIAR, M. O século miraculoso da medicina. In: **Scientific American.** História. O nascimento da medicina moderna, p. 6-9, 2005.

SILVA, C.; OLIVEIRA, T.; SANTOS, N.; BOSSOLAN, N.; BELTRAMINI, L. Evaluation of the game synthesizing proteins addressed to high school students. In: XII Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo – SIICUSP; **Resumes...** Engenharia e Exatas, 2004.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121 p.

SINCLAIR, David A.; GUARENTE, Lenny. Desvendando os segredos dos genes da longevidade. In: **Scientific American.** Ano 4, nº 47, abril de 2006, p. 40-47.

SOLHA, G. C. F.; SILVA, E. P. Onde está o lugar do conceito de gene? In: **Episteme.** Porto Alegre, n. 19, p. 45-68, jul./dez. 2004.

TISSOT-SQUALLI, Mara Lisiane. **Introdução a Botânica sistêmica.** 2. ed. Ver. Ijuí: Unijuí, 2007.

TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTADORIZADA. Disponível em:
<http://www.sbpt.org.br/_sbpt.php?op=paginas&tipo=pagina&secao=19&pagina=49>
Acesso em: 05 fev. 2008.

TUDGE, J. Vygotsky, a zona de desenvolvimento proximal e a colaboração entre pares: implicações para a prática em sala de aula. In: MOLL, L. C. **Vygotsky e a Educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

VALENZUELA, A. V. O jogo no ensino fundamental. Capítulo 5. In: MORENO MURCIA, J. A. **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Artmed, 2005. Págs. 89-107.

VOLKENSHTEIN, M. V. **Biofísica**. Espanha: Editorial Mir Moscú, 1997.

VILAS-BOAS, A. Conceitos errôneos de Genética em livros didáticos do ensino médio. **Genética na escola**. Ribeirão Preto: SBG, a. 1, v. 1, p. 9-11. 2006. Disponível em:
<www.sbg.or.br>. Acesso em: 11 nov. 2006.

VYGOTSKY, L. S. **O desenvolvimento psicológico na infância**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

_____. **Psicologia pedagógica**. Edição comentada. Porto Alegre: Artmed, 2003.

_____. **Pensamento e linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

_____. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WITTGENSTEIN, L. **The blue and brown books**. New York: Harper Torchbooks, 1965.

APÊNDICES

APÊNDICE A: VALIDAÇÃO DOS JOGOS COMO FERRAMENTA DIDÁTICA

P*	Resposta	I	II	III
1	Boas. Porque é um jogo que ajuda a exercitar o nosso conhecimento.	x		
2	Fiquei curioso sobre o conteúdo e funcionamento dos jogos		x	
3	Achei a idéia muito interessante, jogos facilitam bastante o aprendizado, principalmente em matérias com grande complexidade.	x		
4	Sem resposta	-	-	-
5	Achei bem interessante e diferente, gostei e aceitei conhecer esse jogo diferente e bem questionado.		x	
6	Achei interessante e por isso resolvi participar.		x	
7	Uma proposta bem elaborada. Um conceito diferente de aprender sobre o assunto.	x		
8	De saber como era e se era legal.		x	
9	Achei interessante, fiquei curiosa, e por isso resolvi participar.		x	
10	Até o momento eu não tinha surpresa nenhuma, mas quando eu participei achei muito interessante.		x	
11	Bem, eu fiquei muito ansiosa porque eu não tinha jogado cartas com a influência de Biologia e achei super interessante.		x	
12	Achei legal, pois participaria de uma experiência nova algo interessante.		x	
13	Sinceramente, achei que não iria conseguir jogar, pois não tinha tanta segurança nos assuntos.			x
14	No começo pensei que não iria saber de muitas coisas, mas após o jogo percebi que não foi tão ruim.			x
15	Será que vai dar certo?!?!? Um pouco espantado.			x
16	Espera de colaboração no desenvolvimento do jogo.		x	
17	Tira novas idéias para no futuro utilizar com os alunos para que a aula torne mais compreensiva para os alunos.	x		
18	Todas as regras que seriam utilizadas.		x	
19	De conseguir através dos jogos, saber o grau de conhecimento do assunto eu dominava.	x		
20	Excelente, pensei em adquirir conhecimentos e também lembrar de alguns conceitos que eu já havia estudado em Genética.	x		
21	Colocar em prática (ilustrativa) tudo ou algumas coisas que aprendi na cadeira de Genética.	x		
22	Que seria algo interessante, empolgante, divertido e que pudesse ser adaptável para turmas de Ensino Médio.		x	
23	De aprender uma nova técnica para trabalhar em sala de aula.	x		
24	Curiosidade.		x	
25	Muito boa, fiquei realmente entusiasmada.		x	
26	Saber como trabalhar com jogos para ministrar uma aula mais dinâmica.	x		
27	A curiosidade de relacionar os conceitos de Genética ao um jogo.		x	
28	Achei a idéia bastante interessante, visto que seria uma oportunidade de rever conceitos da Genética e ver abordagens diferenciadas desses conteúdos.	x		
29	Curiosidade. Acredito que jogos estimulam a vontade de entender o assunto.	x		
30	Curiosidade, já que sou professora e pensando na possibilidade de trabalhar os jogos com meus alunos. Colaborar com a pesquisa.		x	
31	Conhecer as regras e participar.		x	
32	Curiosidade.		x	
33	Curiosidade.		x	
34	Eu vim esperando gostar do jogo, pois acho que sempre esperamos algo. Os jogos me surpreenderam pela colaboração entre os participantes. Era literalmente cooperação e trabalho em equipe.		x	
35	De poder contribuir na melhora/aperfeiçoamento do jogo; de que seriam muitos os conceitos exigidos; qual seria o nível de aprofundamento, enfim despertou minha curiosidade.		x	
36	Tive uma boa expectativa e muita curiosidade.		x	

*P, participante

Quadro 18 - 1ª QUESTÃO: Que expectativa você teve quando foi convidado(a) para participar dos jogos?

(I) - Reconhece(m) que o jogo pode estimular, exercitar, adquirir ou avaliar (auto-avaliação) os conceitos básicos da Genética.

(II) - Demonstra(m) curiosidade ou interesse em participar e colaborar com os jogos.

(III) - Demonstrou insegurança na utilização dos jogos.

(IV) - Sem resposta.

P*	Cansativo	Demorado	Bom	Ótimo	Ruim	Bem elaborado	Outros
1						x	
2	x			x		x	
3		x	x				
4		x				x	
5			x			x	x (difícil)
6		x	x			x	
7		x	x			x	
8		x	x			x	
9		x				x	
10						x	
11		x		x		x	x (conhecimento)
12	x		x			x	
13	x	x		x		x	
14		x				x	
15		x	x			x	
16		x				x	
17						x	
18		x	x			x	
19				x		x	
20				x		x	
21				x		x	
22	x	x		x		x	
23		x				x	
24		x	x			x	
25		x		x		x	
26		x	x				
27				x		x	
28	x			x		x	
29				x		x	
30	x	x		x		x	x (regular)
31			x			x	
32		x		x		x	x (dinâmico)
33		x	x			x	
34				x		x	
35				x		x	
36						x	

*P, participante

Quadro 19 – 2ª QUESTÃO: Marcar as opções que você achar pertinente aos jogos.

Opções/níveis	EM*	GRA**	IES***	%
Cansativo	2	4	0	16,6
Demorado	7	11	2	55,5
Bom	6	4	2	33,3
Ótimo	2	10	3	41,6
Ruim	0	0	0	0
Bem elaborado	11	17	6	94,5
Outros	2	1	1	11,1

*EM; Ensino Médio; **GRA: graduação; ***IES: professores das instituições de Ensino Superior.

Quadro 20 - Síntese das respostas da questão 2: Marque as opções que você achar pertinente aos jogos.

P*	Resposta	I	II	III
1	Sim.	x		
2	As regras foram objetivas, claras, mas ainda pode melhorar em pequenos detalhes. Tipo: como retirar as cartas de cima para baixo.	x	x	
3	Sim. Porém as regras do jogo de trincas deveriam sofrer algumas alterações, como o fato de poder pegar as cartas do “resto”.	x	x	
4	Sim.	x		
5	Sim, ajudou muito.	x		
6	Sim.	x		
7	Sim.	x		
8	Sim.	x		
9	Sim.	x		
10	As regras para mim foi muito bem elaboradas e muito relativas a situação do jogo.	x		
11	Sim, totalmente compatíveis ao jogo e muito bem elaboradas.	x		
12	Algumas sim e outras não.			x
13	O jogo possui regras claras e bem elaboradas também. Fazem com que os jogadores interajam cada vez mais no jogo.	x		
14	As regras adotadas ficaram claras com a prática de cada jogo.	x		
15	Sim.	x		
16	Sim.	x		
17	Sim, pois é semelhante ao jogo tradicional.	x		
18	Sim.	x		
19	Sim, bem explicados.	x		
20	Sim.	x		
21	Sim. Coerentes.	x		
22	Sim.	x		
23	Sim.	x		
24	Sim.	x		
25	Sim.	x		
26	Sim.	x		
27	Sim.	x		
28	Estavam bem claras e compatíveis visto que foram utilizados jogos de salão bem populares.	x		
29	Sim. Como o jogo não é competitivo, pegar uma das três últimas cartas foi bom para completar o jogo.	x		
30	Sim, claras e explicativas.	x		
31	Sim, foram necessárias pequenas sugestões do grupo, mas nada que inviabilizasse o recurso.	x	x	
32	Sim, necessitando poucos ajustes.	x	x	
33	Sim, mas podem ser melhoradas.	x	x	
34	Sim, com pequenos ajustes realizados antes da prática do jogo.	x	x	
35	Sim.	x		
36	Sim, as regras dos jogos foram bem claras porque não sentimos dificuldade nenhuma.	x		

*P, participante

(I) - Sim, as regras foram claras e compatíveis com a prática do jogo.

(II) - Sim, porém faz-se necessário alguns ajustes,

(III) - Algumas sim outras não.

Quadro 21 – 3ª QUESTÃO: As regras adotadas foram claras? Elas estavam compatíveis com a prática de cada jogo?

Categorias		EM*	GRA**	IES***	%
Sim	As regras foram claras e compatíveis com a prática do jogo.	9	18	2	80,5
	Porém faz-se necessário alguns ajustes.	2	-	4	16,7
Algumas sim outras não.		1	-	-	2,7

EM*: Ensino Médio; GRA**: graduação; IES***: professores das instituições de Ensino Superior

Quadro 22: Síntese das respostas da questão 3 - As regras adotadas foram claras? Elas estavam compatíveis com a prática de cada jogo?

P*	Resposta	I	II	III
1	A prática dos jogos.		x	
2	A leitura das regras. O jogo no começo parece difícil, mas com o decorrer dele, vai facilitando.	x		
3	A prática dos jogos, na prática é mais fácil assimilar determinadas coisas.		x	
4	A prática foi mais clara.		x	
5	A leitura das regras.	x		
6	A leitura das regras.	x		
7	A leitura das regras.	x		
8	A prática do jogo.		x	
9	A leitura das regras.	x		
10	A prática.		x	
11	A prática e ao mesmo tempo a leitura.			x
12	A prática dos jogos.		x	
13	A leitura estava clara, mas com a prática ajudou ainda mais na compreensão.		x	
14	Com a prática dos jogos é que se pôde perceber os conceitos e até apreender, por isso foi mais compreensível.		x	
15	A prática.		x	
16	A leitura das regras.	x		
17	A prática do jogo deixou mais clara.		x	
18	A prática.		x	
19	Ambos.			x
20	A prática		x	
21	A prática.		x	
22	A prática dos jogos.		x	
23	As regras do jogo.	x		
24	A leitura das regras.	x		
25	A prática dos jogos.		x	
26	A leitura das regras e a prática do primeiro jogo (trinca)			x
27	A prática dos jogos, pois a princípio as regras não estavam claras, mas logo na primeira jogada ficaram bastante compreensíveis essas regras.		x	
28	A leitura das regras. A prática é bastante tranquila, agora achei o Jogo "Dominogêneo" um pouco cansativo. Não sei se seria o caso de reduzir o número de pedras do jogo.	x		
29	Os dois. O que passou despercebido na leitura foi esclarecido na prática.			x
30	Os dois.			x
31	Os dois se completaram, uma vez que já tínhamos conhecimento das regras do jogo convencional de cartas, com a característica educativa de cooperação.			x
32	Ambos.			x
33	A prática dos jogos.		x	
34	Ambos, pois para jogar é necessário compreender as regras.			x
35	A leitura das regras e a prática do jogo de trinca e a leitura das regras no Jogo "Dominogêneo", já que havia momentos em que para mim as associações não ficavam muito evidentes.			x
36	A leitura das regras e a prática dos dois jogos.			x

*P, participante

(I) - A leitura das regras.

(II) - A prática dos jogos.

(III) - Ambos.

Quadro 23 - 4º QUESTÃO: Quais dos dois aspectos estavam mais compreensíveis: a leitura das regras ou a prática dos jogos?

Categorias	EM*	GRA**	IES***	%
A leitura das regras	5	4	0	25
A prática dos jogos	6	10	1	47,2
Ambos	1	4	5	27,7

EM*: Ensino Médio; GRA**: graduação; IES***: professores das instituições de Ensino Superior

Quadro 24 - Síntese das respostas da questão 4 - Quais dos dois aspectos estavam mais compreensíveis: a leitura das regras ou a prática dos jogos?

P*	Resposta	Sim					N T	
		I	II	III	IV	V	-	-
1	Sim, pois é um jeito de dinamizar a aula.	x						
2	Com certeza, desde que se tenha um espaço de tempo viável.							x
3	Sim, mas também depende muito da turma e do interesse.							x
4	Sim, mas por ser muito detalhista, os alunos teriam certa dificuldade.			x				
5	Sim, pois é uma forma diferente de se aprender.		x					
6	Sim.					x		
7	Sim.					x		
8	Sim, pois tornaria a aula mais descontraída.	x						
9	Sim, porque os alunos aprendem brincando e por isso eles iram se entusiasmar mais um estímulo.		x					
10	Sim, para abrir as idéias dos alunos.		x					
11	Sim, pois o aluno aprende bem mais jogando.		x					
12	Sim.					x		
13	Sim, contanto que os jogadores (alunos) estejam realmente interessados, pois o jogo exige concentração, além de que, as pessoas precisam interagir.							x
14	Claro, já que é uma fora divertida de se apreender Genética, pois Genética um assunto complexo.	x						
15	Sim, pois possibilita ao aluno aplicar conceitos vistos em sala de aula.				x			
16	Sim.					x		
17	Sim, pois facilita a aprendizagem dos alunos.		x					
18	Sim, pois faz com que vejamos se o assunto ficou fixado na turma.				x			
19	Sim, pois faz nós alunos percebermos o quanto dominamos aquele assunto.				x			
20	Sim, mas apenas o da trinca, devido a objetividade do mesmo.	x						
21	Sim. Levaria meus alunos em busca de conceitos ou formação de idéias e revisão da matéria.		x		x			
22	Só o jogo das trincas. Porque é mais fácil de se compreender, bem mais divertido, com excelentes associações.	x						
23	Sim, mas para O “Dominogêneo” os conceitos e as informações eram muito específicos.			x				
24	Não. É muito demorado e geralmente não teríamos tempo.						x	
25	Talvez. Dependendo do número de alunos, se estiver em um número elevado ficaria ruim de aplicar.							x
26	Sim, o de trinca, o de “Dominogêneo” é complexo e demorado.	x						x
27	Sim, pois acho que serve como uma alternativa para aplicar os conceitos da disciplina para os alunos, já que esses alunos têm um contato com o jogo de “Dominó e baralho fica mais fácil a compreensão do assunto ministrado.		x					
28	Sim, por ser uma forma diferente de fixar conceitos básicos da Genética.		x					
29	Sim. É uma atividade diferente e interessante, que estimularia aos alunos estudar para participar dos jogos.	x	x					
30	Sim. Em especial, o do “Dominogêneo” eu diminuiria os conceitos e o outro, o de trincas, usaria como está.	x						
31	Sim. Com certeza aplicaria e estimularia meus alunos de Prática e metodologia das ciências e biologia a produzirem outros jogos similares e/ou diferentes.	x	x					
32	Sim. Para reforço de conceitos.				x			
33	Sim. O de cartas com alunos de Ensino Médio. O “Dominogêneo” apenas em formação continuada de professores.		x					
34	A trinca é viável, mas o “Dominogêneo” demanda um tempo razoável, cerca de uma hora. Para o Ensino Médio, a trinca é a melhor opção. Para o Ensino Superior e formação de professores o “Dominogêneo” é mais estimulante.		x					x
35	Sim. O primeiro jogo (trinca) seria um jogo para levantamento de idéias prévias e introdutório à temática, enquanto o do “Dominogêneo” seria um jogo a ser aplicado após a vivência com o conteúdo.		x	x				
36	É viável. Utilizaria estes jogos na minha disciplina com o objetivo de sondar os meus alunos de uma forma criativa e dinâmica.	x		x				

*P, participante

(I) Sim. O jogo como dinamizador e lúdico.

(II) Sim. O jogo com ferramenta para o processo de aprendizagem.

- (III) Sim. O jogo como diagnose (dificuldade).**
- (IV) Sim. O jogo como avaliação final.**
- (V) Sim.**
- (N) Não.**
- (T) Talvez. Viabilidade dependendo do tempo, interesse dos alunos e do nº de alunos.**

Quadro 25 – 5ª QUESTÃO: É viável aplicar estes jogos em sala de aula?

P*	Resposta	I	II	III	IV
1	Estímulo para aprender mais sobre o assunto.	x			
2	Algumas dúvidas, conseqüentemente um estímulo para saber mais sobre o assunto.	x			
3	Estímulo para saber mais sobre o assunto e a percepção de que genética não é algo complexo e sim uma matéria ensinada de forma errada.	x			
4	Dúvidas, mais essas dúvidas nos levariam a procurar saber mais sobre o assunto.	x			
5	Estímulo para saber mais sobre o assunto.	x			
6	Estímulo para saber mais sobre o assunto.	x			
7	Dúvidas e inquietação e um estímulo para saber mais sobre o assunto.	x			
8	Dúvidas e um estímulo para saber mais sobre o assunto.	x			
9	Dúvidas, estímulo para saber mais.	x			
10	Uma forma de querer mais conhecimento.	x			
11	Eu deveria prestar bem mais atenção nas aulas de Biologia.		x		
12	Fiquei um pouco com dúvidas, mais com estímulo.	x			
13	A minha sensação foi de que sabia mais do que eu imaginava, além de alguns esclarecimentos sobre determinados assuntos.			x	
14	Com certeza uma sensação de alívio por ter terminado o jogo, mas também de satisfação por mais uma vez apreender brincando. Além disso, há um interesse em procurar novos conceitos sobre o assunto.	x		x	
15	Aliviado e contente, pois pude colocar em prática conhecimentos passados.			x	
16	Acréscimo de conhecimento.			x	
17	Dúvida em alguns conceitos.	x			
18	Dúvidas, pois ficamos em dúvida sobre alguns conceitos.	x			
19	Que preciso estudar mais e Genética é terrível.		x		
20	Boa. Algumas ou até mesmo bastante dúvida principalmente no “Dominogêneo”.	x			
21	Questionamentos.	x			
22	Inquietações e algumas dúvidas sobre alguns conceitos já estudados.	x			
23	Dúvidas dos conteúdos de Genética e a certeza de que muita coisa não foi absorvida durante as aulas na graduação.	x			
24	Satisfação.				x
25	Fiquei curiosa para pesquisar as questões que fiquei em dúvida.	x			
26	A sensação de que preciso melhorar em Genética.	x			
27	Satisfação, pois relembrei vários conceitos em relação ao assunto.				x
28	Dúvida em relação a alguns conceitos, mas de uma forma geral foi muito legal.	x			
29	Dúvidas.	x			
30	Fiquei com uma sensação de aprendizado. No “Dominogêneo”, apurei mais o conhecimento, dessa vez mais específica, porém, com algumas dúvidas de conceito, mas motivada para tirá-las.	x			
31	De uma tarefa cumprida e de um sentimento de união me sentindo mais próxima dos demais participantes além de querer jogar mais.				x
32	De animação, sempre se ganha conhecimentos novos.			x	
33	Foi agradável e fiz uma revisão.			x	
34	Fiquei feliz de participar e trocar idéias com as outras participantes. No início fiquei muito amarrada aos conceitos, entretanto, após analisar que a aparente falta de ilustrações não atrapalharia o andamento do jogo, comecei a me soltar e trabalhar com associações mais livres. Se estivesse simplesmente montando o jogo, ele teria um formato completamente diferente, pois ao interagir com pessoas surgem novas possibilidades.			x	
35	De que muitas articulações que foram feitas, nunca as havia feito. De que eu preciso rever alguns aspectos e de que pude construir novas pontes entre fatos que pertencem a um mesmo conceito.			x	
36	Foi muito satisfatório mesmo.				x

P*, Participante

(I) **A partir das dúvidas criaram-se estímulos para investigar mais sobre o conteúdo.**

(II) **Lamento por não prestar atenção nas aulas.**

(III) **Auto-avaliação + esclarecimento + revisão + aprendizado.**

(IV) **Satisfação.**

Quadro 26: 6ª QUESTÃO: Qual a sensação após o jogo?

Categorias	EM*	GRA**	IES***	%
A partir das dúvidas criaram-se estímulos para investigar mais sobre o conteúdo.	11	11	0	61,1
Lamento por não prestar atenção nas aulas.	1	1	0	5,5
Auto-avaliação + esclarecimento + revisão + aprendizado.	0	5	4	25
Satisfação.	0	2	2	11,1

EM*: Ensino Médio; GRA**: graduação; IES***: professores das instituições de Ensino Superior

Quadro 27 - Síntese das respostas da questão 6 - Qual a sensação após o jogo?

P*	Resposta Aspectos Positivos		Resposta Aspectos negativos	
1	O jogo é bom e de um conhecimento incrível.	I	Se jogar com alguém fraco ele cansa.	VI
2	Abre o leque de conhecimento, interação em grupo.	I II	O jogo é extenso e suga o máximo de você.	VII
3	A compreensão do assunto é mais fácil.	I	O jogo é cansativo para pessoas que não possuem uma base de Genética.	VI
4	A uma aprendizagem a partir do momento em que você associa um conceito a uma imagem ou a uma palavra.	I	Nenhum, porque nada piora quanto à aprendizagem.	VIII
5	Aprendemos um pouco mais.	I	É um pouco demorado.	VII
6	Eu aprendi mais com o jogo.	I	Foi um pouco demorado.	VII
7	Conclusão de cada um concordando e discordar com o outro.	II	Não ter certeza se formamos certas, as trincas.	IV
8	A interação do grupo.	II	As cartas são muito grandes.	V
9	Aprendi um pouco mais.	I	Porque não sabíamos formar direito.	IV
10	A união dos participantes e a troca de idéias.	II	Sem resposta.	VIII
11	O aluno aprenderá mais.	I	Sem resposta.	VIII
12	A interação do grupo.	II	Falta de pontuação.	V
13	É uma forma muito boa de aprender e fixar os assuntos.	I	Não sei se porque jogamos os dois jogos seqüencialmente, ao fim do jogo tive uma sensação de cansaço.	VII
14	A discussão entre os participantes para resolução do jogo, ou seja, a cooperação e o uso de imagens.	II	A complexidade do Jogo "Dominogêneo".	V
15	O jogo ajuda a conciliar conceitos além de promover uma maior compreensão por parte dos jogadores.	I	Sem resposta.	VIII
16	Troca de conhecimentos; trabalho em grupo; jogo bem elaborado.	II	Demorado e pouco detalhe nas regras.	VII V
17	Fixação do conteúdo e o incentivo do estudo.	I	Caso os jogadores não saibam o conteúdo pode sair errando os conceitos	IV
18	Nos leva a pensar.	I	Não há.	VIII
19	Nos leva aprender brincando ou relembrar.	I	Sem resposta.	VIII
20	Objetividade e diversão.	III	Apenas o "Dominogêneo" devido à quantidade de conceitos que foi grande e a quantidade pequena de imagens.	V
21	Levando as pessoas aos questionamentos sobre determinados conteúdos e a aprendizagem.	I	Sem resposta.	VIII
22	Estimula a percepção e relação entre os participantes.	II	Nem todos concordavam com as associações propostas logo pode haver discussões entre os membros.	V
23	Os conteúdos são assim mais facilmente compreendidos.	I	Muito demorado.	VII
24	Dinâmico e pensativo.	III	Demorado e cansativo.	VI VII
25	Aprende (fixa) brincando.	I	Sem resposta.	VIII
26	Relembra e até aprende os conceitos	I	Requer muito tempo para completar.	VII
27	Facilitar a compreensão sobre o assunto,	I	No momento não notei nenhum ponto	VIII

	relacionar os conceitos, distinguir os conceitos.		negativo.	
28	A associação de conceitos e imagens, e a possibilidade de associar brincando vários aspectos de um mesmo assunto (palavra chave).	I III	Até que ponto, com tantas pedras do “Dominogêneo” prenderia a atenção dos alunos por mais de uma hora?	VII
29	São as argumentações e a ajuda entre os participantes para formar os jogos.	II	Seria a falta de um pouco de competição. A ajuda mútua é importante, porém a competição também para estimular os adolescentes.	V
30	Direto, objetivo, rico em formas de pensamento, como palavra, conceito e imagem, muito bom (trinca). Bem apurado, detalhado, divertido, aguça o pensamento cognitivo, mesmo sendo demorado e um pouco cansativo.	I	Sem resposta.	VIII
31	Revisão conceitual, articular diferentes linguagens do fenômeno genético, sentimento de trabalho de grupo, acerto por cooperação, sentimento de integração, querer jogar mais.	I II	Nível simplificado. Cuidado com as regras escritas. Cuidado com as imagens para não destorcer o objetivo.	V
32	Bem elaborados, animados e estimula participação de todos.	III	Tempo, para o “Dominogêneo” e na trinca só colocaria uma carta em branco.	V VII
33	Lúdico e não estimula competição. Estimula a comunicação e negociação entre os participantes, portanto, pode ser socialmente estimulantes.	II III	Tempo longo de aplicação. Minuciosos conceitos que podem gerar muitas dúvidas.	V VII
34	A cooperação foi o aspecto que mais chamou a minha atenção. Sugestão para o “Dominogêneo” incluir a palavra mutação.	II	Sem resposta.	VIII
35	Ambos estão pautados em conhecimentos que você já tem (ou idéias mais superficiais, na trinca, ou idéias mais complexas [após aula com a temática). Assim, permitindo a exposição de seus pontos de vista; respeito à fala do outro e a possibilidade de refazer (nas trincas) os caminhos e associações.	I II	A dificuldade de saber se a associação feita estava realmente correta ou se era muito absurda.	IV
36	Criatividade, aprendizagem, participação em grupo, dinâmica de idéias e construção de conceitos.	I II III	Sem resposta.	VIII

*P, participante

Aspectos positivos

- (I) Os jogos estimulam o conhecimento (seja pensando, questionando, revisando), oferecendo maior compreensão/aprendizagem/fixação.
- (II) Interação entre os participantes de cada grupo a partir da negociação e argumentação.
- (III) Ser lúdico, dinâmico.

Aspectos negativos

- (IV) Incerteza das idéias construídas nos jogos.
- (V) Aspectos voltados à construção dos jogos: imagens e conceitos, regras (ausência de competição/complexidade).
- (VI) Cansativo pela falta de conhecimento.
- (VII) Demorado (longo), se referido ao Jogo “Dominogêneo”.
- (VIII) Nenhum.

Quadro 28 - 7º QUESTÃO: Quais os aspectos positivos e negativos dos jogos?

P*	Resposta	Sim	Não
1	Sim, pois melhoraria o meu conhecimento.	x	
2	Claro. Só chamar que eu vou.	X	
3	Sim. Achei algo bem interessante e que ajudou muito em critérios de conhecimento.	X	
4	Sim, eu aprenderia a associar mais uma coisa a outra.	X	
5	Sim, pois é bem interessante.	X	
6	Sim, pois da próxima vez tentaria acertar mais.	X	
7	Sim, agora sabendo bem sobre o assunto para formar bem as trincas com certeza.	X	
8	Sim, pois me ajudaria a desenvolver os meus conhecimentos.	X	
9	Sim, porque jogando mais, eu, com certeza aprenderei mais.	X	
10	Sim, para melhorar cada vez melhor o meu conhecimento.	X	
11	Sim, porque eu gostei.	X	
12	Sim, agora com uma mente mais aberta.	X	
13	Jogaria porque, pra mim, é um verdadeiro desafio completar as combinações do “Dominogêneo”, mas não jogaria na mesma hora de ter terminado.	X	
14	Sim mas para isso teria que revisar certos conceitos. E jogaria novamente, pois achei muito interessante.	X	
15	Sim, mas em outro dia.	X	
16	Sim. Jogo interessante e ajuda a discutir assuntos em grupo e troca de conhecimento.	X	
17	Sim, muito divertido.	X	
18	Sim, porque é bastante instrutivo.	X	
19	Sim, depois de ter estudado eu jogaria sim. Para saber se melhorou ou não.	X	
20	Sim, devido a quantidade de conceitos que ficam fixos em nossa memória.	X	
21	Sim, porque houve trocas e aprendizados.	X	
22	Só o jogo de trincas porque achei, além de bastante informativo, muito divertido. Com certeza vou usar em minhas turmas.	X	
23	Sim, foi muito bom.	X	
24	Sim, se tivesse com bastante tempo.	X	
25	Sim, foi divertido.	X	
26	Sim. Talvez agora poderia ser mais rápido, pois relembrei alguns conceitos.	X	
27	Sim, pois achei de um interesse enorme a aplicação dos conceitos de Genética de uma forma diferente.	X	
28	Sim, jogaria. Acredito que ao jogar novamente, sobretudo com outro grupo de jogadores, será possível trocar novas idéias. Trata-se de um jogo bem participativo.	X	
29	Sim! Olharia os conceitos eu fiquei em dúvida e jogaria de novo. Provavelmente teria resultados diferentes.	X	
30	Sim. É muito bom aprender ludicamente, sempre!	X	
31	Sim. Achei muito bom! Uma coisa que poderia pesar seria fazê-lo, o jogo, em diferentes níveis cognitivos, gerando maiores desafios para os jogadores.	X	
32	Sim. Na trinca passaria a tentar estimular a formação das trincas.	X	
33	Sim. É agradável e eu, particularmente, gosto de desafios e de testar ou acessar mais conhecimentos.	X	
34	Sim, pois são muito divertidos. Ficamos tão empolgadas em montar as trincas que nos esquecemos de seguir a ordem e as regras do jogo, parecia até troca de figurinhas (isso aconteceu do meio para o final) De outra vez, seguiria melhor as regras. No “Dominogêneo”, ao jogar com professores, não revelaria a identidade dos professores de Genética, pois as pessoas que não pertencem à área ficam um pouco inibidos, tendem a se justificarem e até a esperarem por um comentário. Tentei ao máximo não influenciar a colocação das pedras, o que foi muito positivo, pois são outras associações. Trabalhar com pessoas de outras áreas é muito interessante. Acho que trabalhar o Jogo “Dominogêneo” em dois momentos é importante. Antes e depois das aulas que abordem estes conteúdos.	X	
35	Sim, principalmente o do “Dominogêneo”, pois mesmo com o término tive a sensação de que algumas associações poderiam está incorreta. Acredito que com uma consulta a livros dos pontos mais polêmicos, poderia me sentir mais segura na execução do jogo.	X	
36	Sim, foi muito divertido! Interessante.	X	

Quadro 29 – 8ª QUESTÃO: Você jogaria novamente? Justifique.

APÊNDICE B - TRINCAS CORRETAS

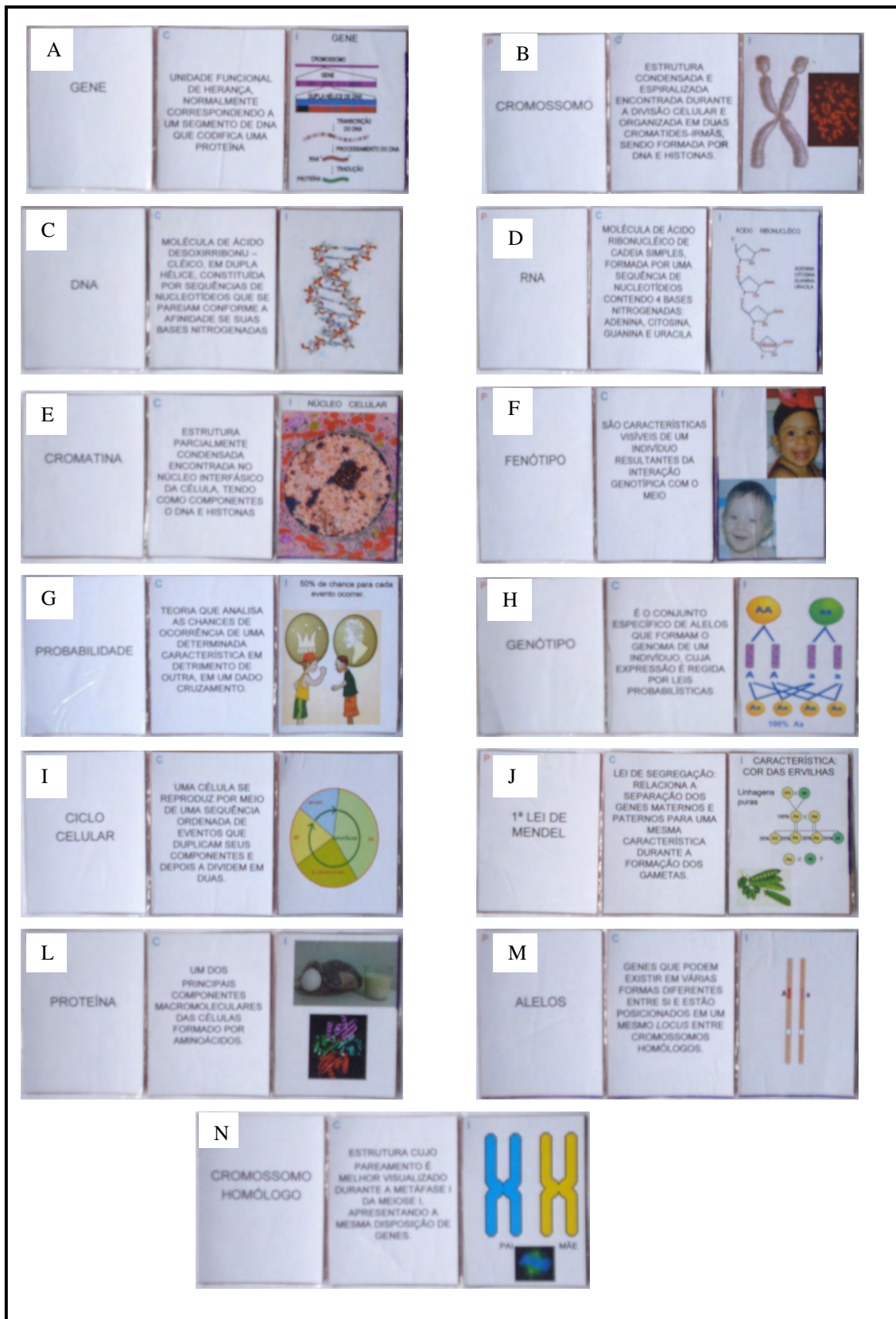


Figura 49 – Apresentação das trincas corretas do jogo “Trinca Genética”: A, trinca de gene; B, trinca de cromossomo; C, trinca de DNA; D, trinca de RNA; E, trinca de cromatina; F, trinca de fenótipo; G, Trinca de probabilidade; H, trinca de genótipo; I, trinca de ciclo celular; J, trinca de 1ª Lei de Mendel; L, trinca de proteína; M, trinca de alelos; N, trinca de cromossomo homólogo.

APÊNDICE C: IMAGENS DOS TABULEIROS DO JOGO “DOMINOGÊNEO”

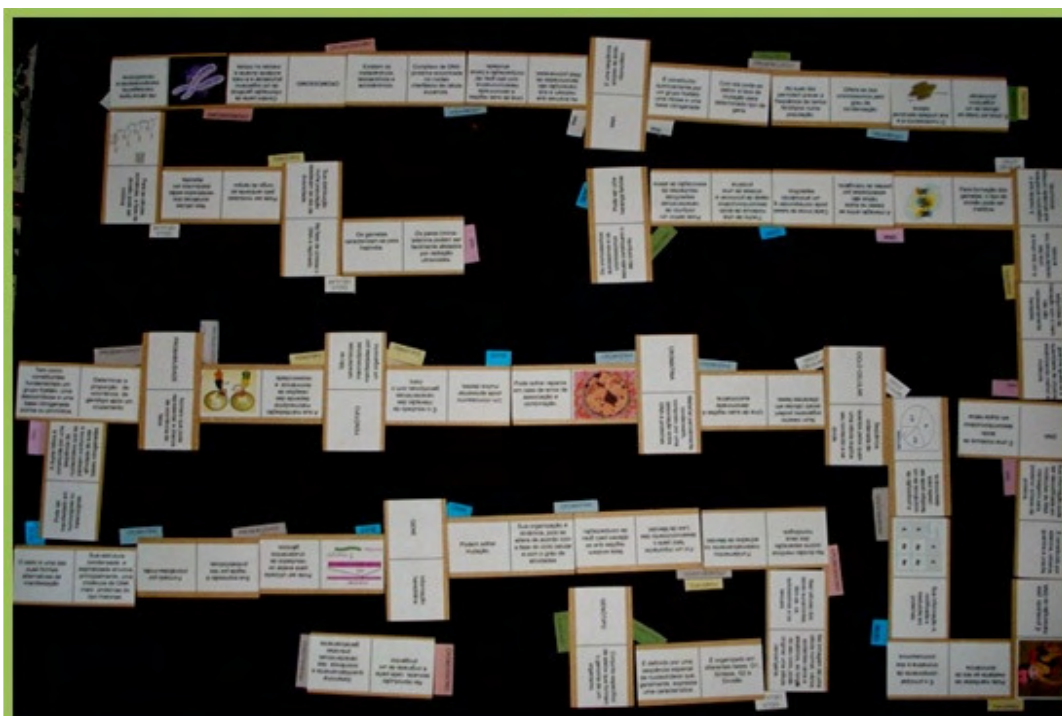


Figura 50 - Tabuleiro do grupo A (alunos do EM da rede particular)

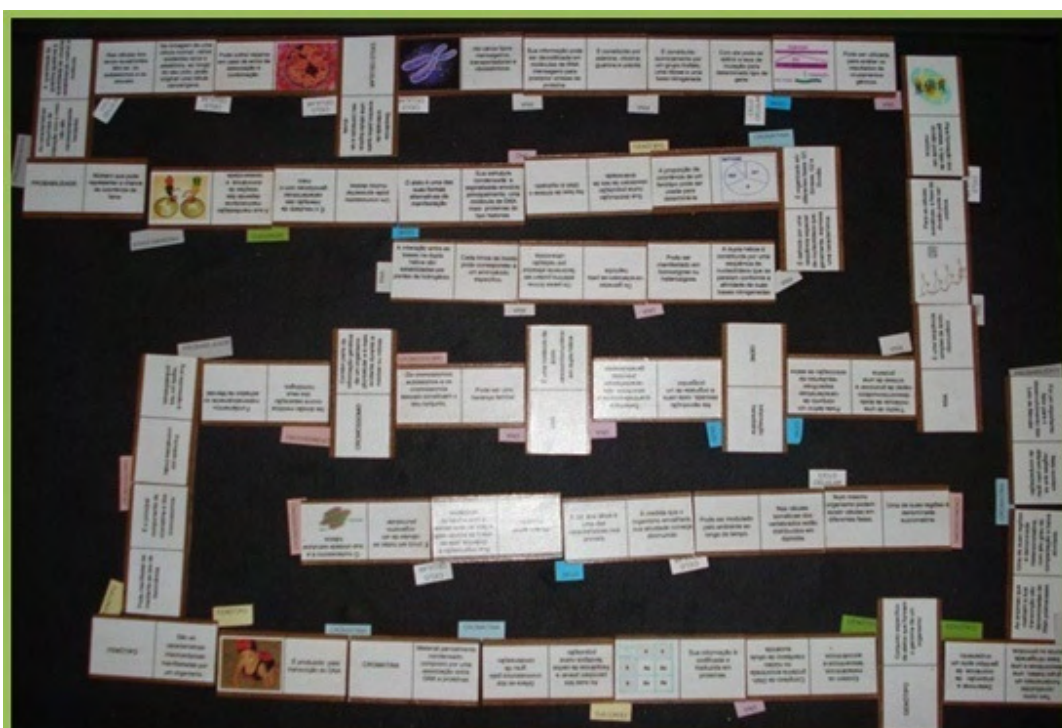


Figura 51 - Tabuleiro do Grupo D (alunos do EM da rede pública)

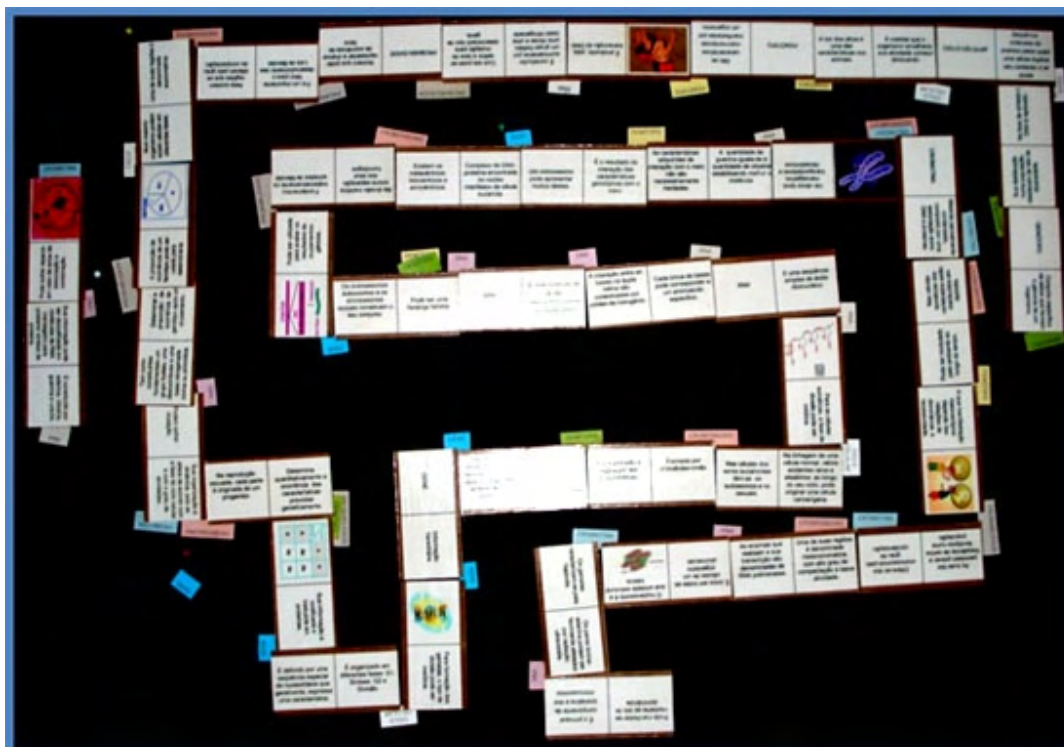


Figura 52 - Tabuleiro do Grupo E (alunos da GRA de diversas áreas).

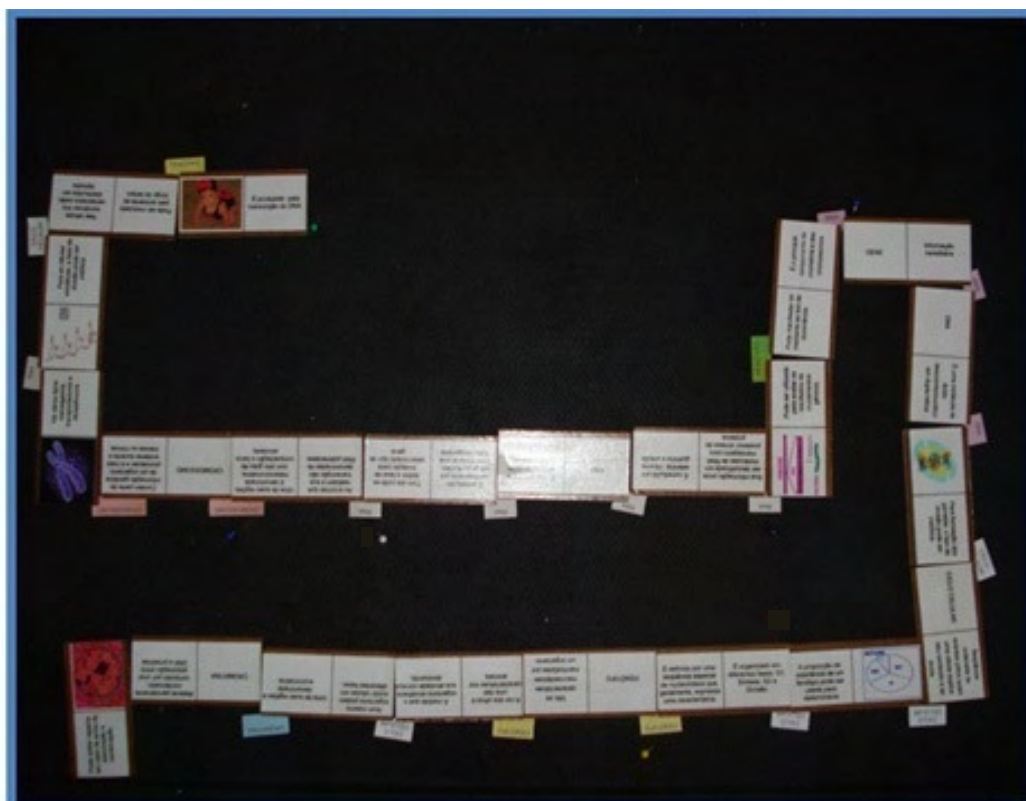


Figura 53 - Tabuleiro do grupo F (alunos da GRA de área específica da rede particular).



Figura 54 - Tabuleiro do grupo G (alunos da GRA da área específica da rede pública).

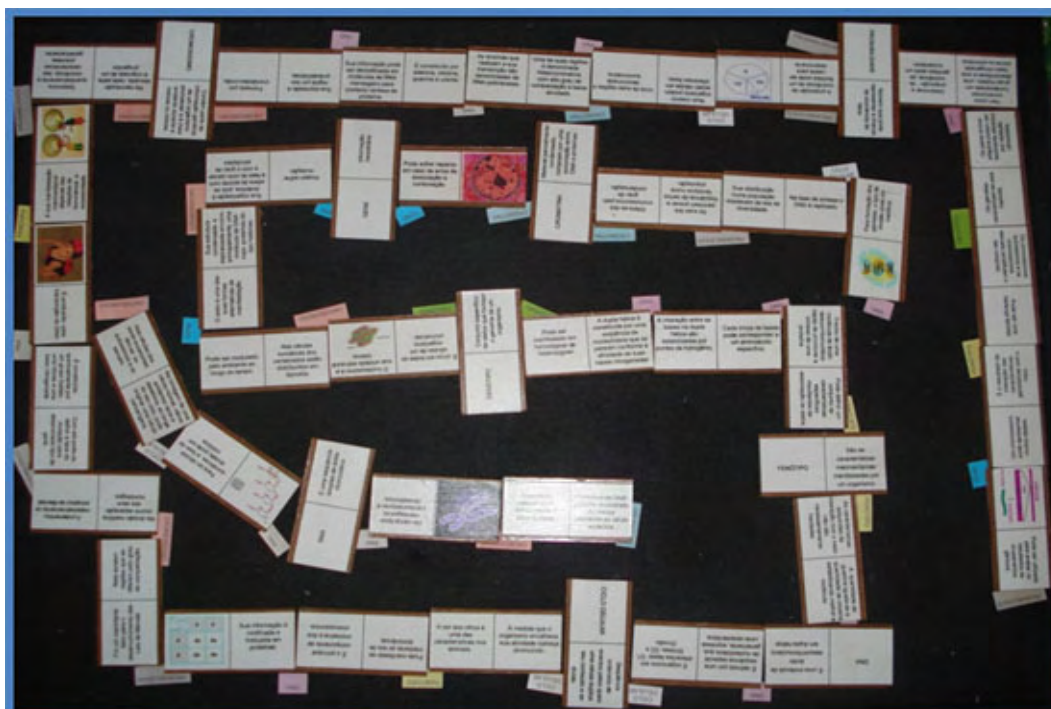


Figura 55 - Tabuleiro do grupo H (alunos da GRA da área específica da rede pública).

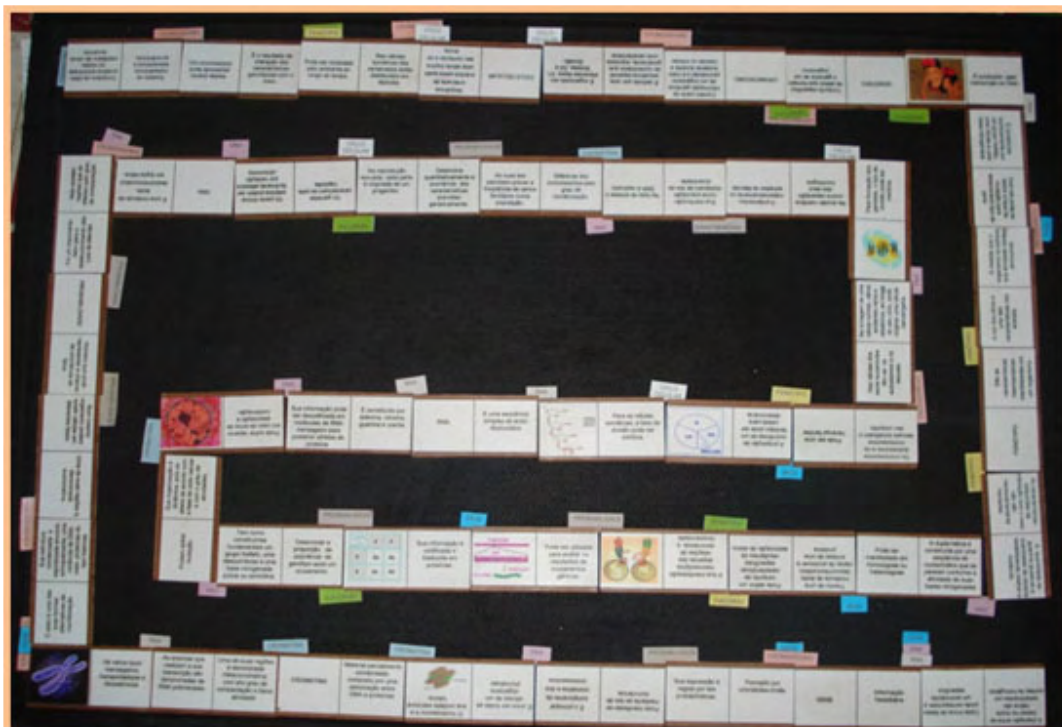


Figura 56 - Tabuleiro do grupo I (professores das IES).

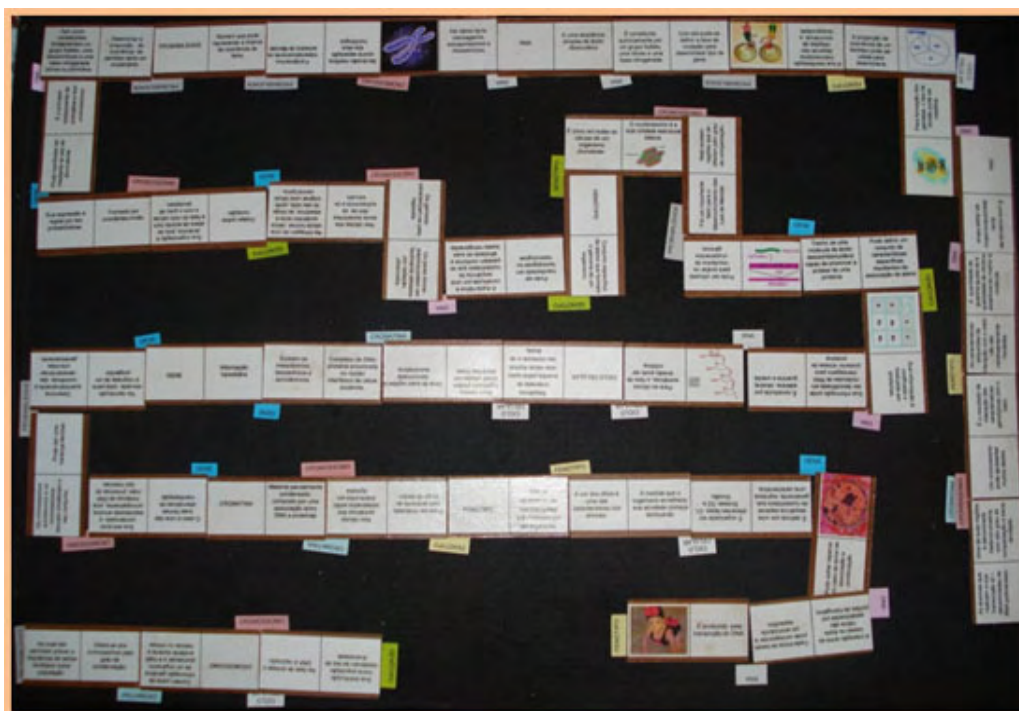


Figura 57 - Tabuleiro do grupo J (professores das IE).

APÊNDICE D – REGRAS DOS JOGOS

“TRINCA GENÉTICA”

Objetivo do jogo: Formar trincas (Palavra-Conceito-Imagem), necessariamente nesta ordem.

Material: 39 cartas (13 trincas) + 3 cartas-coringa (brancas). Cada carta, exceto as cartas-coringa, possui uma letra na parte superior esquerda, identificando P (palavra); C (conceito) e I (imagem).

Participantes: grupos com 4 ou 5 pessoas.

Como jogar:

- Ao receber o jogo, espalhar as cartas na mesa para conhecer as pedras do jogo. Após este momento, embaralhar e distribuir para cada jogador, aleatoriamente, 6 cartas (caso sejam 5 participantes) ou 9 cartas (caso sejam 4 participantes). As cartas restantes ficarão na mesa, voltadas para baixo.
- Antes de iniciar a jogada, cada jogador terá que observar as cartas e selecionar as possíveis trincas que serão formadas. Caso já tenha alguma trinca, esperar sua vez para colocá-la na mesa.
- O jogador iniciante será determinado pelo grupo e o sentido do jogo será da direita para a esquerda (sentido horário).
- O primeiro participante pega uma carta da mesa e descarta outra, sempre procurando a carta que formará a trinca desejada. Poderá descartar a carta de menor interesse.
- O jogador seguinte pegará a carta de interesse (seja a carta descartada pelo jogador anterior ou a carta votada para baixo) e descarta outra. Os outros participantes procederão da mesma forma. No entanto, nas jogadas seguintes cada jogador poderá escolher uma das três últimas cartas descartadas além da carta emborcada. Ao término das cartas emborcadas, retirar as três últimas e, com as demais, embaralhar e emborcar o montante para dar continuidade ao jogo.
- Cada trinca formada será avaliada pelo grupo e argumentada, caso não concordem com a trinca em questão. No entanto, é preciso convencer o jogador que lançou a trinca e este, por sua vez, convencer que sua trinca está correta. Sem argumentação, a trinca permanecerá na mesa como correta.
- Cada jogador que finalizar suas trincas sairá da jogada, porém não do jogo, pois continuará contribuindo com as suas argumentações a partir das trincas formadas pelos outros componentes do seu grupo.
- As cartas-coringa (brancas) só serão utilizadas em último caso, quando:

A carta desejada estiver ocupando lugar em outra trinca e, ao mesmo tempo, não tiver mais condições de trocar de trinca. É importante mostrar qual a carta que o coringa está substituindo.

- Depois que todos os participantes concluírem suas trincas terão que, juntos, verificar se as cartas que restaram na mesa formarão trincas corretas. Caso percebam que houve trocas poderão entrar no consenso e refazer as trincas trocadas, inclusive retirar as cartas-coringas.

“DOMINOGÊNEO”

Objetivo do jogo: Associar (numa seqüência lógica) todas as pedras do jogo, assim como o texto das pedras aos conceitos existentes no jogo.

Material: Tabuleiro de velcro; 45 pedras deDominogêneo”Dominogêneo” (feitas de madeira), entre as quais estão as 9 carroças do jogo, sendo representadas por palavras e conceitos; outras pedras menores representando 9 palavras (gene, genótipo, fenótipo, DNA, RNA, cromatina, cromossomo, ciclo celular e probabilidade) contendo 15 pedras cada, com um total de 135 pedras coloridas.

Participantes: grupos com 5 pessoas.

Como jogar:

- As pedras serão emborcadas e mexidas.
- Em seguida serão escolhidas, aleatoriamente, pelos componentes de cada grupo 4 pedras do jogo.
- As 25 pedras restantes ficarão voltadas para baixo no “dorme”.
- O jogador iniciante será determinado pelo grupo e o sentido do jogo será da direita para a esquerda (sentido horário). Cada jogador terá direito a uma jogada por rodada.
- Na seqüência do jogo, quem não tiver a pedra correspondente pegará aleatoriamente a pedra do “dorme” que, conseqüentemente, fará parte do seu jogo. Caso não corresponda a nenhuma das possibilidades, passará adiante.
- Em cada jogada de associação o grupo decidirá qual (is) o(s) conceito(s) correspondente(s) e colocará ao lado de cada associação (utilizando as pedras menores coloridas).
- Cada jogada poderá ser questionada e argumentada pelos componentes podendo ser convincente ou não.
- O componente que finalizar suas pedras, na próxima rodada pegará uma do “dorme”.
- Caso sobre alguma pedra no final do jogo, o grupo a colocará à parte, presa do tabuleiro. No entanto, se sobrar mais de uma, havendo possibilidade, elabore outra estratégia de jogo associando-as à parte, utilizando a mesma regra. A continuidade da seqüência dos jogadores determinará o início da jogada.
- Ao final do jogo não retirar nenhuma peça do lugar.

APÊNDICE E: REGISTROS DAS TRINCAS - GRA

Trinca/Grupo	Grupo F		Grupo G		Grupo H	
	Palavra	Conceito	Imagem	Conceito	Imagem	Conceito
Gene	Genótipo	Gene	Gene	Gene	Gene	Gene
Alelos	Gene	Alelos	Alelos	Alelos	Alelos	Alelos
Cromossomo	Cromossomo	Cromossomo	Cromossomo	Cromossomo	Cromatina	Cromossomo
C. homólogo	C. homólogo	C. homólogo	C. homólogo	C. homólogo	C. homólogo	C. homólogo
DNA	DNA	DNA	DNA	DNA	DNA	DNA
RNA	RNA	RNA	RNA	RNA	RNA	RNA
Cromatina	Cromatina	Cromatina	Cromatina	Cromatina	Cromossomo	Cromatina
Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo
Genótipo	Alelos	1ª Lei de Mendel	Genótipo	1ª Lei de Mendel	Genótipo	1ª Lei de Mendel
Ciclo celular	Ciclo celular	Ciclo celular	Ciclo celular	Ciclo celular	Ciclo celular	Ciclo celular
Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade
1ª Lei de Mendel	1ª Lei de Mendel	Genótipo	1ª Lei de Mendel	Genótipo	1ª Lei de Mendel	Genótipo
Proteína	Proteína	Proteína	Proteína	Proteína	Proteína	Proteína

Quadro 30 - Registro das trincas formadas pelos grupos da Graduação específica Faculdades Particulares e Federais.

Grupo E		
Palavra	Conceito	Imagem
Gene	Gene	Gene
G. Alelo	G. Alelos	G. Alelos
Cromossomo	C. Homólogo	Cromossomo
C. homólogo	Cromossomo	C. Homólogo
DNA	DNA	DNA
RNA	RNA	RNA
Cromatina	Cromatina	Cromatina
Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo
Genótipo	Genótipo	Genótipo
Ciclo celular	Ciclo celular	Ciclo celular
Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade
1ª Lei de Mendel	1ª Lei de Mendel	1ª Lei de Mendel
Proteína	Proteína	Proteína

Quadro 31 - Registros das trincas formadas pelo grupo E, alunos das diversas áreas do conhecimento.

APÊNDICE F - RESULTADOS POR GRUPO QUANTO AO JOGO “DOMINOGÊNEO”

Conceitos	Associação correta + conector						Associação incorreta + conector					
	C*		PC*		I*		C		PC		I	
	CD**	SD**	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD
Gene	2	3				1						
Cromossomo		3										
DNA		4										
RNA	1	3										
Cromatina	1	4				1						
Fenótipo	1	4										
Genótipo		1							1			
Ciclo celular		6										
Probabilidade		4										

*C, correta; PC, parcialmente correta; I, incorreta.

** CD, com discussão; SD, sem discussão

Quadro 32 - Categorias quanto à associação com os conectores do Jogo “Dominogêneo” do grupo A.

Conceitos	Associação correta + conector						Associação incorreta + conector					
	C*		PC*		I*		C		PC		I	
	CD**	SD**	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD
Gene		4										
Cromossomo		2							1			
DNA		2							2		2	
RNA		2		1					4			
Cromatina		2				1			1			
Fenótipo		3	1									
Genótipo				1					2			
Ciclo celular		6						1				1
Probabilidade		3										

*C, correta; PC, parcialmente correta; I, incorreta.

** CD, com discussão; SD, sem discussão

Quadro 33 - Categorias quanto à associação com os conectores do Jogo “Dominogêneo” do grupo D.

Conceitos	Associação correta + conector						Associação incorreta + conector					
	C*		PC*		I*		C		PC		I	
	CD**	SD**	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD
Gene	2	1							2	1		
Cromossomo		2				1						
DNA		3							1			
RNA		4										
Cromatina									1			
Fenótipo		4										
Genótipo	1	1										
Ciclo celular		5										
Probabilidade		5										

*C, correta; PC, parcialmente correta; I, incorreta.

** CD, com discussão; SD, sem discussão

Quadro 34 - Categorias quanto à associação com os conectores do Jogo “Dominogêneo” do grupo E.

Conceitos	Associação correta + conector						Associação incorreta + conector					
	C*		PC*		I*		C		PC		I	
	CD**	SD**	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD
Gene		-										
Cromossomo		1							1			
DNA		3										
RNA	1	3				1			1			
Cromatina		2										
Fenótipo		2								1		
Genótipo	1											
Ciclo celular		4								1		
Probabilidade		-										

*C, correta; PC, parcialmente correta; I, incorreta.

** CD, com discussão; SD, sem discussão

Quadro 35 - Categorias quanto à associação com os conectores do Jogo “Dominogêneo” do grupo F.

Conceitos	Associação correta + conector						Associação incorreta + conector					
	C*		PC*		I*		C		PC		I	
	CD**	SD**	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD
Gene	1	2		2								
Cromossomo	1	2								1	1	
DNA	2	3							1			
RNA	3	2										
Cromatina		3										
Fenótipo	1	3										
Genótipo	1	1		1								
Ciclo celular	1	5						1				
Probabilidade	1	3	1									

*C, correta; PC, parcialmente correta; I, incorreta.

** CD, com discussão; SD, sem discussão

Quadro 36 - Categorias quanto à associação com os conectores do Jogo “Dominogêneo” do grupo G.

Conceitos	Associação correta + conector						Associação incorreta + conector					
	C*		PC*		I*		C		PC		I	
	CD**	SD**	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD
Gene		4										
Cromossomo		3							1	2		
DNA		4				1				1		
RNA		5										
Cromatina		2										
Fenótipo	2	2										
Genótipo		4										
Ciclo celular	1	4										
Probabilidade		6										

*C, correta; PC, parcialmente correta; I, incorreta.

** CD, com discussão; SD, sem discussão

Quadro 37 - Categorias quanto à associação com os conectores do Jogo “Dominogêneo” do grupo H.

Conceitos	Associação correta + conector						Associação incorreta + conector					
	C*		PC*		I*		C		PC		I	
	CD**	SD**	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD
Gene		2										
Cromossomo	1	1							1	1		
DNA	1	5										
RNA		4										
Cromatina		3										
Fenótipo	1	1										
Genótipo				1								
Ciclo celular	1	1										
Probabilidade	1	5										

*C, correta; PC, parcialmente correta; I, incorreta.

** CD, com discussão; SD, sem discussão

Quadro 38 - Categorias quanto à associação com os conectores do Jogo “Dominogêneo” do grupo I.

Conceitos	Associação correta + conector						Associação incorreta + conector					
	C*		PC*		I*		C		PC		I	
	CD**	SD**	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD
Gene	1	3							2			
Cromossomo	1	2			1							
DNA		6										
RNA		4										
Cromatina	1								1			
Fenótipo	1	2										
Genótipo	1	3										
Ciclo celular	1	3										
Probabilidade		5										

*C, correta; PC, parcialmente correta; I, incorreta.

** CD, com discussão; SD, sem discussão

Quadro 39 - Categorias quanto à associação com os conectores do Jogo “Dominogêneo” do grupo J.

ANEXO

Normas para submissão de trabalhos (IENCI/EENCI)

Investigações em Ensino de Ciências é uma revista voltada exclusivamente para a pesquisa em ensino/aprendizagem de ciências (Física, Química, Biologia ou Ciências Naturais quando forem enfocadas de maneira integrada). O artigo deve ser enviado de **duas** formas:

1) por meio eletrônico para ienci@if.ufrgs.br, para a IENCI, ou eenci@if.ufrgs.br, para a EENCI. O artigo deve estar no formato .doc (compatível com Winword 97/2000/XP/2003) ou em formato RTF (Rich Text Format);

2) impresso (três cópias), acompanhado de uma breve mensagem de encaminhamento. Endereço para envio: Marco A. Moreira - Instituto de Física – UFRGS, Caixa Postal 15051, Campus do Vale, 91501-970 Porto Alegre/RS, Brasil.

A ordem de apresentação dos elementos iniciais do artigo e a formatação correspondente devem seguir o exemplo abaixo, ocupando apenas a primeira página:

TÍTULO ORIGINAL DO ARTIGO2[1]

Original title translated to English

(espaço em branco)

Nome do Primeiro Autor [emailautor1@nonono.nono.br]

Nome do Segundo Autor Quando Pertencente à Mesma Inst.

[emailautor2@nonono.nono.br]

Instituição a qual pertencem

Endereço da instituição

Nome do Terceiro Autor Pertencente à outra inst. [emailautor3@nonono.nono.br]

Instituição a qual pertence

Endereço da instituição

(espaço em branco)

Resumo

(espaço em branco)

Abstract

A segunda página do trabalho submetido deve ser uma cópia da primeira (em que aparece o título, resumo, abstract, etc.), porém sem dados que possam identificar o autor. A primeira página ficará com os editores e da segunda em diante, será enviada aos árbitros. Referências bibliográficas que permitam identificar os autores do trabalho devem ser substituídas pelo código: Autor X1... Autor Xn, onde 1 £ n £ número de citações distintas que permitem identificação. Tamanho da folha: A4; margens esquerda, direita, superior e inferior: 2,0 cm. Tabulação: 1,5 cm da margem esquerda; espaço entre linhas simples e após o parágrafo 10 pt. Em todo o texto: espaço entre linhas simples e após o parágrafo 10 pt (no Winword, estas opções são apresentadas no menu “Formatar => Parágrafo”); alinhamento do corpo do texto: justificado; fonte: Times New Roman 12 pt, para títulos e corpo de texto, e 10 pt para notas de rodapé e citações longas recuadas; as notas de rodapé devem ser numeradas continuamente e em algarismos arábicos. Tabelas, gráficos, figuras ou imagens devem ser inseridas no lugar apropriado do texto. Não é necessário enviá-las separado. A legenda das tabelas deve ser posta acima das mesmas e dos gráficos, imagens, e/ou figuras, abaixo. No final artigo deve constar uma lista completa das referências bibliográficas citadas ao longo do texto. Esta lista deve estar em ordem alfabética e seguir o modelo apresentado na seção “Referências bibliográficas” das presentes normas.

Considerações Gerais

Os editores se reservam o direito de devolver aos autores os trabalhos que não cumpram as normas editoriais estabelecidas; A contar da data de envio dos pareceres pela editoria, o autor

disporá de **40 dias** para atender e comentar as reformulações sugeridas pelos árbitros e/ou editores, especificando **detalhadamente** como **cada** sugestão foi ou não implementada. Estas modificações devem se restringir àquelas feitas pelos árbitros e/ou editores. Em situações que sem justificativa o autor demore mais de 40 dias para se manifestar, o artigo será descartado automaticamente. A revisão final do artigo, ficará a cargo dos autores. O periódico não se responsabiliza pela revisão gramatical dos trabalhos e nem pelas opiniões emitidas. A IENCI/EENCI não se reserva os direitos de publicação dos artigos, podendo os autores distribuir seu próprio material conforme desejarem desde que a referência completa ao trabalho publicado na revista seja realizada; Devido a sua gratuidade, a publicação na IENCI/EENCI, não fornece compensação financeira de qualquer espécie aos autores; Os leitores também podem reproduzir e distribuir os artigos da IENCI/EENCI desde que seja sem fins comerciais, não se façam alterações no conteúdo e se cite sua origem com informações completas: nome dos autores, nome da revista; volume, número e URL exato do documento citado.

Referências bibliográficas (texto para o link indicado anteriormente)

As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, por ordem alfabética do sobrenome do primeiro autor, segundo os exemplos abaixo. No corpo do texto, as citações devem ser feitas no formato autor-data, com apenas a primeira letra do sobrenome de cada autor em letra maiúscula. Ex.: (Campbell & Stanley, 1963, p. 176); “Segundo Vygotsky (2000)...”.

Para um, dois, três ou mais autores:

Um autor: Newton, I.

Dois ou três autores: Newton, I.; Darwin, C. R. & Maxwell, J. C.

Mais que três autores: Newton, I. et al. (no corpo do texto; na lista ao final do artigo devem aparecer sempre os nomes de todos os autores).

Periódicos impressos

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106-1

Periódicos eletrônicos

Mcdermott, L. C. (2000). Bridging the gap between teaching and learning: the role of physics education research in the preparation of teachers and majors. *Investigações em Ensino de Ciências*. Acesso em 10 jun., 2006,

http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n3/v5_n3_a1.htm.

Livros no todo

Feynman, R. (1967). *The character of physical law*. Cambridge: MIT Press.

Para capítulos de livros

Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In N. L. GAGE (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 171-246). Chicago: Rand McNally

Trabalhos publicados em atas de congressos, simpósios, etc.:

Costa, S. S. C., & Moreira, M. A. (2006). *Atualização da pesquisa em resolução de problemas: informações relevantes para o ensino de Física*. In: Moreira, M. A.

et al. (Ed.). I Encontro Estadual de Ensino de Física – RS, Porto Alegre: 2005. Atas... Porto Alegre: Instituto de Física, p. 153-167.

Para citações de outros tipos de documento, seguir as normas internacionais da APA 5th (<http://library.uww.edu/GUIDES/APACITE.htm>).