



**LUCIO ELY RIBEIRO SILVÉRIO**

**A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM GENÉTICA MENDELIANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Educação e Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Prof. Dra. Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli - Orientadora

**FLORIANÓPOLIS - SC  
AGOSTO DE 2005**

À minha irmã, Sandra (*In memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Agradecer é uma forma de reconhecer que sem ajuda este trabalho não seria possível. Por isso, gostaria de dizer que sou imensamente grato a todos que colaboraram de alguma forma para que ele se concretizasse.

Agradeço à professora Sylvia Maestrelli pela preciosa orientação. Seu conhecimento sobre genética, sua dedicação à pesquisa e ao ensino e suas palavras de ânimo foram estímulo e força no meu caminho.

Às amigas do NUEG, Nadir e Vivian, obrigado pela acolhida e pela experiência valiosa de vocês.

Aos professores e professoras do PPGECT/UFSC, minha gratidão pelo empenho, pela luta e pela qualidade do seu trabalho.

Aos colegas do Mestrado, sou grato pelas discussões acadêmicas. Nossa diversidade de formação acadêmica é que permitiu esta troca de experiências.

Aos companheiros da disciplina de Ciências e Biologia do Colégio de Aplicação/UFSC por "segurarem a onda" durante o meu afastamento. Obrigado Giselle, Ilca, Marcus Vinícius, Selma e Maria Helena.

Aos alunos do Colégio de Aplicação/UFSC (turmas 2003 e 2004) sou grato por aceitarem e participarem de minha pesquisa.

Agradeço principalmente a minha família, pela presença de vocês a meu lado e pela compreensão na ausência e no cansaço, na alegria e na tristeza. Obrigado Imara, Carolina e Mariana. Amo vocês.

Obrigado mamãe. Sem seu exemplo de luta, nada disso seria possível!

*Obrigado Senhor por me dar esta oportunidade. A todos eles retribuí com tuas bênçãos.*

Um professor em um bairro periférico de uma cidade americana, perguntou a um aluno negro: "*quantas pernas têm o gafanhoto?*" A criança olhou tristemente para o professor e respondeu: "*tomara que eu tivesse os mesmos problemas que o Senhor!*"

Claxton

Todo professor acaba aprendendo que os problemas que expõem aos seus alunos em sala de aula podem diferir consideravelmente dos que eles próprios se colocam fora da classe.

Pozo

## RESUMO

A resolução de problemas é uma das estratégias de ensino mais utilizadas nas aulas de genética no Ensino Médio. Este tipo de atividade pode favorecer a compreensão da estrutura conceitual da genética e ajudar a desenvolver habilidades importantes como a interpretação de dados e a análise de procedimentos e resultados em um problema, além de competências específicas como a aplicação de algoritmos adequados na solução de um problema de genética. Embora pareça haver concordância na literatura quanto à importância desta estratégia, o que se percebe no cotidiano das aulas é que os alunos cometem muitos erros e têm dificuldades em executar esta tarefa que, em geral, ainda é usada como forma de avaliar seu conhecimento sobre este conteúdo. Com este trabalho investiguei aspectos da relação entre resolução de problemas de lápis e papel e aplicação de conceitos em genética mendeliana por alunos do Ensino Médio. O estudo foi realizado através de questionário e entrevista semi-estruturada com alunos de uma escola pública de Florianópolis-SC. As estratégias de resolução, a aplicação de conceitos envolvendo meiose, formação de gametas, localização e segregação de alelos e as dificuldades na resolução de diferentes problemas de genética foram identificados e analisados. Os resultados obtidos a partir da interação entre as respostas ao questionário e as entrevistas feitas com os alunos indicam o uso de recursos algorítmicos como a principal estratégia de resolução dos problemas, muitas vezes sem a devida compreensão sobre o contexto e o motivo para usá-los. Os resultados indicaram também que os alunos aplicam determinados conceitos básicos mais por força da memorização de suas definições do que pela compreensão de seu significado. Isto mostra que existe uma razoável distância entre os conhecimentos procedimentais e

conceituais na resolução de problemas nesta área, limitando a capacidade do aluno aprender genética de forma significativa a partir desta estratégia. As dificuldades identificadas são bem diversas e poderiam ser resumidas da seguinte forma: aquelas ligadas à cognição do aluno, suas concepções alternativas e seu domínio conceitual; as que dizem respeito à maneira como o professor organiza e executa esta atividade, privilegiando determinados tipos de problemas e suas estratégias de resolução; e finalmente as dificuldades relativas à estrutura curricular e objetivos da genética no Ensino Médio. Em função disto, proponho algumas alternativas pedagógicas como forma de colaborar para maior interação entre a metodologia empregada na atividade e a proposta de problemas que associem domínio conceitual e procedimental, levando em conta os conhecimentos prévios que o aluno já possui.

**Palavras-chave:** Resolução de problemas. Conceitos básicos em genética. Tipos de problemas em genética.

## ABSTRACT

Solving problems is one of the most common strategies in genetics classes in high schools. This kind of activity can improve the comprehension of the conceptual framework of genetics and also help to develop important abilities, such as the interpretation of data and the analysis of procedures and results connected with a problem, as well as specific competences, such as the use of appropriate algorithms for the solution of a genetics problem. Although there seems to be an agreement in the literature on the importance of this strategy, it is noticeable, during the running of classes, that the students make a lot of mistakes and have difficulty carrying out this task, which is, in general, still used to evaluate their knowledge about this subject. In this work, I investigated aspects of the relationship between solving school problems and the application of concepts in Mendel's genetics by high school students. The study was developed through a questionnaire and a semi-structured interview with students of a public school in Florianópolis – SC, Brazil. The solution strategies, the application of concepts involving meiosis, formation of gametes, localization and segregation of alleles, and the difficulties involved in solving different problems in genetics were identified and analyzed. The results of the interaction between the answers to the questionnaires and the interviews with the students indicated the use of algorithms as the main strategy for solving problems, usually without the appropriate comprehension of the context and the reason for using them. The results also indicated that the students use certain basic concepts by memorizing the definitions rather than understanding their meanings. This shows that there is a considerable distance between the knowledge about procedures and the concepts about solving problems in this area, limiting the student's capacity to the learning of



genetics in a significant way with this strategy. The difficulties which were identified were very diverse, and could be summarized in the following way: the difficulties concerning the student's cognition, his alternative conceptions and his knowledge of the concepts; the difficulties concerning the way the teacher organizes and executes this activity, giving more importance to certain kinds of problems and their solution strategies; and, finally, the difficulties concerning the curriculum's framework and the objectives of genetics in high school. I therefore propose some pedagogical alternatives in order to facilitate a greater interaction between the methodology used in the activity and the proposal of problems which are associated to a full knowledge of concepts and procedures, considering the student's previous knowledge.

**Key Words:** Solving problems. Basic concepts in genetics. Types of problems in genetics.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Representação do diagrama de Punnett .....	44
Figura 2 - Exemplo de desenho do grupo B da Questão 5 .....	112
Figura 3 - Exemplos de desenhos do grupo B da Questão 6 e 7 .....	113
Figura 4 - Exemplo de desenho do grupo C da Questão 5 .....	113
Figura 5 - Exemplo de desenho do grupo C da Questão 6 .....	114
Figura 6 - Exemplo de desenho do grupo C da Questão 7 .....	114
Figura 7 - Exemplo de desenho do grupo "Outros desenhos" .....	114

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Questão 1: Distribuição das respostas por alunos .....	72
Gráfico 2 - Questão 2: Distribuição das respostas por alunos .....	73
Gráfico 3 - Questão 3: Distribuição das respostas por número de alunos .....	75
Gráfico 4 - Questão 4a: Distribuição das respostas por número de alunos .....	77
Gráfico 5 - Questão 4b: Distribuição das respostas por número de alunos .....	78
Gráfico 6 - Questão 4c: Distribuição das respostas por número de alunos .....	79
Gráfico 7 - Questão 5a: Distribuição das respostas por número de alunos .....	82
Gráfico 8 - Questão 5b: Distribuição das respostas por número de alunos .....	85
Gráfico 9 - Questão 6a: Distribuição das respostas por número de alunos .....	90
Gráfico 10 - Questão 6b: Distribuição das respostas por número de alunos .....	90
Gráfico 11 - Questão 7a: Distribuição das respostas por número de alunos .....	97
Gráfico 12 - Questão 7b: Distribuição das respostas por número de alunos .....	98
Gráfico 13 - Resultado numérico das respostas ao questionário .....	102
Gráfico 14 - Resultado numérico das respostas por acertos nas questões .....	102

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I - A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM CIÊNCIAS .....</b>	<b>22</b>
1.1 - Compreendendo a atividade .....	23
1.2 - Resolver problemas: uma habilidade geral ou um processo específico de ensino-aprendizagem .....	27
<b>CAPÍTULO II - A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM GENÉTICA .....</b>	<b>34</b>
2.1 - Dificuldades na resolução de problemas em genética .....	36
2.1.1 - Aplicação de conceitos e resolução de problemas .....	39
2.1.2 - Tipos de problemas e estratégias de resolução .....	46
<b>CAPÍTULO III - ANALISANDO A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM GENÉTICA: CAMINHOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>55</b>
3.1 - O contexto da pesquisa e a população pesquisada .....	55
3.2 - A coleta de dados .....	58
3.3 - O questionário .....	60
3.4 - A entrevista .....	63
3.5 - A análise dos dados .....	67
<b>CAPÍTULO IV - ANALISANDO A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM GENÉTICA: A RESPOSTA DOS ALUNOS.....</b>	<b>71</b>
4.1 - Resolvendo problemas: como respondem e o que dizem os alunos .....	72
<b>CAPÍTULO V - DISCUTINDO A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM GENÉTICA: DO REAL AO POSSÍVEL .....</b>	<b>104</b>
5.1 - Aplicação de conceitos, tipos de problemas e estratégias de resolução: dificuldades identificadas .....	105
5.2 - Considerações finais sobre o assunto .....	119

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	126
<b>ANEXOS</b> .....	129
Anexo 1 - Modelo do Questionário-Piloto.....	129
Anexo 2 – Modelo do Questionário .....	132
Anexo 3 - Tabelas de Resultados do Questionário dos Alunos .....	134
Anexo 4 - Roteiros das Entrevistas .....	140
Anexo 5 - Transcrição das Entrevistas .....	143
Anexo 6 - Questionário dos Alunos Entrevistados .....	151

## INTRODUÇÃO

Era fevereiro de 1984 quando entrei pela primeira vez em uma sala de aula de uma escola pública de Florianópolis na qualidade de professor. Não me lembro bem o que aconteceu e talvez nem soubesse direito o que deveria fazer, pois não tinha formação específica para a função, era um jovem estudante de graduação em Ciências Biológicas na UFSC. E lá se foram mais de vinte anos repetindo este gesto, ano a ano.

Escolas? Foram várias. Todas públicas. Séries, turmas, colegas, reuniões pedagógicas, de pais, assembléias. Livros, trabalhos, provas, exercícios, sinal de entrada e de saída. Quadro e giz. Fragmentos de muitas experiências vividas. Alunos e alunas. Rostos dos quais me lembro pouco, mas que marcaram minha história de vida pessoal e profissional.

Esta não foi a experiência mais profunda de minha vida, mas com certeza foi uma das mais significativas. Afinal, o conjunto destes fragmentos de vida me trouxe até aqui. Embora já tenha trabalhado em outras áreas profissionais, percebo que o magistério se revelou como o ambiente no qual posso realizar melhor minhas potencialidades, aprimorar meu fazer profissional e engrandecer minha alma.

Realizar-se neste caminho não é uma tarefa fácil. Existem dificuldades, limites claros, renúncias. Muitas vezes, parece melhor deixar tudo como está e esperar o tempo passar. Mas existem opções, amizades e o desafio. O desafio dos rostos das crianças, jovens e adultos que buscam crescer, aprender e tornar sua vida melhor, estudando. Estudar biologia pode ser uma forma de tornar mais próximo este anseio. Neste ponto, o meu desafio pessoal se associa ao projeto de vida destas pessoas.

Finalizar este estudo se constituiu em um grande desafio para mim. Como professor de biologia, percebi que é preciso investir em um ensino significativo para os alunos, se me proponho a colaborar na sua formação como pessoa e como cidadão.

Procurei, então, entender qual a melhor forma de tornar útil meu esforço de qualificação profissional e decidi estudar a problemática de uma estratégia de ensino comum entre professores de biologia do Ensino Médio, mas que representa um desafio para os professores e, às vezes, um obstáculo para os alunos: *a resolução de problemas em genética*.

Aos poucos fui percebendo que esta estratégia precisa ser olhada a partir de um contexto mais amplo que é a educação científica e tecnológica de nossos jovens. Assim, bati às portas do mestrado em Educação Científica e Tecnológica da UFSC. Sem muita experiência em pesquisas educacionais, mas com a cabeça repleta de perguntas e idéias. Para algumas delas encontrei resposta ao longo do curso, outras carreguei comigo para, quem sabe, encontrá-las mais adiante. Estes foram alguns dos fatores que motivaram o desenvolvimento desta pesquisa e a busca de novas respostas para antigas perguntas.

Durante meus estudos tive a oportunidade de perceber melhor o vínculo que existe entre uma estratégia de ensino experimentada nas aulas de biologia - resolução de problemas - e o cotidiano dos jovens que freqüentam estas aulas, com suas preocupações, seus próprios desafios e suas expectativas. Por isso, penso ser necessário apresentar um pouco deste contexto de forma a explicitar melhor a ligação entre uma coisa e outra.

Nos últimos cinquenta anos foi possível perceber o extraordinário desenvolvimento dos conhecimentos e tecnologias biológicas, em particular no campo da Genética. De forma direta ou indireta, os avanços científicos provocam impacto e modificam o comportamento das pessoas, despertando novas formas de entender o meio ambiente e a própria pessoa humana. Ao mesmo tempo em que encontra respostas a antigos problemas através dos avanços científicos e tecnológicos, a evolução do produto científico e tecnológico gera novas situações que afetam a estrutura da sociedade atual e questionam suas fronteiras éticas.

Hoje, em supermercados de grandes centros urbanos, já é possível ter acesso a alimentos derivados de organismos geneticamente modificados. Entre eles existem alguns tipos de queijo, extrato de tomate e produtos que contém farinha de soja transgênica. Produtos farmacêuticos e remédios, como insulina e hormônios de crescimento, são obtidos através de técnicas de engenharia genética. A identificação de pessoas e outros seres vivos, a partir da análise de seu DNA, tornou-se uma ferramenta preciosa em casos de investigações criminais, esclarecimento de paternidade ou até mesmo nos estudos sobre evolução de seres vivos. O Projeto Genoma Humano apresentou ao mundo o seqüenciamento genético humano, resultado de um amplo esforço científico coletivo.

Frente à constante exposição a temas como estes, que envolvem aplicações do produto científico ou de suas tecnologias, as pessoas precisam ser capazes de

tomar decisões em seu cotidiano que podem afetar sua saúde e o meio ambiente. Estas decisões envolvem questões morais e éticas para as quais não estão necessariamente preparadas.

É neste contexto que vivem e crescem os jovens estudantes de nossas cidades, para os quais estas e outras questões podem passar despercebidas. No entanto, cada vez mais precocemente, se exige que eles tomem decisões pessoais sobre questões científicas, sociais e éticas. Estas decisões poderão afetar suas vidas, as futuras gerações e o planeta como um todo. O contato diário com este mundo globalizado, que produz e transfere enorme quantidade de informações que não são refletidas através do seu senso crítico, pode gerar o sentimento de insegurança e promover a apatia ao invés de estimular o conhecimento.

Um dos elementos culturais que pode interferir na formação desses jovens, direcionar sua qualificação intelectual e amadurecimento emocional é a educação. A educação pode favorecer o posicionamento crítico frente a estes desafios e a tomada de decisões adequadas às diversas situações que o jovem deve enfrentar. Neste contexto especialmente, mas não exclusivamente, a educação relacionada à formação científica e tecnológica tem papel relevante.

Mais recentemente, a educação científica e tecnológica vem procurando incorporar reflexões que nascem da filosofia e da história da ciência. Neste terreno é possível entender e explicar a Ciência enquanto construção humana, produto de um processo histórico e social que causa impactos em nosso cotidiano. A filosofia e história da ciência podem contextualizar os avanços científicos e explicitar seu perfil epistemológico. Podem, ainda, ajudar a estabelecer as relações evolutivas entre passado, presente e futuro da Ciência, fundamentando um debate com a sociedade sobre esta perspectiva.

Entendida como uma das disciplinas onde estas reflexões podem ser sistematizadas no cenário educativo, a biologia no Ensino Médio pode contribuir significativamente para a alfabetização científica e tecnológica dos jovens.

Entre os conteúdos de biologia, a genética pode colaborar na formação de um sujeito social mais crítico, autônomo e comprometido com sua cidadania, interferindo diretamente em sua forma de participar na sociedade. Para entender o avanço das inovações científicas e tecnológicas é necessário um certo grau de alfabetização científica, que estabeleça um compromisso com a cidadania e permita a participação ativa do indivíduo na sociedade (Wood-Robinson et al., 1998).



Entre os documentos oficiais que orientam a educação brasileira, os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2000) enfatizam a importância do conhecimento acerca dos mecanismos genéticos, objetivando uma compreensão mínima dos mecanismos de hereditariedade e da biotecnologia contemporânea. Assim, no processo de ensino-aprendizagem em genética básica o aluno vai obtendo subsídios para conhecer melhor seu corpo, sua hereditariedade e os processos essenciais dos mecanismos de transmissão das características dos seres vivos.

Algumas pesquisas destacam que a genética é um dos temas mais estudados na biologia pela sua importância e por se constituir em uma área de rápida expansão, com implicações econômicas, éticas e sociais (Finley et al., 1982). Os resultados de diversos trabalhos realizados em ensino de genética têm mostrado a necessidade de se investigar com maior profundidade, a didática da biologia em geral e da genética em particular (Bugallo Rodríguez, 1995).

Neste sentido, este trabalho pretende subsidiar a educação científica ao tratar de um assunto relevante no ensino-aprendizagem de genética no Ensino Médio: a *resolução de problemas*.

No cotidiano das aulas de genética a resolução de problemas é uma das estratégias de ensino mais utilizadas. Segundo um estudo conduzido por Bugallo Rodríguez (1995), os maiores esforços de investigação em didática da genética, durante a última década, têm se concentrado no estudo das relações entre o conhecimento conceitual e as estratégias de resolução de problemas. Desta forma, é preciso entender como este fenômeno se organiza localmente, estudando os modelos empregados pelos alunos e as dificuldades para resolver estes problemas.

Ayuso et al. (1996) consideram necessário aprofundar o estudo sobre o fenômeno da resolução de problemas em genética. Estes autores crêem ser possível um salto qualitativo nos tipos de problemas que são propostos aos estudantes em classe, para que possam ser capazes de resolvê-los compreendendo os conceitos aplicados, aprendendo simultaneamente a solucionar outras situações problemáticas cotidianas e a desenvolver idéias mais adequadas sobre a ciência.

De forma geral, em minha pesquisa investigarei aspectos da relação entre a resolução de problemas de lápis e papel e a aplicação de conceitos em genética mendeliana por alunos do Ensino Médio.

Nesta direção, as perguntas que impulsionam minha investigação são as seguintes:

***Quais as estratégias que os alunos do Ensino Médio utilizam na resolução de problemas em genética mendeliana e como elas se relacionam com os conceitos básicos nesta área? Quais as dificuldades que enfrentam neste processo?***

Desta forma, pretendo identificar os passos dados pelos estudantes para resolver problemas próprios da genética, estudar sua relação com os conhecimentos conceituais construídos por eles e usados para justificar a resolução de problemas, de modo a poder indicar alternativas pedagógicas para superar as dificuldades localizadas neste processo.

Em função disto, estabeleci como *objetivos* para este estudo:

- **Identificar as estratégias usadas pelos alunos para resolver problemas próprios da genética mendeliana;**
- **Verificar de que maneira eles aplicam os conhecimentos conceituais de meiose, formação de gametas, localização e segregação de alelos na resolução de diferentes tipos de problemas;**
- **Apontar as dificuldades apresentadas pelos alunos no processo de resolução;**
- **Sugerir alternativas pedagógicas que ajudem a superar as principais dificuldades encontradas na execução deste tipo de atividade.**

Por que penso em estudar este processo especificamente?

Porque ele está diretamente ligado a minha prática pedagógica. Percebo, no ensino de genética, a necessidade de aplicar criteriosamente estratégias que facilitem a compreensão de seus conceitos e capacitem o aluno a compreender os problemas que resolvem nesta disciplina.

Muitas vezes o uso de fórmulas, equações matemáticas e esquemas - como o quadrado de Punnett - permite que o aluno resolva questões básicas de genética sem ter pleno domínio dos conceitos envolvidos. É comum entre os alunos do Ensino Médio, especialmente vestibulandos, apresentarem maior interesse em memorizar grande quantidade de conceitos do que em compreender seus significados, imaginando terem maior chance de aprovação no vestibular. Isto transforma o processo de aprendizagem em uma tarefa desestimulante e pouco criativa (Marrero e Maestrelli, 2001).

Em paralelo, quando o livro didático está presente na escola, torna-se a maior fonte de referência para o aluno. Muitos livros apresentam o conteúdo de genética desvinculado de outros assuntos, não estimulando o aluno a perceber as relações existentes entre diferentes conceitos.

Em função da organização curricular de muitas escolas, é comum aprender genética como conteúdo isolado de outras áreas da biologia. Sem estabelecer conexões com assuntos ensinados em séries anteriores, muitos professores de genética se limitam a descrever determinados padrões de herança, desconsiderando as concepções alternativas que os alunos trazem para a escola e os pré-requisitos para aprendizagem de novos conceitos.

Estas situações, além de reforçarem uma visão dogmática da ciência, contribuem para a passividade do aluno e transformam o ensino de biologia em uma listagem de conceitos e tópicos desvinculados uns dos outros (Maciel et al., 2000).

Como professor de biologia, acreditava que a repetição de determinado conteúdo, apresentando suas regras e introduzindo uma noção elementar de estatística aplicada à genética, seria suficiente para que o aluno pudesse integrar tais conhecimentos a seus saberes. Na época não percebia a importância e o papel que as concepções alternativas dos alunos assumem neste cenário, nem como determinada organização curricular e didática pode ser determinante neste processo. Hoje, penso que sem levar em conta tais fatores, o ensino de genética e, mais especificamente a resolução de problemas escolares, pode se configurar como um verdadeiro obstáculo pedagógico a um ensino significativo e contextualizado de biologia.

Na genética, a resolução de problemas constitui-se em uma estratégia pedagógica importante para transpor conceitos e definições teóricas em situações de aprendizagem concreta. O erro do aluno e sua retificação fazem parte do caminho de construção deste conhecimento. É importante, então, pensar em uma didática que trabalhe na direção da valorização do esforço do aluno e, a partir de suas concepções espontâneas, encontre maneiras de contornar os obstáculos pedagógicos que se interpõem à aquisição do conhecimento em genética e auxilie no desenvolvimento cognitivo dos jovens.

Com o passar do tempo percebi que meu propósito não deve ser o de levar o aluno a adquirir informações factuais sobre genética, mas ajudá-lo a mobilizar esquemas cognitivos que o permitam formular e responder questões, relacionar

informações, sintetizar conhecimentos e aplicá-los nas condições em que eles forem requeridos.

Investigar a resolução de problemas pode ser uma maneira de contribuir para que esta atividade motive a aprendizagem de conceitos e de temas relacionados à genética no Ensino Médio. Compreender as dificuldades dos alunos ao resolverem situações problemáticas, através da identificação das estratégias que adotam para solucionar os problemas e como aplicam conhecimentos conceituais de genética, permitirá indicar alternativas pedagógicas mais específicas e eficazes no tratamento da questão.

Organizei minha pesquisa, articulando os cinco capítulos que a compõe, da seguinte maneira:

- O **primeiro capítulo** introduz o assunto e trata das considerações gerais sobre a resolução de problemas no ensino de ciências. Nele, apresento as principais características desta atividade e discuto a resolução de problemas como uma habilidade geral ou como um processo específico de ensino-aprendizagem.
- O **segundo capítulo** aborda a resolução de problemas em genética mendeliana. A partir de uma revisão bibliográfica sobre o assunto, enfoco as dificuldades específicas da resolução de problemas nesta área, dando destaque àquelas relacionadas aos conhecimentos conceituais e ao enfoque dos problemas e estratégias de resolução em genética.
- O **terceiro capítulo** refaz o caminho metodológico, apresentando a composição da população estudada, a elaboração e aplicação dos instrumentos de coleta dos dados. Esta parte é concluída com a organização das informações obtidas através da análise dos dados.
- O **quarto capítulo** é composto pela apresentação dos resultados da pesquisa. Os resultados são mostrados com o auxílio de gráficos, complementados pela transcrição de partes importantes de entrevistas realizadas com uma amostra dos alunos pesquisados.
- O **quinto capítulo** trata da discussão dos resultados obtidos na pesquisa e das considerações finais sobre o assunto. Nele, considerando os objetivos propostos inicialmente, faço observações sobre as informações obtidas e a atividade estudada para propor alternativas pedagógicas neste contexto.

Este trabalho se encerra com as referências bibliográficas citadas e os seguintes documentos anexados para eventual consulta: (1) modelo do questionário-piloto; (2) modelo do questionário; (3) tabelas de resultados do questionário dos alunos; (4) roteiros das entrevistas; (5) transcrição das entrevistas e (6) questionário dos alunos entrevistados.

## CAPÍTULO I

### A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM CIÊNCIAS

Proporcionar ao educando a apropriação crítica do conhecimento científico é um dos objetivos educacionais mais almejados na área de ensino de ciências. No entanto, superar o uso de estratégias de ensino consolidadas na transmissão e acumulação de conhecimentos não é uma tarefa muito simples.

Solucionar problemas como forma de ensinar ciências na escola pode se apresentar como uma alternativa metodológica interessante neste contexto. Esta atividade pode despertar o interesse do aluno, desenvolver sua criatividade e seu raciocínio; além de estimular associações com diversos tipos de conhecimentos, escolares ou não. É em busca destes princípios que disciplinas do Ensino Médio como a física, matemática, química e biologia, lançam mão desta valiosa estratégia de ensino. Para diversos autores, citados por Sigüenza Molina e Sáez (1990), a resolução de problemas é um processo chave na educação e um componente vital no ensino de ciências.

Assim sendo, a resolução de problemas (RP) precisa se transformar em objeto de estudo da prática docente. A interface ensino-aprendizagem exige que o professor dimensione esta atividade com cuidado necessário para permitir que o aluno resolva problemas de forma mais compreensível. Sem uma didática organizada para promover o conhecimento procedimental e conceitual, o aluno não terá êxito neste processo.

Sob determinado ponto de vista, o ensino-aprendizagem baseado na RP deve preconizar o domínio de competências, construídas a partir da utilização dos conhecimentos prévios dos alunos, para dar resposta a situações variáveis e diferentes que ele encontra na escola e no cotidiano.

Vinculadas a esta realidade, encontram-se perguntas complexas que se transformam em desafios de pesquisa, dirigidos às áreas de ensino de ciências que utilizam a RP como estratégia. Que fatores estão envolvidos na organização desta atividade? Em que medida ela está vinculada a habilidades gerais e a competências específicas em cada disciplina? Resolver problemas escolares poderia ajudar o aluno a resolver situações problemáticas cotidianas?

Neste capítulo apresento o cenário das pesquisas relacionadas a esta atividade e discuto as questões levantadas acima, com o objetivo de ajudar a refletir sobre esta perspectiva educacional.

### 1.1 - Compreendendo a atividade

Quando propõe um problema em sala de aula, o professor parece ter clareza que este problema, em geral extraído de um livro didático, é relevante e significativo para o conteúdo que leciona. Ocorre que, para certa parte dos alunos ele não é reconhecido como tal, pois estes sequer entendem seu enunciado; para outros, a mesma situação proposta pelo problema se mostra simples e corriqueira, não estimulando sua resolução. Desta forma, dependendo da concepção que se tem acerca do significado de um problema e do tipo de problema que deve ser proposto no ensino de um conteúdo, teremos determinada reação da parte dos alunos.

Genericamente, é preciso ter em mente que a RP em ciências está vinculada a muitos fatores que interferem diretamente sobre seu sucesso. Segundo Pozo (1998), tais fatores envolveriam:

- *Atitudes ou disposições internas*, ligadas às reações e condições psicológicas do aluno ao deparar-se com o problema, considerando se é significativo para ele, se tem habilidade para resolvê-lo, se está familiarizado com este tipo de problema;
- Ensino de *procedimentos* que estão associados com a mecânica de resolução (heurística), aplicação de algoritmos (regras práticas ou fórmulas), distinção entre as diversas estratégias de resolução possíveis;
- Ensino de *conteúdos conceituais*, que englobam os conhecimentos do aluno sobre determinados conceitos, aplicação de teorias e/ou leis implícitas ou explícitas na solução, relação entre os distintos conceitos ligados ao problema proposto.

Costa e Moreira (1997a), em uma extensa revisão bibliográfica sobre a RP em ciências, destacam outros fatores que influenciam esta atividade em sala de aula. Estes fatores estão ligados diretamente ao comportamento do aluno frente à atividade proposta. Entre eles aparecem:

- *dificuldades em interpretar o problema*, envolvendo o conhecimento semântico e específico do enunciado;

- *dificuldades em utilizar conceitos e articular instrumentos de resolução*, relacionados com um ensino dissociado da prática de promover o conhecimento conceitual junto com o procedimental;
- *a organização do conhecimento na memória de longo prazo de forma hierarquizada*;
- *e a tendência à aplicação de fórmulas*.

Penso que as dificuldades para resolver determinados problemas de ciências estão relacionadas a algum dos fatores mencionados anteriormente, com preponderância em um deles ou na interação de diferentes níveis entre eles. Pozo (1998) afirma que procedimentos, sejam habilidades ou estratégias, se aplicam a conteúdos conceituais que, se não forem compreendidos pelos alunos, impossibilitam que estes reconheçam na tarefa um problema, tornando a atividade um mero exercício de aplicação de rotinas aprendidas por repetição e automatizadas. Se o aluno não raciocinar sobre o que está fazendo, dificilmente conseguirá generalizar este conhecimento e, por conseguinte, transferi-lo para novas situações, sejam escolares ou cotidianas.

Desta forma, para compreender melhor a atividade de RP em sala de aula, é preciso refletir sobre a diferença entre o que se propõe como sendo um "problema" e aquilo que se executa como um mero "exercício". Do ponto de vista das estratégias de ensino, esta diferenciação faz sentido, tendo em vista os objetivos que se pretende alcançar com a atividade. Um fator complicador é que, muitas vezes, a definição do termo problema ou exercício se confunde com a própria atividade de resolver o problema ou o exercício, com fronteiras não muito nítidas entre eles.

Existem diversas formas e diferentes autores para definir o termo *problema* ou a atividade de resolver problemas. Lester (1983, apud Pozo, 1998, p. 15) define um problema como "uma situação que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido e direto que o leve à solução". Com esta definição genérica concordam muitos autores, com acomodação de termos que variam em função do objetivo da definição e da área considerada.

Outros autores, entretanto, preferem trabalhar com uma definição de problema bem mais específica, que em alguns casos está associado a uma determinada situação, como veremos a seguir:



Pensamos que o problema [...] pode ser definido como uma situação, cuja solução requer que o sujeito analise fatos e desenvolva, logicamente, uma estratégia que lhe permita obter dados (sejam numéricos ou não), processar estes dados (relacioná-los entre si e com os fatos), interpretá-los e chegar a uma conclusão (resposta). (Sigüenza Molina & Sáez, 1990, p. 225, tradução nossa)

Diferentemente de um exercício, um problema seria uma situação para a qual não dispomos de procedimentos automáticos que permitam solucioná-la de forma imediata. Ele exige, de alguma forma, um processo de reflexão ou de tomada de decisões sobre a seqüência de passos a seguir. Um exercício, em comparação a um problema, poderia ser entendido como afirma Pozo (1998, p. 16): "um problema se diferencia de um exercício na medida em que, neste último caso, dispomos e utilizamos mecanismos que nos levam, de forma imediata, à solução".

Sigüenza Molina e Sáez (1990) argumentam que, partindo desta lógica, uma situação que se proponha como um problema, não pode ser resolvida somente pela memória ou pela aplicação de um único algoritmo. Ela será definida pelo processo de resolução que o aluno deverá seguir para alcançar a resposta e não pelo grau de dificuldade que represente para ele.

Por isso, acredito ser possível que uma determinada situação represente um problema para um aluno e não passe apenas de um exercício para outro, se consegue resolvê-la com um investimento mínimo de recursos cognitivos, reduzindo a situação à aplicação de rotinas automatizadas. Este aspecto está também ligado à forma como o aluno percebe sua funcionalidade dentro da aprendizagem, à maneira como o professor apresenta a situação, orienta sua solução e a avalia. Concordo com as palavras de Pozo (1998, p. 17) quando afirma sobre esta situação:

Não é possível determinar, em geral, se uma tarefa escolar determinada é um exercício ou um problema; isto depende não somente da experiência e dos conhecimentos prévios de quem a executa, mas também dos objetivos que estabelece enquanto a realiza. Quando a prática nos proporcionar a solução direta e eficaz para a solução de um problema, escolar ou pessoal, acabaremos aplicando essa solução rotineiramente, e a tarefa servirá, simplesmente, para exercitar habilidades já adquiridas.

Desta forma, considero que deva existir uma continuidade pedagógica entre situações que o professor propõe como exercícios e aquelas consideradas como problemas, mesmo que a fronteira entre elas nem sempre seja nítida. Parece importante que fique clara nas atividades de aula a distinção entre eles, com o aluno sabendo que a tarefa de resolver um problema exige algo mais de sua parte do que o simples exercício repetitivo. Assim, é natural que haja dificuldades nesta transição

e que o aluno tente resolvê-las usando os recursos de um exercício rotineiro, especialmente quando encontra um problema cuja conclusão admite várias respostas corretas.

Portanto, exercícios são fundamentais para iniciar o estudo em determinados temas e para aplicação de algoritmos importantes, mas eles precisam ser gradualmente transformados em problemas verdadeiros, buscando o maior desenvolvimento cognitivo dos alunos. Exercícios e problemas exigem dos alunos diferentes tipos de conhecimentos, sejam eles procedimentos (uso de fórmulas ou esquemas), atitudes ou motivações e aplicação de conceitos.

Existe uma reflexão semântica que acompanha a RP e que pode ser percebida na caracterização do conceito de *problema*, onde a definição do termo encerra em si mesmo o próprio ato de resolver um problema. Portanto, tentar determinar e compreender os processos ou os movimentos que os alunos precisam articular para solucionar com êxito um problema não é uma tarefa simples.

Para melhor compreender este fenômeno e auxiliar o aluno nesta atividade, é preciso ter em mente os diversos aspectos que a solução de um problema exige. Para isso, é importante examiná-la como resultado da interação entre dois processos distintos e interligados: *habilidades gerais* e *competências específicas*. Vários autores admitem que, independente do tipo de problema e da especificidade da tarefa considerada, existe uma série de procedimentos e habilidades comuns a todos eles, que podem ser ensinadas aos alunos. Costa e Moreira (1997b) afirmam que a discussão a respeito da generalidade ou não da tarefa é inerente ao tema, e importante na medida em que ela pode servir para uma reflexão sobre a ação docente nesta área.

Na seqüência, procuro contextualizar alguns dos estudos em RP e associá-los a esta discussão. Concluo esta parte refletindo sobre a possibilidade de transferência deste conhecimento para outros contextos, além do escolar.

## 1.2 - Resolver problemas: uma habilidade geral ou um processo específico de ensino-aprendizagem

A RP poderia ser entendida como uma atividade que congrega uma série de processos, cujo ponto de chegada é alcançar a solução. No entanto, este modelo de definição não estabelece as condições internas que devem se desenvolver no aluno quando este resolve a situação.

Estudos da psicologia cognitiva e experimentos pedagógicos organizados para ensinar os alunos a resolver problemas podem ajudar a compreender alguns dos fenômenos envolvidos na RP. Assim, frente a campos de pesquisa tão diversificados, alguns trabalhos podem ajudar a explicar e compreender os aspectos observados nesta pesquisa.

Na literatura sobre o assunto, foi possível identificar ao menos duas tendências gerais nas investigações que abordam a RP em sua interface com o ensino: o *enfoque psicológico* - mais genérico, que avalia capacidades, habilidades e competências gerais do aluno para resolver problemas; e o *enfoque didático* - mais específico, que avalia desempenho e performance do aluno em disciplinas específicas, com estratégias gerais pouco transferíveis a outros contextos (Pozo, 1998).

Estes dois enfoques diferem na forma como percebem a RP do ponto de vista teórico e também na maneira de incluir e abordar esse processo no currículo escolar. Embora estas perspectivas aparentemente possam se mostrar dicotômicas, na verdade elas são complementares e dependendo do objetivo proposto na atividade, o enfoque será preponderante em um ou em outro aspecto.

Em sua revisão sobre as investigações em RP, Gangoso (1999) argumenta que alguns dos obstáculos relacionados ao impacto destas pesquisas na educação residem na diversidade de enfoques metodológicos da área, o que dificulta a comparação dos resultados. Segundo a autora, falta acordo entre os investigadores sobre o que se busca observar e se interessa "medir capacidades" (competências), entendidas como um conjunto de habilidades gerais ou específicas que um indivíduo deve possuir para resolver problemas; ou se interessa avaliar o desempenho (performance), entendido como aplicação das capacidades cognitivas exigidas na resolução.

Penso que estes aspectos se refletem diretamente na comunidade dos educadores, na constituição dos currículos escolares e na prática de sala de aula. A distância entre as pesquisas e seu impacto na sala respondem, em parte, pela lenta evolução deste processo nas disciplinas da área de ciências. Costa e Moreira (1997a) destacam que os alunos, em geral, apresentam certa resistência à tarefa de resolver problemas, relacionada às dificuldades que eles enfrentam nesta atividade e consideram que, na área de ciências e matemática, esta situação já está quase institucionalizada entre os professores e os próprios alunos.

A escolha dos tipos de problemas que podem ser usados na instrução dos alunos pode ser usada como exemplo para ilustrar este cenário. Genericamente, o professor escolhe os problemas que vai aplicar baseado em seus objetivos de ensino, no livro didático que adota, na sua experiência pessoal ou em uma associação destes e de outros fatores que julga importante. Raramente ele faz uma avaliação de por que usar este ou aquele tipo de problema. Muito mais raro ainda é embasar esta escolha nas orientações dos trabalhos de pesquisa da área.

Sem a referência de uma literatura especializada, o professor elabora e aplica problemas esperando que sua repetição desenvolva nos alunos o domínio conceitual e a capacidade de raciocínio. Ao não ter claro os objetivos que pretende alcançar com este ou aquele tipo de atividade e a diferença na dimensão didática entre um exercício e um problema, passa a propor situações pouco significativas para os alunos e usá-las para avaliar seu processo de ensino-aprendizagem.

Uma situação como esta, envolvendo a escolha dos problemas, a capacidade cognitiva do aluno e seu desempenho na RP, serve bem para ilustrar a interação que deve existir nos trabalhos de investigação na área e seu impacto no cotidiano escolar, tanto no enfoque psicológico como na abordagem didática. Considero que parte das diferenças individuais na maneira dos alunos responderem os problemas pode ser explicada mais pela distância entre a tarefa proposta e o aprendizado dos alunos, do que pelas diferenças na capacidade de raciocínio entre eles.

Ainda considerando que as diferenças entre os tipos de problemas podem modificar as estratégias de resolução, existe uma série de procedimentos e habilidades que são relativamente comuns a todos os problemas e que os alunos lançam mão, em maior ou menor grau, quando resolvem. Para resolver qualquer problema é preciso ter atenção, recordar, relacionar entre si certos elementos e também estabelecer uma certa ordem de passos que leve à solução.

Existem diversos autores que consideram a RP como uma atividade na qual as habilidades gerais podem e devem ser ensinadas, independente do conteúdo específico envolvido. Em outros termos, existem procedimentos heurísticos gerais que podem ser aprendidos, generalizados e transferidos a situações distintas. Os problemas seriam fracionados em situações mais simples, com solução mais acessível. Para tanto, seria necessário compreender o problema, elaborar um plano e colocá-lo em prática para alcançar a solução final (Polya, 1945 e Wallas, 1926, apud Gangoso, 1999).

A literatura na área de RP destaca a distinção que existe entre *procedimentos heurísticos* ou estratégicos e outros procedimentos de solução, como as regras e os *algoritmos*. Estes últimos podem ser empregados em um grande número de situações de maneira fixa, eficaz e concreta; enquanto que os procedimentos heurísticos são usados de forma mais genérica e global. Assim, Pozo (1998, p. 24) refere-se a estes procedimentos da seguinte forma:

Geralmente os planos, metas e submetas que o aluno pode estabelecer em sua busca durante o desenvolvimento do problema são denominados estratégias ou procedimentos heurísticos de solução de problemas, enquanto que os procedimentos de transformação da informação requeridos por esses planos, metas e submetas são denominados regras, algoritmos ou operações.

De acordo com os argumentos deste autor, é difícil treinar alunos na solução de problemas de forma genérica e independente dos conteúdos aos quais se aplicam, por razões psicológicas ou didáticas. Por isso, nos últimos anos os modelos gerais de instrução em RP têm sido substituídos por outros mais específicos, através da comparação entre pessoas com diferentes graus de especialização na solução de problemas concretos.

Assim, os trabalhos mais recentes em RP relacionados ao ensino têm buscado identificar como a experiência e os conhecimentos específicos em uma determinada disciplina afetam a solução de um problema próprio dessa área. Logo, a eficiência na atividade dependeria fortemente da ativação e mobilização de conhecimentos conceituais específicos da disciplina em questão.

Costa e Moreira (1997b) comentam que nos trabalhos de pesquisa mais recentes, as estratégias em RP são associadas ao ensino de heurísticas gerais somente após o diagnóstico das dificuldades apresentadas pelos alunos nesta atividade. Segundo estes autores, a proposta de uma heurística geral, capaz de

dotar os alunos de códigos ordenados de conduta para resolver situações do cotidiano, não parece ser facilmente aplicável para quaisquer domínios. Ela encontraria melhor aplicação quando associado com heurísticas de conteúdo específico, que assumam o papel de guiar o processo de RP e ajudar o aluno a escolher o caminho que o conduzirá à solução em um certo contexto. É nesta direção que esta pesquisa procura compreender os fenômenos relacionados a esta atividade.

É necessário ainda, agregar a este quadro outro aspecto relacionado à discussão sobre a RP como habilidade geral ou como um processo específico: o *componente sócio-cultural*.

Em suas reflexões sobre o assunto, Escudero e Flores (1996) percebem a RP não só do ponto de vista das exigências cognitivas mais genéricas ou das competências específicas necessárias ao processo, mas discutem a influência que a dimensão sócio-cultural exerce nos alunos, quando executam tal atividade.

Estas autoras argumentam que nas investigações em RP, além do enfoque psicológico ou de "formação de ações mentais" e o enfoque didático ou de "orientação algorítmica", recentemente tem se destacado uma terceira linha de investigação cujo interesse está voltado para a "*mediação sócio-cultural*". Enquanto as duas primeiras linhas valorizam a função cognitiva do aluno e os procedimentos de resolução, esta última considera a RP uma atividade "repartida ou distribuída", na qual o conhecimento se situa como produto da própria atividade, do contexto e da cultura na qual ela se desenrola.

Esta linha de investigação incorpora em seu referencial teórico uma concepção construtivista de ensino-aprendizagem, na qual a educação é um conjunto de experiências cognitivas, afetivas e psico-motoras, que contribuem para a formação do indivíduo de forma integral.

Segundo Escudero e Flores (1996), as mudanças cognitivas geradas pela atividade de resolver problemas são tanto um processo social como individual. Por isso, não se trata de listar fatores individuais e sociais como influências separáveis atuando nesta mudança.

Suas conclusões se apóiam na idéia de que a cultura é uma expressão da mente humana que se exterioriza através de ferramentas como a escrita, as instituições sociais e as fórmulas. Estas, como objetos elaborados culturalmente, têm uma história e funções sociais que os alunos não descobrem através das

atividades que executam isoladamente. Neste contexto, a ação pedagógica tem um papel preponderante.

Em uma pesquisa onde analisaram a dinâmica de RP de alunos do Ensino Médio com baixo rendimento acadêmico em aulas de físico-química, estas autoras observaram que professor e aluno praticavam regras claramente definidas, enquanto o trabalho de resolução ia se cumprindo. O professor desempenhou vários papéis diferentes: identificou confusões, dificuldades, preencheu vazios de compreensão, desenvolveu raciocínios, decidiu quando um problema foi iniciado e finalizado, e qual a natureza de seu conteúdo. O papel do estudante foi copiar passo a passo os problemas, buscar aprovação do seu trabalho, participar esporadicamente (especialmente memorizando fórmulas) e resistir ao esforço exigido.

Situações como as descritas acima se repetem constantemente em disciplinas como a física, a química e a biologia durante o processo de RP no Ensino Médio. Considerar aspectos que a "mediação sócio-cultural" pondera como fatores importantes nesta atividade, como a influência do contexto social e cultural do aluno e a construção do conhecimento como produto da própria atividade, podem ajudar a compreender e incorporar tais aspectos como fatores que afetam a RP.

O trabalho de pesquisa nesta perspectiva apresenta sugestões que podem ser muito úteis para a investigação em RP, permitindo compreendê-la para além da discussão entre o ensino e aprendizagem de habilidades gerais e competências específicas.

Na minha opinião, é razoável pensar que a RP, como atividade escolar, consiga avançar mais concretamente, a partir do momento que diferentes enfoques de pesquisa - psicológico, didático, sócio-cultural ou qualquer outra denominação - troquem entre si conhecimentos e se aproximem metodologicamente. Isto pode permitir a comparação de seus resultados e a aplicação de instrumentos didáticos construídos a partir desta interação. Este poderia ser um fator importante para diminuir a distância entre a pesquisa e seu impacto na sala de aula.

Desta maneira, parece não haver uma forma universal e única para desenvolver o raciocínio do aluno com vistas à solução de problemas escolares, pois esta dependeria não somente do conteúdo da tarefa (área de conhecimento), dos objetivos e finalidades da atividade, mas também do contexto sócio-cultural no qual ela ocorre. A interação destes aspectos determina aquilo que se pode considerar uma resposta correta a um problema escolar específico, em um dado momento.

Todavia, é preciso considerar que existem princípios gerais na RP que são comuns a grande parte dos alunos, em um determinado contexto sócio-cultural. Lendo Costa e Moreira (1997b) encontrei alguns procedimentos muito interessantes quanto à conduta do aluno e que podem ajudá-lo a desenvolver esta atividade de forma mais crítica.

Segundo estes autores, alguns estudos sugerem que os alunos reescrevam o problema com suas próprias palavras, usem diagramas ou figuras para representar a situação e compreender seu objetivo. Depois, eles devem determinar que informações podem ser relevantes na análise do problema e relacionar hipóteses, caso necessário. Através da organização do conhecimento na memória, o aluno busca relações-chave que permitirão os passos seguintes da resolução. Escolhido o caminho para resolvê-lo, sua execução se realiza quando o aluno alcança o resultado e pode analisar criticamente todo processo de resolução, isto é, quando compreende os passos que precisou dar até a solução final.

Porém, Costa e Moreira (1997b) advertem que o desenvolvimento deste modelo crítico de RP em sala de aula só pode ter êxito se o aluno receber informações de como estas etapas são alcançadas e se forem demonstradas diferentes estratégias de resolução, colocadas ao lado do conhecimento conceitual.

Guimarães e Borges (2000) acrescentam ainda que o aluno sabe de antemão o que é capaz ou não de resolver; que ele tem habilidades para articular estratégias mais eficientes para alcançar os objetivos, desde que esteja empenhado na realização da tarefa e tenha conhecimento de diferentes tipos de estratégias. Eles percebem os problemas de aprendizagem como processos centrados principalmente no aluno, mas não desconsideram a influência do professor e do contexto social sobre eles.

Observando todas estas características implícitas na RP, considero finalmente que capacitar o aluno a transferir determinado raciocínio ou procedimento, usado na solução de um problema escolar para um contexto diferente da sala de aula é uma tarefa complexa e ambiciosa. Uma das causas desta dificuldade reside na diferença entre o contexto escolar e outro contexto considerado. Quanto maior for a semelhança entre diferentes contextos, mais viável seria essa transferência. Assim também, quanto mais variados e diversificados forem os contextos considerados, maiores serão as dificuldades de generalização desse conhecimento.



Vale lembrar também que a falta de motivação que, em geral, acompanha o aluno ao resolver problemas de ciências é fator determinante para que ele não perceba significado nos problemas (ou exercícios) escolares propostos e, portanto, não procure usar este conhecimento em contextos diferentes do escolar. Em outras palavras, os tipos de problemas, a forma de propô-los e os objetivos fixados nesta atividade, podem dificultar ou facilitar esta transferência para contextos como o da vida cotidiana.

Costa e Moreira (1997b) comentam que a realização de tarefas em contextos muito fechados e com características restritas, aumenta a chance do aluno responder tais atividades de modo mecânico e sem se envolver com o processo. Eles acrescentam que o papel do professor como mediador deve ser o de expor os alunos a atividades que exijam soluções diferentes, através de técnicas e estratégias relativamente transferíveis. Mesmo assim, é provável que nem isso seja suficiente para garantir uma transferência mínima desse conhecimento.

Acredito que o conhecimento em RP deve ser organizado de forma hierárquica, propondo problemas que sigam uma trajetória crescente de complexidade e que levem em conta as concepções prévias do aluno, como forma de promover neles a reflexão e a tomada de consciência sobre seus procedimentos de resolução e seu domínio conceitual. Isto é importante quando se busca ensinar os alunos a resolver problemas de forma mais significativa.

Esta transformação lenta e gradual só ocorrerá se for gerada no contexto da interação social e da comunicação com os colegas, através da mediação do professor. O professor deve, através dos problemas que propõe, das perguntas que faz sobre a busca das soluções, das informações e idéias que sugere aos alunos, estimular e orientar esta interação. Pode, através da problematização de situações cotidianas, identificar fontes de concepções alternativas e propor explicações e experimentos de caráter científico, de tal forma que o aluno possa ir transferindo essa atitude para seu cotidiano e distinguindo em que contexto pode e deve aplicar este conhecimento.

A partir destas idéias, dedico o capítulo seguinte à contextualização da RP em genética, discutindo sua relação com a aplicação dos conceitos, o enfoque dos problemas e as estratégias de resolução nesta área da biologia.

## CAPÍTULO II

### A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM GENÉTICA

A rápida evolução que tem se processado nos conhecimentos de biologia tem lançado esta disciplina entre as ciências mais dinâmicas do nosso tempo, onde invariavelmente surgem problemas e perguntas tanto de interesse científico como social e cuja solução pode ser muito complexa.

No entanto, muitas vezes os conhecimentos de biologia são transmitidos em sala de aula como uma coleção de fatos, princípios, leis, regras e interações lógicas. Nas idéias de Sigüenza Molina e Sáez (1990), o ensino de biologia requer o uso de estratégias que facilitem sua compreensão e capacitem o aluno para resolução de problemas. A compreensão, na maneira de ver destes autores, pode ser evidenciada pela competência em trabalhar de forma criteriosa, selecionando de forma adequada informações, estratégias e algoritmos com um propósito específico, ou seja, pela capacidade de resolver problemas.

A partir desta visão, estes autores discutem a definição do termo *problema* e tentam mostrar a coerência do modelo de RP como estratégia de ensino de biologia e a construção dos conhecimentos pelo aluno, baseado na compreensão desta atividade. A estratégia de ensino baseada na RP em ciências naturais deve contemplar a definição de uma experiência ou situação natural a ser resolvida.

Gangoso (1999) destaca que as investigações em RP na área de biologia dizem respeito principalmente ao conteúdo de genética. Também nos trabalhos de revisão de literatura em RP desenvolvidos por Costa e Moreira (1997a), as referências mais significativas na área estão direcionadas a aspectos dos conteúdos de biologia relacionados à genética, abrangendo desde processos de ensino-aprendizagem, processamento da informação e teorias psico-pedagógicas.

Desta forma, o enfoque da RP de minha pesquisa caminha na direção de entender e caracterizar melhor esta atividade como estratégia de ensino-aprendizagem essencial em genética.

Em sua revisão bibliográfica sobre a didática da genética, Bugallo Rodríguez (1995) deu destaque ao resultado de diversas pesquisas que indicavam a necessidade de estudar, em maior profundidade, aspectos relativos à RP nesta área e sua relação com o conhecimento conceitual.

Segundo esta revisão, pesquisas do final dos anos 70 sobre concepções alternativas dos alunos em genética já apontavam que a ausência de conceitos básicos em herança mendeliana e a inapropriada compreensão de probabilidade, representavam grandes obstáculos para o desenvolvimento de conceitos mais elaborados na área. No começo dos anos 80, estudos que procuravam identificar quais eram os conteúdos de biologia mais complexos para o aluno aprender e para o professor ensinar, colocavam a genética entre eles e destacavam três de seus conteúdos: mitose-meiose, genética mendeliana e teoria cromossômica.

Mais recentemente Banet e Ayuso (1995), citando estudos de diversos autores, comentam que o aprendizado dos alunos sobre herança biológica é menos eficiente do que se poderia esperar. Desta forma, exemplificam eles, os alunos atribuem significados errôneos a conceitos básicos como cromossomos, genes, alelos ou mutações; não compreendem o significado de processos como a meiose, nem o papel do acaso na transmissão das características hereditárias; e situam os dois alelos para determinado caráter no mesmo cromossomo.

Lewis e Wood-Robinson (2000) por sua vez, examinando este aspecto entre estudantes que completam o ensino secundário, também concluíram que eles confundem e se mostram inseguros sobre conceitos e processos genéticos básicos, carecendo de pré-requisitos quanto a este conteúdo. Segundo estes autores, surpreende e preocupa o fraco entendimento dos alunos sobre a natureza da informação genética, o nível de confusão sobre estruturas biológicas básicas, como células, cromossomos e genes e a relação entre elas.

Cantiello e Trivelato (2000; 2004) discutem as dificuldades na aprendizagem e no ensino de temas relacionados à herança biológica entre alunos do Ensino Médio, a partir da análise das provas vestibulares da FUVEST/USP. Estas autoras concluem, após analisar a relação conteúdo/desempenho, que determinados conceitos de genética são insuficientemente trabalhados nesta fase de ensino. Entre estes conceitos destacam-se a meiose e sua relação com a transmissão de características (gametogênese), a localização dos genes, os processos celulares e a informação hereditária, entre outros.

Outros estudos permitem concluir que a complexidade do estudo da genética no Ensino Médio advém, em grande parte, da natureza de seus conceitos e da necessidade de aplicá-los a estratégias de aprendizagem, complexas em si mesmas, como a RP. Este tipo de atividade pode favorecer a compreensão da

estrutura conceitual da genética e caracterizar a ciência como atividade intelectual historicamente construída. Pode ainda desenvolver nos alunos habilidades importantes, como interpretar dados em um problema, procurar informações sobre eles, analisar procedimentos e resultados, além de competências específicas da heurística e do uso de algoritmos adequados na RP em genética (Stewart e Van Kirk, 1990; Ayuso e Banet, 2002).

Nas seções seguintes, procuro desenvolver uma reflexão sobre as dificuldades encontradas no processo de RP em genética mendeliana, enfocando o aspecto conceitual, os tipos de problemas e as estratégias de resolução nesta área.

## **2.1 - Dificuldades na resolução de problemas em genética**

Embora pareça haver concordância na literatura quanto à importância desta estratégia para a genética, no cotidiano das aulas o que se percebe é que os alunos cometem muitos erros ao executarem este tipo de tarefa que, em geral, ainda é usada como forma de avaliar seu conhecimento sobre este conteúdo. Muitas vezes, o professor apresenta os conceitos básicos de genética como conteúdos isolados ou pouco contextualizados no seu programa de ensino, levando o aluno a não estabelecer vínculos claros entre tais conceitos e a atividade de RP.

Desta forma, a própria resolução correta dos problemas de genética não garante, necessariamente, que os alunos entendam os conceitos que aplicam na solução, como poderia esperar o professor. Stewart e Dale (1989) chamam atenção sobre este aspecto quando afirmam que existe uma tendência de supervalorizar alunos que obtêm a resposta esperada nos problemas e subestimar o conhecimento e as habilidades dos estudantes que não respondem corretamente a eles.

Errar é inerente ao processo de aprendizagem em RP. Para ilustrar esta idéia, Stewart e Van Kirk (1990) citam em um de seus trabalhos, erros comuns dos alunos ao executarem esta atividade: considerar sempre como caráter dominante o fenótipo que aparece mais freqüentemente; ou quando em um problema o número de machos é distinto do de fêmeas, deduzir que se trata de um tipo de herança ligada ao sexo; e interpretar incorretamente dados e procedimentos nos problemas.

Bugallo Rodríguez (1995) comenta, citando trabalhos de Stewart (1982, 1983), que os estudantes podem usar algoritmos, como o quadro de Punnett, sem

compreender o conhecimento conceitual implícito neles. E argumenta, com base nestes trabalhos, que existe "resolução significativa" dos problemas quando os estudantes podem explicar, em termos genéticos, porque realizaram cada passo para alcançar a resposta final.

Ayuso et al. (1996) acreditam que dificuldades como estas contribuem para que muitos alunos, ao estudar genética, memorizem conceitos básicos relativos à herança, ignorando seu verdadeiro significado; não compreendam as conseqüências de processos biológicos importantes, como a reprodução sexuada e a meiose; e adquiram noções errôneas sobre onde e como se transmite a informação hereditária. Estes autores consideram que, embora muitas destas dificuldades sejam atribuídas à falta de interesse do aluno ou ao pouco tempo que dedicam ao estudo, é preciso estar atento a outras circunstâncias que podem passar despercebidas neste contexto. Por exemplo, obter respostas como conseqüência de aprendizagem superficial (memorização), que pode indicar fraco domínio conceitual do aluno; ou ainda, solucionar corretamente problemas que não requerem compreensão do conceito ou do processo genético envolvido e que resultam do uso de algoritmos isolados.

Em meu ponto de vista, este tem sido um dos grandes desafios do ensino-aprendizagem de genética no contexto do Ensino Médio: identificar e superar as dificuldades e contradições que acompanham a RP nesta área.

De um lado o professor, que utiliza esta atividade como uma das mais freqüentes para ensinar genética e avaliar seus alunos. Na outra ponta, a RP vista não somente como uma estratégia de ensino, mas como uma forma do aluno aprender ciências através de um processo de investigação dirigida (Gil Pérez et al., 1999). No meio está o aluno, que precisa aplicar conhecimentos conceituais e escolher uma heurística de resolução entre tantas para obter êxito nesta atividade que, mais que um desafio pedagógico, pode se transformar em um verdadeiro obstáculo ao aprendizado.

Levando-se em conta toda a variedade de concepções alternativas que o aluno traz consigo até aquele momento de sua educação formal, ensinar genética via resolução de problemas se transforma em uma tarefa educativa complexa, que precisa ser executada com muito critério pelo professor, para que alcance seus objetivos educacionais.

Aprender a partir dela, também não é uma tarefa nada fácil, especialmente quando os alunos entram em contato pela primeira vez com conceitos específicos e com uma linguagem própria da genética, que apresenta significados distintos daqueles que está acostumado a lidar, além de uma mecânica de resolução de problemas muito particular da área.

Desta forma, alguns dos obstáculos a esta atividade têm sua origem em dificuldades do próprio aluno, como consequência do fraco domínio conceitual ou de seu desenvolvimento cognitivo; outros encontram suas raízes nos próprios problemas propostos no ensino, em função de seus objetivos e das características desses problemas.

Ao observar a interação destes fatores, minha pesquisa procura entender mais detalhadamente algumas destas dificuldades. Através delas, pode ser possível compreender melhor a relação entre resolução de problemas e aquisição de conceitos em genética por parte dos alunos do Ensino Médio.

Assim, as principais dificuldades podem ser didaticamente agrupadas, considerando que algumas delas correspondem a diferentes enfoques de pesquisa na área. Um dos estudos que identificam diferentes níveis de dificuldade relacionados à herança biológica foi desenvolvido por Ayuso et al. (1996). Dificuldades semelhantes a estas também são apontadas nos estudos de Sigüenza Molina (2000), ao analisar a formação de modelos mentais de alunos quando resolvem problemas em genética. De forma genérica, este conjunto de dificuldades poderiam ser assim distribuídas:

- *Dificuldades relativas ao domínio conceitual* – incluem as dificuldades em encontrar o significado ou interpretar adequadamente conceitos ou processos que se aplicam na resolução. Desta forma a percepção do aluno da situação-problema será distinta daquela do professor;
- *Dificuldades relacionadas com o nível de desenvolvimento cognitivo* – incluem as dificuldades dos estudantes em utilizar elementos de um raciocínio hipotético-dedutivo para compreender e resolver os problemas, construindo hipóteses explicativas para sua solução;
- *Dificuldades relacionadas com o enfoque dos problemas e as estratégias de resolução* – incluem dificuldades em responder a diferentes tipos de problemas propostos. Os tipos de problemas propostos não são todos idênticos e as estratégias para resolvê-los variam em função do grau de dificuldade destes. Assim, levando em

conta o tipo de raciocínio que exigem na sua resolução, os problemas podem ser do tipo "*causa-efeito*", onde se parte do genótipo dos progenitores ou do modelo de herança para determinar o fenótipo ou o genótipo da descendência; ou problemas do tipo "*efeito-causa*", onde se parte dos fenótipos conhecidos e se espera chegar ao modelo de herança ou aos genótipos desconhecidos dos indivíduos (Stewart, 1988);

- *Dificuldades de raciocínio matemático* – que incluem dificuldades operatórias, como compreensão errônea da noção de probabilidade e, portanto, das proporcionalidades fenotípicas ou genotípicas.

Como conseqüência de tudo isto, a eficácia de atividades como a RP, para promover ou consolidar determinadas aprendizagens em genética, pode apresentar-se seriamente comprometida.

Em função dos limites e dos objetivos de minha pesquisa, discuto a seguir as dificuldades relativas à aplicação de conceitos e aos tipos de problemas e estratégias de resolução em genética, envolvendo assuntos como meiose, formação de gametas, localização e distribuição de alelos nos cromossomos.

### **2.1.1 - Aplicação de conceitos e resolução de problemas**

A aquisição de um conceito científico parece estar vinculada à capacidade de saber usá-lo em relação a outros conceitos, estabelecendo associações em uma organização conceitual definida. Portanto, o conhecimento de um conceito científico seria mais procedimental ou funcional que declarativo, ou seja, implicaria na capacidade de transferi-lo a contextos diferentes (Bugallo Rodríguez, 1995). Todavia, Sigüenza Molina (2000) salienta que, ainda que o conhecimento declarativo do aluno possa parecer pouco relevante para a RP, deve-se destacar a importância dele quando se busca entender os passos que ele deu para alcançar a solução.

Uma das causas do aluno não conseguir resolver determinado problema proposto em genética reside no fato de não compreender os conceitos que estão envolvidos em sua resolução. A falta de significado ou uma interpretação errônea desses conceitos pode impedir que ele perceba o problema conforme foi proposto pelo professor.

A origem desta situação pode encontrar explicações nas idéias prévias dos alunos (ou concepções espontâneas). Penso que é razoável admitir que a aquisição significativa de novos conhecimentos exige estabelecer vínculos entre as novas informações recebidas e aquelas que já sabemos. Nesta perspectiva, deve-se considerar que o aluno aprende quando constrói conhecimentos, quando estabelece relações e que a falta de conexões entre as informações que o aluno detém e àquelas exigidas na resolução do problema, podem impedir que ele entenda e solucione a situação proposta. Desta forma, para entender e caracterizar melhor a relação entre dificuldades conceituais e RP, torna-se importante destacar o resultado de alguns estudos sobre as concepções espontâneas dos alunos em genética.

Segundo pesquisas de Banet e Ayuso (1995) e Ayuso e Banet (2002) é preciso considerar três aspectos inerentes a estas noções: a primeira, que as concepções podem ser interpretadas e descritas em termos de *esquemas conceituais*. Estes seriam resultado de modelos mentais relativamente coerentes, que explicam como se estrutura a forma de pensar dos alunos sobre a herança biológica. A segunda, que estes esquemas se articulam em diferentes graus de complexidade. Por último, que alguns esquemas ou modelos persistem mesmo após a educação formal de nível universitário.

Tendo em vista a extensão destes estudos, apresento a seguir um resumo de algumas idéias presentes nestes esquemas conceituais, que caracterizam a forma de pensar dos alunos quanto à localização e a transmissão da informação hereditária. Para Ayuso e Banet (2002), as características básicas destes esquemas indicam:

- Um gradiente de concepções quanto à *localização da informação hereditária*. Compreende idéias que vão desde a confusão entre células sexuais e cromossomos sexuais, tidos como sinônimos (concepção mais distante do conhecimento escolar); passando pela concepção de que somente os gametas possuiriam a informação hereditária, cromossomos sexuais e genes; até os que reconhecem que todas as células têm informação hereditária (também cromossomos e genes), mas os cromossomos sexuais se situariam apenas nos gametas. O esquema conceitual mais completo, que considera que todas as células têm a informação hereditária, cromossomos (entre eles os sexuais) e genes, é pouco freqüente entre alunos que iniciam seus estudos em genética.



- Um gradiente de concepções quanto à *transmissão da informação hereditária*. Este incluiria desde os que pensam que só os gametas transmitem a informação hereditária; passa pelos que pensam que os gametas transmitem, mas cada célula do corpo contém uma parte da informação total do indivíduo para desempenhar suas funções; até aqueles que reconhecem que a informação hereditária é transmitida do zigoto a todas as células do organismo através de cópias idênticas, tendo todas as células a mesma informação hereditária. Este último esquema é menos freqüente entre os estudantes do Ensino Médio.

A diversidade de concepções que o aluno traz consigo no momento em que estuda os fundamentos da genética afeta diretamente sua forma de aplicar e articular os conceitos necessários para resolver um problema de genética. Se o professor que introduz estes conceitos não levar em conta estas concepções e seu papel na aprendizagem do aluno, as conseqüências poderão ser percebidas no momento em que a RP for necessária para aprender este conteúdo.

Ao buscar entender melhor esta relação, tomei como referência as investigações de Ayuso e Banet (2002) sobre distintos aspectos do conhecimento dos alunos em genética. Apoiados em diversos estudos, estes autores destacam dois aspectos das concepções dos alunos importantes no contexto de minha pesquisa: o *modelo de cromossomo* e a *resolução de problemas*.

Assim, alguns autores citados por Ayuso e Banet (2002) consideram que os alunos constroem modelos de cromossomo confusos. Nestes modelos encontram-se duas cromátides do mesmo cromossomo com informações distintas, uma cromátide com informação e a outra não; os alelos de um mesmo par na mesma cromátide; ou dois cromossomos homólogos no mesmo gameta. Outros destacam que os alunos apresentam pouca compreensão dos termos haplóide e diplóide e de processos como a mitose e a meiose, além de não estabelecerem relação entre conceitos, como gene-alelo, alelo-cromossomo, gameta-cromossomo, zigoto-alelo, alelo-caráter, gene-caráter ou gene-DNA.

Quanto à RP, Ayuso e Banet (2002) citam pesquisas que indicam que os alunos resolvem problemas de genética sem compreendê-los; não relacionam a meiose a estes problemas; não compreendem adequadamente as probabilidades e as proporções; e suas estratégias de resolução são inadequadas e pouco justificadas.

Sobre os conhecimentos dos alunos em tópicos do conteúdo de genética e sua relação com a RP, encontrei nos trabalhos de Stewart e Dale (1989) e Marbach-Ad (2001) referências importantes sobre como os alunos organizam e aplicam este conhecimento prévio e seus efeitos na didática da genética.

Marbach-Ad (2001), ao estudar a compreensão dos alunos sobre determinados conceitos genéticos, identificou a ocorrência de concepções alternativas e compartimentalização entre os conceitos pesquisados. Seus estudos mostraram que muitos alunos, quando perguntados sobre o que é DNA, gene e cromossomo, respondiam através de explicações funcionais ou estruturais, raramente incluindo as duas possibilidades na mesma resposta. O DNA seria responsável por transmitir a informação hereditária de uma geração para outra, sendo pouco considerada a possibilidade de transmitir informações de uma célula para outra. O gene responderia por determinar uma característica particular em um indivíduo e o conceito de cromossomo tende a receber uma explicação estrutural sobre sua composição química, ao invés de funcional. Segundo o autor, isto mostra que eles têm dificuldades para interpretar que os três conceitos servem para a mesma função, estabelecendo pouca relação entre eles e outros conceitos, como proteínas e enzimas.

Stewart e Dale (1989) investigaram qual a compreensão dos alunos sobre a relação entre cromossomos e genes, expressa através de seu modelo conceitual e sua habilidade para explicar, neste modelo, a solução de problemas com cruzamentos envolvendo duas características distintas. Nesta situação, os alunos revelaram inúmeras concepções alternativas sobre a meiose e demonstraram aplicar conceitos genéticos para solucionar os problemas, com diferentes graus de acerto. Obter a resposta correta para problemas de genética é, muitas vezes, resultado da aplicação de algoritmos. Por isso, lembram os autores, não se pode julgar o conhecimento somente através do êxito na solução, é preciso reconhecer quando os alunos explicitam raciocínios genéticos corretos, o que pode ser verificado pela sua habilidade em explicar os passos que deram para aplicar este ou aquele algoritmo.

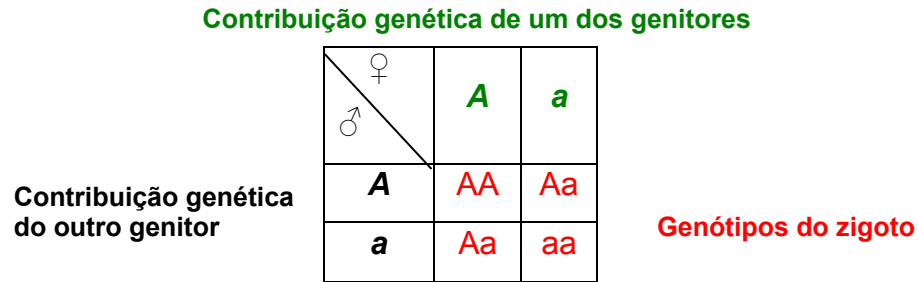
Nestes termos, argumentam Stewart e Dale (1989), não existe diferença significativa na maneira pela qual os estudantes manipulam seus modelos para explicar suas respostas, estejam corretas ou não. Os autores complementam que existe uma tendência em subestimar o conhecimento e as habilidades dos alunos que não obtêm respostas corretas, creditando todo mérito aos que tiveram êxito na

atividade. Suas conclusões consideram que existem conteúdos da genética em que o ensino precisa ser melhorado, como cromossomos homólogos, relação entre alelos e permutação.

Em minha opinião é bastante complexo para o professor do Ensino Médio perceber quando seus alunos desenvolvem (e se desenvolvem) a capacidade de usar raciocínios geneticamente corretos como argumentam estes autores, em função da atual estrutura de ensino do país e das condições que dispõe para isto. O professor precisa, simultaneamente, valorizar o esforço e as habilidades dos alunos que não conseguiram resolver os problemas de genética e ser hábil para avaliar quanto o aluno avançou neste processo e quando ele responde apenas aplicando algoritmos, sem compreender os conceitos que estão implícitos na resolução.

Sem dúvida, existem diversos conteúdos de genética que precisam de maior cuidado em seu ensino, para que os alunos aprendam a resolver problemas de forma significativa. A partir de minha prática em sala de aula, considero que a desvinculação que muitos programas de ensino de biologia estabelecem entre os processos de divisão celular, em especial a meiose, e os fundamentos da genética, contribuem para que muitos alunos resolvam problemas aplicando conceitos pouco significativos e algoritmos memorizados.

Um exemplo ilustrativo deste aspecto pode ser visto quando o aluno precisa usar o quadro de Punnett para resolver uma questão em genética mendeliana. Este recurso algorítmico é frequentemente usado para resolver problemas mais simples que envolvem a genética mendeliana no Ensino Médio. Representado sob a forma de um quadro, ele é útil porque seus resultados podem ser desenhados de acordo com as proporções genéticas que estão sendo estudadas, permitindo uma representação visual dos dados de um problema (Griffiths et al., 2002). Quando corretamente utilizado, ele permite prever os possíveis genótipos dos descendentes de um cruzamento, a partir da determinação dos alelos que são transmitidos através dos gametas. É possível também construir o quadro de Punnett para prever genótipos quando estão envolvidos mais de um par de alelos. Tudo isto torna este recurso muito útil para o aluno no momento em que ele se depara com um problema de genética no qual é pedido que ele determine os possíveis genótipos e suas proporções em cruzamentos hipotéticos. Um exemplo deste esquema pode ser visto na figura 1.



**Figura 1 - Representação do diagrama de Punnett**

Muitas vezes, o uso de algoritmos como este pode passar despercebido ao professor quando ele propõe um problema de genética e considera somente o resultado final da operação, não levando em conta o caminho e os conceitos que o aluno precisa aplicar na solução do mesmo.

Por conta disto, percebo que muitos estudantes usam corretamente o quadro de Punnett sem, contudo, entender os conceitos implícitos no esquema e sem associar elementos conceituais do processo de meiose com a distribuição das características genéticas na fertilização. Neste ponto, a análise de alguns trabalhos publicados sobre este assunto me ajudou a compreender como este fenômeno está inserido no contexto de minha pesquisa.

Os estudos de Cavallo e Schafer (1994) e Cavallo (1996) tiveram como objetivo geral compreender as relações entre a aprendizagem significativa, habilidade de raciocínio e os modelos mentais dos alunos sobre meiose e o quadro de Punnett usados na resolução de problemas em genética. O termo *aprendizagem significativa* é considerado por eles como um processo através do qual o aluno se capacita a formular relações entre idéias, conceitos e informações científicas.

Segundo estes autores, é esperado que os alunos tenham dificuldade em construir relações conceituais entre meiose e uso do diagrama de Punnett no currículo do Ensino Médio. Além disso, eles têm dificuldades em entender o significado dos símbolos e os procedimentos usados neste quadro, pois eles são apresentados como assuntos novos, isolados um do outro. Assim também, os alunos aprendem meiose como um tema separado do conteúdo de genética e têm dificuldades para estabelecer relações entre estes tópicos.

O resultado das pesquisas de Cavallo e Schafer (1994) e Cavallo (1996) conduzem a duas conclusões específicas:

- a primeira, que alunos orientados através de aprendizagem significativa mostraram melhores resultados no entendimento das inter-relações entre os

conceitos analisados (meiose e quadro de Punnett); enquanto que a habilidade de raciocínio foi importante na RP. No entanto, a interação entre estes fatores (aprendizagem significativa e habilidade de raciocínio) não garantiu, por si só, que os alunos entendessem mais genética e resolvessem problemas.

Ao avaliarem os resultados de suas pesquisas, os autores constataram que os professores que orientaram os alunos pesquisados usaram o quadro de Punnett apenas como uma ferramenta para resolver problemas de genética e que relações claras entre conceitos como células, cromossomos, meiose e fecundação não foram feitos quando da introdução e/ou uso do diagrama. Os autores relatam que os professores não usaram, por exemplo, desenhos dos gametas ou dos cromossomos com os genes, para formar o quadro de Punnett e ajudar os estudantes a construir estas relações.

- a segunda conclusão refere-se às explicações dos alunos sobre o modelo de meiose, quadro de Punnett e a relação entre estes tópicos. Neste aspecto, os autores comentam que os alunos apresentaram domínio conceitual sobre meiose, mas demonstram grande dificuldade para explicar as etapas e procedimentos envolvidos neste processo.

Estes dados concordam também com as pesquisas feitas por Kindfield (1994), que ao estudar os modelos de meiose produzidos por especialistas e novatos destacou as possíveis origens de modelos incorretos, especulou sobre como são construídos e citou as dificuldades que os estudantes encontraram para entender as etapas que caracterizam este processo biológico e suas implicações educativas.

Para a autora, não foi surpresa a dificuldade dos estudantes para explicar a relação entre a meiose e o quadro de Punnett, uma vez que eles não compreendem adequadamente os significados e as relações entre os símbolos usados no diagrama e o processo biológico que ele representa.

Estas conclusões parecem estar de acordo com dados de outras pesquisas, que revelam que estudantes usam o quadro de Punnett com sucesso, embora tenham pouco conhecimento da sua relação com a segregação independente e a recombinação dos genes na fertilização.

Muitas das situações descritas por estes pesquisadores refletem cenas de minha prática cotidiana em sala de aula. Como professor de biologia também observo que, embora muitos dos conhecimentos prévios sejam incompletos ou

equivocados, precisam ser levados em conta quando se busca entender os processos de aquisição de conceitos em genética e sua relação com a RP na área. Penso que muitas vezes é preciso ajudar o aluno a desconstruir certos conhecimentos para reconstruir novos.

A meu ver, considerando o papel que os conhecimentos prévios do aluno desempenham neste processo, a interação entre os diversos fatores que interferem no sucesso da RP - atitudes ou disposições internas do aluno, o ensino de procedimentos e conteúdos conceituais - pode lançar luz sobre as dificuldades apontadas no início desta seção.

Para a didática da genética fica evidente a necessidade de um trabalho pedagógico que ajude a superar as dificuldades que os alunos enfrentam para perceber os significados que o professor atribui a determinados processos, como mitose e meiose; compreender a genética mendeliana, desde a simbologia utilizada para representar genes e alelos até a RP envolvendo separação destes genes; e, em geral, a localização dos genes e os mecanismos de transmissão da herança nos seres vivos.

De forma interativa, as dificuldades na RP em genética se somam para se constituírem em um desafio pedagógico a ser enfrentado por professores e alunos. Assim, na seqüência discuto as dificuldades que envolvem os tipos de problemas em genética e as estratégias de resolução, completando o referencial teórico de análise proposto neste estudo.

### **2.1.2 - Tipos de problemas e estratégias de resolução**

De forma genérica, ao resolver um problema o aluno cria um espaço mental no qual representa, seqüencialmente, cada um dos passos que a situação exige para ser resolvida. Ativa uma rede de conceitos e significados que o levam a escolher e criar regras heurísticas que ajudam a dirigir a busca da solução, de forma que ela se reflita no seu caderno (Sigüenza Molina, 2000).

A utilização desses procedimentos heurísticos ou estratégias não é garantia de sucesso, pois são métodos muito gerais e vagos. O sucesso de uma estratégia dependerá tanto da maneira como o aluno se adapte à tarefa como da presença de

regras e algoritmos, ou seja, de técnicas que contribuam para que ele desenvolva de maneira efetiva seus planos de resolução (Pozo, 1998). Também é preciso lembrar, como foi dito no início desta seção, que a escolha dos tipos de problemas pelo professor tem um papel decisivo no sucesso da estratégia.

Pensando nestas idéias e tendo como referência a definição de *problema* proposta em Sigüenza Molina e Sáez (1990), busquei refletir sobre dois aspectos relevantes no cenário da RP: como se caracterizam os problemas em genética e de que forma as estratégias de resolução estão ligadas aos diferentes tipos de problemas na área, no contexto do Ensino Médio.

Os problemas propostos em genética não são iguais entre si e apresentam níveis de dificuldade distintos para o aluno. Por isso, podem contribuir de forma diferente na sua aprendizagem. Para entender melhor esta relação e compreender como se caracterizam estes problemas é preciso destacar aspectos da *tipologia dos problemas* em geral e considerar suas especificidades nesta área.

Concentrando-se no contexto escolar e considerando especialmente os problemas propostos nas aulas de ciências, encontra-se na literatura várias formas de classificá-los. De acordo com o critério de classificação, que pode estar baseado na estrutura do problema ou nos requisitos para sua solução, eles se diferenciam genericamente em problemas abertos ou fechados, quando admitem soluções diversas ou uma única solução; problemas bem ou mal definidos, onde o ponto de partida do problema e as operações de resolução são mais ou menos específicas; exercícios e problemas verdadeiros; problemas científicos e problemas cotidianos; problemas de lápis e papel e problemas desenvolvidos através do uso de programas computacionais.

Acontece que esta diferenciação tem apenas o objetivo didático pois, na prática, a fronteira que separa um tipo do outro não é muito nítida e os critérios usados na classificação variam conforme o autor, os objetivos considerados e a área de aplicação.

Pozo (1998), considerando a forma como são trabalhados em aula e seus objetivos educacionais, classifica-os também como problemas qualitativos, quantitativos e pequenas pesquisas. Ele destaca que nos problemas qualitativos as dificuldades que aparecem são de ordem conceitual e a estratégia de resolução consiste em procurar as conexões existentes entre os fenômenos e os conhecimentos disponíveis. Por isso, este tipo de problema é um instrumento muito

útil para detectar os conhecimentos prévios dos estudantes. Por fim, alerta que a distinção entre estas categorias não é clara.

Em minha pesquisa, os problemas analisados são do tipo lápis e papel, denominação adotada por diversos autores para designar genericamente os problemas escolares resolvidos no caderno do aluno. Além disso, tomando o trabalho de Pozo (1998) como referência, fui percebendo que os problemas em genética parecem se situar a meio termo entre os problemas qualitativos e quantitativos. Isto porque tem componentes de caráter qualitativo, como a possibilidade de resolver os problemas através de raciocínios teóricos e sem necessidade de experimentos de laboratório; permite prever ou explicar fatos, analisar situações científicas e interpretá-las a partir de um modelo conceitual proposto pela ciência. Pode também apresentar aspectos de caráter quantitativo, como manipular dados em numéricos e trabalhar com eles para chegar a uma solução, seja ela em numérica ou não.

Todavia, existem outras formas de classificar os problemas em genética a partir do assunto ou conteúdo que abordam e do tipo de raciocínio envolvido na solução. Muitos livros-texto e professores usam estes critérios para organizar os problemas escolares em uma complexidade crescente de assuntos.

Na genética mendeliana existem problemas que envolvem o padrão de herança: dominância simples, co-dominância, alelos múltiplos, herança ligada ao sexo, entre outros. Problemas que envolvem análise de várias gerações (genealogias) ou aqueles que consideram apenas a análise da transmissão de uma geração para outra.

Comumente, os problemas de genética mendeliana trabalhados no ensino Médio são apresentados através de um enunciado que estabelece uma situação característica e que faz referência a um conteúdo desta área, de onde o aluno pode extrair informações e dados sobre o problema em questão.

Os enunciados são construídos sob alguns conceitos básicos do mendelismo e usam uma linguagem simbólica específica para se referir à situação proposta. A partir deste enunciado pode ser proposto ao aluno que ele resolva a questão sob diversas perspectivas: identificando o genótipo e/ou fenótipo dos descendentes e/ou genitores; calculando a probabilidade de ocorrência de determinado evento relativo a estes fatores; determinando o padrão de herança envolvido na questão, etc.



O aluno expressa o resultado do problema usando uma estratégia para resolvê-lo e aplicando algoritmos - como o quadro de Punnett - para obter a solução e representá-la através da simbologia típica da genética, letras maiúsculas e minúsculas para representar os genes, frações ou percentuais para representar proporções, etc.

Stewart (1988) argumenta que diferentes tipos de problemas em genética potencializam e promovem diferentes tipos de aprendizagem. Desta forma, os problemas devem ser classificados a partir do tipo de raciocínio envolvido na obtenção da solução. Portanto, sua classificação está ligada direta ou indiretamente às escolhas feitas pelo aluno quanto às estratégias de resolução.

Segundo este autor, esta tipologia teria o potencial de ajudar professores e alunos a raciocinar sobre a genética e, portanto, maior poder de promover aprendizagem em quatro aspectos: na *estrutura conceitual*; na *heurística de resolução de problemas em geral*; nos *procedimentos de resolução em conteúdos específicos* (heurística genética e uso de algoritmos); e sobre a *natureza da ciência como atividade intelectual*. Ele propõe que, em genética, existem problemas que envolvem o raciocínio tipo "*causa-efeito*", enquanto outros envolvem o raciocínio "*efeito-causa*".

No primeiro tipo (causa-efeito) é dado ao aluno o genótipo da geração parental e/ou o tipo de herança envolvido na questão e, com isto ele deve averiguar o fenótipo e/ou genótipo dos descendentes. Esta classe de atividades não requer uma análise detalhada dos dados iniciais, nem tampouco formular hipóteses ou interpretar seus resultados. Ela induziria o aluno a colocar em prática mecanismos rápidos de solução que consistem na aplicação de *algoritmos*, gerando fraco domínio conceitual.

No segundo tipo (efeito-causa) é dado ao aluno o fenótipo de alguns indivíduos e ele precisa, ao resolver o problema, estabelecer o modelo de herança e/ou determinar o genótipo dos indivíduos envolvidos. Este processo, por exigir um nível maior de raciocínio, poderia contribuir para que o aluno construa ou aplique seu conhecimento conceitual de forma mais profunda.

Parte do tempo das aulas de genética no Ensino Médio é usado para resolver problemas em sala de aula, com o propósito de facilitar a compreensão do aluno sob determinados conceitos. O critério para elaborar e/ou escolher estes problemas assume um papel essencial nesta situação e está diretamente relacionado com as

estratégias de resolução. Nestas aulas, o professor escolheria uma situação genética específica, transformando-a em um exercício ou problema, como forma de apresentar e contextualizar certos conceitos ligados a este assunto no programa de genética.

Acontece que, devido a fatores como a falta de tempo, a carência de recursos didáticos e de qualificação técnica, muitos professores do Ensino Médio tomaram como prática comum o uso do livro-texto como referência para decidir o que ensinar e em que ordem fazê-lo, uma vez que estes livros foram aprovados por instituições governamentais de ensino, ligados ao Ministério da Educação e Cultura do país. Carente de orientação e de uma estrutura de apoio que possa ajudá-lo a tomar decisões de caráter pedagógico, o professor adota o livro didático como um manual de instruções teóricas, cientificamente embasadas.

Em geral, é do livro-texto que se retiram muitos dos problemas usados em sala de aula para ensinar genética. Muitos são elaborados como exercícios que podem ser resolvidos com a aplicação de um único algoritmo e envolvem seres vivos desconhecidos ou características hereditárias difíceis do aluno imaginar, tornando a resolução uma atividade pouco interessante. Além disso, alguns livros didáticos podem causar ou até reforçar os erros dos alunos quando não relacionam adequadamente genética e meiose; não estabelecem uma ligação clara entre alguns conceitos básicos; não levam em conta a dificuldade de utilização de alguns elementos matemáticos como as noções de probabilidade e a falta de significado no uso adequado do quadro de Punnett.

Pelos estudos de Banet e Ayuso (1995), o livro didático em sua organização estrutural pressupõe que, ao estudar as leis de Mendel, os alunos sejam capazes de reconhecer qual é a lei implícita no problema proposto e apliquem uma estratégia de resolução semelhante àquela que o professor já usou para resolver outro problema.

Estes autores acrescentam que muitos livros mencionam os cromossomos e genes quando explicam os conceitos básicos da genética, mas não fazem referência a eles quando descrevem a mitose e a meiose. Quando apresentam a meiose dissociada dos fundamentos da genética, dificultam a resolução de problemas que envolvem este processo e a segregação gênica. Problemas relacionados a hereditariedade humana, como por exemplo, a herança ligada ao sexo são resolvidos através de estratégias que não são claramente descritas e associadas as leis de Mendel.

Sendo assim, a escolha dos tipos de problemas pelo professor e as conseqüentes estratégias de resolução que eles favorecem podem permitir que o aluno trabalhe com determinada situação de maneira a resolvê-la da forma mais rápida e funcional possível. O que remete ao uso de algoritmos na solução dos problemas propostos.

Na literatura, o uso de algoritmos como forma de desenvolver o raciocínio do aluno na aprendizagem de situações mais complexas parece, em alguns casos, ser importante. Como enfatiza Stewart (1988), apesar das conotações pejorativas que podem estar associadas a esta prática, a utilização significativa de algoritmos é necessária para desenvolver no aluno o hábito de criar e comparar hipóteses que solucionem o problema e pode ser útil, em certa medida, para promover a aprendizagem de conceitos. No entanto, os alunos precisam compreender os problemas e decidir por que aplicar este e não aquele algoritmo em uma determinada situação.

Esta circunstância facilitará que, mais tarde, os alunos possam enfrentar situações-problema mais complexas, abertas e sem uma única solução aceitável, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio científico. Neste sentido, os problemas tipo efeito-causa podem ser muito úteis. Este tipo de problema, com características qualitativas e quantitativas, suporta enunciados que aproximam o aluno da dinâmica de um problema experimental e permitem a ele realizar raciocínios hipotético-dedutivos, desenvolvendo a capacidade de empregar modelos com maior poder explicativo. Assim, o aluno habitua-se a gerar e interpretar os dados do cruzamento, construir hipóteses explicativas para a situação, estabelecer certa planificação de resolução e analisar seus resultados, decidindo quando alcançou uma solução consistente para o problema.

Todavia, é preciso ter certos cuidados nesta avaliação, pois, conforme os resultados encontrados por Ayuso et al. (1996), é possível resolver alguns problemas do tipo efeito-causa através da aplicação direta de algoritmos. O domínio do algoritmo, afirmam os autores, requer pouco mais que conhecer os truques para utilizar letras e lidar com termos simples de aplicar, como dominância e recessividade (letras maiúsculas e minúsculas), homozigose e heterozigose (letras iguais ou diferentes). Isto seria suficiente para que qualquer pessoa que conhecesse estas regras, ainda que sem formação específica em genética, pudesse encontrar a solução correta para os problemas, inclusive alguns do tipo efeito-causa.

Em função disto, vale a pena resgatar o que já lembrou Stewart (1988), que a aplicação isolada de algoritmos na resolução de problemas em genética não garante aprendizagens do tipo conceitual, nem o desenvolvimento de raciocínios que permitam aos alunos resolver verdadeiros problemas. Estes aspectos precisam ser considerados dentro de um contexto educativo que leve em conta o conteúdo que está sendo estudado, o tipo de problema em questão e os recursos que os alunos dispõem para resolvê-lo.

A este respeito, Sigüenza Molina (2000) conclui que as dificuldades relacionadas com o enfoque dos problemas e as estratégias de resolução são mais difíceis de explicar. Até agora as investigações didáticas deste aspecto parecem aglutinadas dentro de uma espécie de *caixa preta*, pois cada tipo de problema pode trazer consigo um objetivo nem sempre explícito e que interfere na forma de resolvê-lo. Desta maneira, argumenta o autor, as dificuldades não estariam localizadas tanto no modelo mental que o aluno constrói sobre o problema ou na escolha do modelo que possa apresentar maior grau de correspondência com os dados apresentados; ou ainda, se o problema tem ou não significado para o aluno. Mas sim, nas restrições que derivam do tipo de problema escolhido e do enunciado que ele apresenta.

Em uma pesquisa realizada com estudantes universitários de biologia submetidos a uma situação-problema (termodinâmica), Buteler e Gangoso (2001) mostraram que existe uma relação direta entre o formato do enunciado do problema e as ações que os alunos desenvolvem para resolvê-lo. Assim, o mesmo problema apresentado através de enunciados distintos pode gerar soluções completamente diferentes, pois os alunos não interpretam a situação da mesma forma. Ao ler o enunciado, o aluno constrói uma representação mental composta de fatores internos e externos, mais específicos ou mais amplos, que o leva à solução final.

Estas reflexões se assemelham às idéias de Pozo (1998), para o qual as diferenças na utilização de estratégias de resolução dependem da pessoa contar com regras suficientes para responder, mas especialmente da estrutura da tarefa e das instruções que a acompanham. Baseado em outro trabalho da área, onde as representações que um sujeito constrói são afetadas diretamente pela forma como adquire as instruções da tarefa, o autor conclui que o aluno escolhe dentre as estratégias alternativas disponíveis, aquela que melhor se encaixa na linguagem usada no enunciado do problema que está resolvendo. Ao invés de procurar a

representação mais eficaz, que tornaria mais fácil a solução da tarefa, ele se deixa guiar pelas características superficiais do problema quando escolhe a estratégia mais útil.

Gil Pérez et al. (1999), ao discutir sobre o sentido em distinguir aprendizagem de conceitos, resolução de problemas e práticas de laboratório, chamam atenção para as dificuldades que os enunciados dos problemas representam quando se busca transformar os problemas escolares em situações mais abertas, que aproximariam o aluno de uma experiência investigativa dirigida. Se este se constitui em um dos objetivos da RP na educação em ciências, a conclusão objetiva é de que não basta mudar os enunciados dos problemas para alcançar êxito nesta atividade, mas é necessário estar atento a este fator para que ele não se torne obstáculo nesta busca.

Os enunciados ou as instruções devem proporcionar ao aluno a informação necessária para identificá-los como um problema. No entanto, quando estas instruções definem a tarefa de forma muito fechada, os alunos com pouco domínio conceitual e procedimental não conseguem compreendê-la como um problema significativo. Por outro lado, tarefas muito abertas ou pouco concretas em suas instruções podem fazer com que o aluno não se atenha aos objetivos instrucionais previstos e entenda o problema em um contexto diferente do esperado. O enunciado não constitui uma definição ou proposição do próprio problema, mas, através dele, é preciso que o aluno seja capaz de definir, formular e solucionar as situações, partindo da ativação dos conhecimentos prévios que possui (Pozo, 1998).

Desta forma, os problemas escolares, pelo tipo de situação que podem propor e pelas estratégias de resolução, estariam a meio caminho entre os problemas cotidianos e os problemas científicos.

Considerando as idéias apresentadas no contexto, tentei mostrar como determinados fatores, explícitos e implícitos na RP, representam desafios consideráveis para o processo de ensino-aprendizagem. Por isso, acredito ser necessário criar uma coerência entre a metodologia empregada nesta atividade e a proposta de problemas que associem domínio conceitual e procedimental, levando em conta os conhecimentos prévios que o aluno já possui.

Apoiada na literatura apresentada, minha pesquisa busca compreender determinados aspectos da relação entre RP e aplicação de conceitos em genética mendeliana no Ensino Médio. Entendendo melhor como se articulam determinados

aspectos desta relação, espero poder indicar alternativas pedagógicas que permitam organizar e executar melhor esta atividade, de forma mais significativa para o aluno e criteriosa para o professor.

Acredito que se isto ajudar a diminuir a distância entre as pesquisas na área e sua aplicação na realidade concreta das aulas de genética, estaremos mais próximos daquilo que propõe Pozo (1998, p. 15) quando afirma: "O verdadeiro objetivo final da aprendizagem da solução de problemas é fazer com que o aluno adquira o hábito de propor-se problemas e de resolvê-los como forma de aprender".

Nestes dois capítulos que fundamentam esta pesquisa, procurei apresentar o cenário das pesquisas em RP em ciências, enfocando aspectos peculiares desta atividade na área de genética. As observações que fiz ao longo das referências citadas refletem meu esforço em procurar compreender melhor esta atividade no contexto do Ensino Médio. Deste modo, entendo que a discussão destes aspectos pode fundamentar o caminho metodológico a seguir e lançar luz na análise das informações colhidas junto aos alunos.

## CAPÍTULO III

### ANALISANDO A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM GENÉTICA: CAMINHOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 - O contexto da pesquisa e a população pesquisada

Esta pesquisa estuda o processo de resolução de problemas em genética em uma população específica, formada por alunos e alunas do Ensino Médio da cidade de Florianópolis-SC.

Esta população foi constituída dos 71 alunos da terceira série do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Santa Catarina. Trata-se de uma escola pública que oferece o Ensino Fundamental e Médio de caráter propedêutico, vinculada ao Centro de Educação desta Universidade e cujo caráter institucional inclui entre seus objetivos, além do ensino, projetos pedagógicos de pesquisa e extensão. Situa-se no Campus Universitário e conta com espaço amplo, salas de aula e laboratórios para diversas finalidades. Seu corpo docente é formado por 79 professores efetivos graduados e pós-graduados (20 especialistas, 38 mestres e 06 doutores).

A escola recebe alunos de vários bairros da cidade, sendo o ingresso em qualquer de suas séries realizado por meio de sorteio público de vagas. Desta forma, em seus alunos encontram-se representados diferentes perfis sócio-econômicos e culturais que compõem nossa sociedade. O Colégio de Aplicação tem mais de quarenta anos de atividade e nele já foram desenvolvidos inúmeros trabalhos de pesquisa apoiados pela comunidade escolar.

O currículo escolar é organizado por disciplinas e, como na grande maioria das escolas, o programa de biologia prevê o ensino de genética na terceira série do Ensino Médio, constituída por três turmas de aproximadamente vinte e cinco alunos. As turmas tiveram o mesmo professor de biologia que desenvolveu um plano de ensino único em todas.

Entre os estudantes pesquisados ( $n = 71$ ) havia quarenta e quatro meninos e vinte e sete meninas, com idades que variavam entre 16 e 19 anos com média de 17 anos. A maioria deles concluiu o Ensino Fundamental no próprio Colégio ou em

outra escola pública. Para efeito desta pesquisa e mantendo-se o anonimato dos nomes, eles foram identificados por números de 01 até 71, desconsiderando a turma à qual pertenciam na série.

Quando da aplicação dos instrumentos de coleta de dados da pesquisa, os alunos já tinham estudado a unidade de genética básica. Observando o programa de ensino que o professor apresentou e conversando informalmente com ele, tive acesso aos conteúdos trabalhados em sala. Em síntese, seu programa de ensino inicia com uma introdução ao estudo de genética destacando aspectos gerais desta área, sua importância social e seus avanços científicos contemporâneos. Ainda nesta fase introdutória o aluno tem oportunidade de fazer uma revisão nos tópicos sobre DNA, RNA e cromossomos, divisão celular – mitose e meiose - e suas características, diferenciação celular e síntese de proteínas, conteúdos abordados na primeira série do Ensino Médio desta escola.

Uma vez finalizada esta revisão, tem início a apresentação de conceitos fundamentais em genética como genes, alelos, cromossomos homólogos, genótipo, fenótipo, dominância e recessividade, homozigose e heterozigose. Na medida que são introduzidos estes conceitos, os alunos tomam contato com os estudos da primeira lei de Mendel e recebem noções de probabilidade e de construção de genealogias, aspectos importantes para resolução de problemas na área.

O programa de ensino prossegue com o estudo de assuntos como a ausência de dominância, alelos letais e alelos múltiplos. Segue com a apresentação da segunda lei de Mendel e sua relação com a meiose e as noções de probabilidade, genealogias, determinação dos tipos de gametas e herança dos grupos sanguíneos humanos. Inclui tópicos sobre ligação gênica, permutação e mapa gênico. Discute aspectos da pleiotropia, interação gênica e herança quantitativa e conclui-se com o estudo dos padrões de herança sexual.

Cada um destes tópicos era acompanhado de muitos exercícios e atividades práticas executadas no laboratório, compondo a principal estratégia de ensino proposta pelo professor. Este programa foi desenvolvido durante todo o primeiro semestre de 2004 e parte do segundo.

Em conversa informal com o professor das turmas tive a oportunidade de expor os objetivos da minha pesquisa, a metodologia que pretendia desenvolver e como se daria a participação de seus alunos neste contexto. Nesta mesma conversa, indaguei sobre a metodologia que ele costumava empregar nas aulas



para sistematizar os conteúdos do programa de ensino. As considerações que seguem refletem, em certa medida, o resultado desta conversa sobre a dinâmica das aulas de genética.

Quanto ao material didático, o professor relatou que as turmas não adotavam livro-texto, mas foi indicado e sugerido um livro para que os alunos pudessem acompanhar as aulas e realizar pesquisas em sala e fora dela. O conteúdo foi organizado a partir de textos propostos pelo professor, aulas experimentais (laboratório), exercícios dirigidos e seminários que foram realizados pelos alunos.

Os conceitos de genética foram apresentados pelo professor em aulas expositivas e práticas de laboratório, com o auxílio de material de apoio que contextualizava a discussão e estabelecia relação com a revisão feita sobre outros aspectos da biologia. Os alunos tomavam notas de aspectos importantes da explicação e, a partir dessa discussão e da leitura dos textos oferecidos pelo professor, procuram aplicar estes conceitos através da realização de exercícios em sala de aula e fora dela.

Em geral, os exercícios realizados em sala de aula são semelhantes àqueles encontrados nos livros didáticos e nos vestibulares do país. O professor escolhia estrategicamente alguns deles para resolver, explicando os passos dessa resolução e discutindo os conceitos envolvidos na questão. Dessa forma, os alunos passavam a se familiarizar com a técnica e a mecânica de resolução e procuravam fazer uso de termos genéticos, como genótipo e fenótipo, homocigoto e heterocigoto, dominante e recessivo, entre outros. Dúvidas e questionamentos sobre os problemas eram esclarecidos durante a sessão de exercícios em aula. O professor recomendava que os alunos realizassem exercícios suplementares, além daqueles resolvidos em aula. Havendo necessidade de recuperação de conteúdos, solicitava a presença do(s) aluno(s) em uma sessão de atendimento paralelo, fora do horário de aula regular e oficialmente prevista no horário do professor e do aluno.

A avaliação das turmas levava em conta a apresentação escrita e oral dos seminários, a elaboração de relatórios de aula experimental (laboratório), além da aplicação de provas e testes onde apareciam exercícios de genética similares àqueles realizados em aula.

### 3.2 - A coleta de dados

A busca de informações que subsidiassem a presente pesquisa foi precedida pela elaboração e execução um projeto-piloto que envolveu 81 estudantes, sendo 40 alunos da terceira série do Colégio de Aplicação e 41 alunos da terceira fase do Curso de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, durante o segundo semestre de 2003. Nenhum destes alunos participou da amostra definitiva deste estudo, composta no ano seguinte.

O objetivo da aplicação deste piloto foi testar os instrumentos de coleta de dados e a metodologia de análise das informações obtidas. A escolha dos alunos de Odontologia tinha em vista o fato da professora de genética deste curso já ter realizado atividades com resolução de problemas em suas turmas, analisando como respondem a elas os alunos no Ensino Superior. Assim, através deste piloto se procurou testar os instrumentos em grupos com características semelhantes às da população a ser investigada, antes de aplicá-los definitivamente. Desta forma, procurei seguir as orientações encontradas em Silveira et al. (2004, p. 115-116) sobre os instrumentos de coleta de dados da pesquisa:

Recomenda-se que seja aplicado a indivíduos que não façam parte efetiva da população ou amostra a ser estudada, mas que possuam características semelhantes a estas. É uma verificação anterior para observar até que ponto os instrumentos de coleta de dados têm condições de garantir resultados isentos de erros. Este procedimento deve estar presente nas pesquisas que adotam o método qualitativo.

Este piloto foi composto de um questionário (Anexo 1) contendo diversos problemas de genética que deveriam ser resolvidos individualmente em sala de aula pelos alunos, sem consulta a material de apoio, como livros ou cadernos com anotações, além de uma entrevista semi-estruturada realizada com uma amostra dos alunos que responderam ao questionário.

Estes problemas tratavam de conteúdos discutidos nos programas de genética do Ensino Médio e envolviam conceitos fundamentais em genética, como meiose e leis de Mendel. O questionário foi organizado como uma lista de questões de múltipla escolha e problemas, onde se procurava verificar de que maneira os alunos aplicavam - e se aplicavam - os conceitos discutidos nesta disciplina e qual a estratégia adotada para resolver seus problemas. Ao final do questionário foi

solicitado que os alunos avaliassem esta tarefa, opinando sobre o nível de dificuldade das questões, o tempo destinado para sua realização (02 aulas) e a aplicabilidade do próprio questionário naquela situação.

A partir da análise das respostas aos problemas, chamaram minha atenção as dificuldades e os erros freqüentes entre os alunos, indicando elementos que precisavam ser analisados com muita atenção se desejasse entender como esta atividade se estrutura para o aluno. Selecionei então, quatro alunos para uma entrevista-piloto entre aqueles nos quais identifiquei dificuldades conceituais significativas e estratégias de resolução que poderiam ser reveladoras sobre como a atividade está estruturada. Durante esta entrevista questionei os alunos sobre suas respostas, a maneira como resolveram os problemas, que conceitos foram necessários nesta resolução e quais as dificuldades encontradas neste processo.

O papel desta entrevista-piloto foi muito esclarecedor, pois permitiu obter informações complementares ao questionário, especialmente àquelas relativas à estratégia de resolução dos problemas propostos e do tipo de dificuldade conceitual envolvida nesta tarefa. Neste aspecto observei um dos limites do questionário-piloto que, além de muito extenso, não pedia que o aluno justificasse sua resposta, dificultando a análise dos dados.

A aplicação e avaliação do piloto auxiliaram a elaboração do instrumento definitivo de coleta de dados desta pesquisa, permitindo refletir sobre o tipo de problema que deveria constar no questionário, seus objetivos, as possibilidades de obtenção de respostas e o tempo necessário para esta tarefa, além de permitir determinar com maior clareza, o tipo de pergunta que precisaria ser feita na entrevista e quais os critérios de escolha dos alunos a serem entrevistados.

Desta forma, ficou estabelecido que a análise deveria envolver apenas a população formada pelos alunos do Ensino Médio. Ficou claro também que os problemas que compunham o questionário-piloto precisavam ser organizados de maneira que pudessem ser complementados com o recurso da entrevista na coleta definitiva dos dados.

Levando em conta todas estas considerações, o questionário e a entrevista semi-estruturada se mostraram instrumentos potencialmente úteis para coleta de dados da pesquisa. A combinação dos dois instrumentos permitiu trabalhar não só avaliando determinadas variáveis em um grupo social via questionário, como também interagir com as pessoas (alunos), interpretando suas respostas e

pensamentos sobre o assunto via entrevista. Esta interação com os alunos, alcançada no processo de entrevista, foi determinante para perceber o problema de pesquisa e buscar formas de compreendê-lo melhor. Ela também é ressaltada nas palavras de Lüdke e André (2001, p. 33-34) quando afirmam:

mais que outros instrumentos de pesquisa, que em geral estabelecem uma relação hierárquica entre o pesquisador e o pesquisado, como na observação unidirecional, por exemplo, ou na aplicação de questionários ou de técnicas projetivas, na entrevista a relação que se cria é de interação, havendo uma atmosfera de influência recíproca entre quem pergunta e quem responde. [...] Pode permitir o aprofundamento de pontos levantados por outras técnicas de coleta de alcance mais superficial, como o questionário.

Assim, como resultado da avaliação do piloto, as questões que compõem o questionário definitivo foram organizadas como forma de viabilizar os objetivos da pesquisa. A entrevista com os alunos permitiu complementar a análise, iniciada com os dados do questionário, esclarecendo e confrontando respostas e procedimentos escritos com a expressão oral e discursiva dos alunos. Através dela espera-se superar os aspectos puramente descritivos dos dados e alcançar um enfoque mais qualitativo nesta análise.

Tendo em vista que o primeiro semestre do ano de 2004 e parte do segundo foram dedicados ao estudo dos tópicos de genética na disciplina de biologia, a coleta definitiva de dados nas turmas de terceira série só pode ser realizada no final do segundo semestre deste mesmo ano.

### **3.3 - O questionário**

No delineamento da pesquisa para coleta de dados, o questionário definitivo (Anexo 2) foi construído levando em conta as observações levantadas anteriormente. Ele foi composto por sete questões de genética, sendo cinco dissertativas e duas de múltipla escolha. Em todas as questões é pedido que o aluno justifique sua resposta.

A utilização deste instrumento procurou identificar como o aluno aplica os conceitos fundamentais em genética na RP que envolvem formação de gametas, determinação de genótipos, separação e localização de alelos nos cromossomos; e

ainda, se o aluno usa o quadro de Punnett e a simbologia genética de forma significativa em problemas que envolvem esta situação.

Os problemas foram resolvidos individualmente e sem consulta a material de apoio (livros ou cadernos com anotações). Optei por este tipo de estratégia na aplicação do questionário pois o resultado poderia indicar como cada aluno organiza e sistematiza seu conhecimento em genética, em uma situação comum em sala de aula.

Antes da aplicação do questionário mantive contato com os alunos a fim de explicar-lhes meus objetivos com esta pesquisa e convidá-los a participar da mesma. Considerando ser também de seu próprio interesse, o professor e as turmas se dispuseram a participar espontaneamente da coleta dos dados. Nesta oportunidade, apresentei o formato da pesquisa e como se daria a coleta das informações, comentando sobre a utilização do questionário e da entrevista a serem realizados. Nas orientações gerais procurei salientar que embora a atividade devesse ser realizada individualmente e sem consulta, não se tratava de uma prova de genética e que, se houvesse dúvidas no enunciado das questões, elas poderiam ser esclarecidas comigo.

Apliquei o questionário nas três turmas na mesma manhã, no espaço de 02 aulas contínuas da disciplina de biologia, durante o mês de novembro de 2004. Todos os alunos conseguiram realizar a atividade no período e nas condições propostas inicialmente.

Quanto às questões que compõem o questionário cabem algumas observações. Algumas delas apresentam diferenças em relação aos problemas típicos de livro didático e apostila pré-vestibular de genética. É comum encontrar nestes materiais atividades que favorecem mais a aplicação de algoritmos e fórmulas, apresentando questões que privilegiam o raciocínio do tipo *causa-efeito*. Ao propor as questões, tinha em mente que elas permitissem avaliar, sob certas circunstâncias, o domínio conceitual em genética mendeliana e as estratégias de resolução de diferentes tipos de problemas utilizadas pelos alunos do Ensino Médio. Entre os alunos pesquisados, muitos já haviam resolvido exercícios semelhantes a estes nas aulas de genética ou estudando em casa, embora com pouca frequência.

Desta forma, organizei genericamente as questões em dois grupos, que se complementam em suas exigências. O primeiro grupo, da primeira questão até a quarta, está mais relacionado ao domínio conceitual de certos aspectos da genética

e procura identificar como o aluno usa o quadro de Punnett e o significado de seus elementos; verificar se ele reconhece símbolos, representados por letras (alelos e genes) e aplica conceitos básicos importantes: alelos, locus gênico, cromossomos homólogos, genótipo, heterozigose e homozigose; como articula a segregação independente de genes e formação dos gametas; e que estratégia geral adota para resolver um problema que envolva formação de gametas (questão 3 e 4a) e determinação dos genótipos dos descendentes de um cruzamento (questão 4b). São problemas relativamente comuns e freqüentes em aulas de genética.

O segundo grupo, representado pelas demais questões, foi elaborado para identificar as estratégias de resolução de problemas e domínio conceitual de forma mais complexa. Nesta parte, o aluno deve resolver questões que envolvam dois alelos de genes distintos e articular conceitos genéticos ligados a este tipo de problema; representar, através de desenhos, cromossomos e alelos; e descrever os tipos de gametas formados em uma dada situação. Em geral são problemas que exigem aplicação de vários dos conceitos anteriormente mencionados e articulação com certas estratégias de resolução e, por isso, maior discernimento em sua resolução.

Em última análise, procurei estabelecer uma relação entre as distintas situações propostas aos alunos ao longo do questionário, de tal forma que a resposta da sétima questão pudesse servir para avaliar respostas emitidas nas primeiras questões. Também o grau de complexidade das situações se amplia, na medida em que vai se exigindo que o aluno estabeleça novas relações entre diferentes conceitos e empregue um conjunto maior de estratégias para resolver as questões.

Em cada questão pedi ao aluno que justificasse sua resposta. Na prática isto tinha dois objetivos. Um deles era permitir que o aluno, ao avançar na solução dos problemas, tivesse a oportunidade de raciocinar sobre a estratégia que adotou para resolver cada questão e os conceitos que precisou usar; o outro era facilitar minha compreensão sobre os motivos que o levaram a escolher determinado caminho de resolução e como aplicou os conceitos envolvidos na questão.

Isto me permitiu usar o questionário como instrumento de apoio para estruturar melhor a entrevista e, através dela, compreender aspectos que não poderiam ser alcançados somente pela aplicação deste instrumento. A idéia foi associar estas duas ferramentas, procurando nesta complementação, seguir as

orientações encontradas nas palavras de Triviños (1987, p. 171) sobre o uso destes recursos em pesquisas qualitativas:

Os resultados do questionário, por exemplo, alimentam o desenvolvimento da entrevista semi-estruturada[...]. Isto significa que as respostas dos questionários devem ser conhecidas e interpretadas, antes da aplicação dos outros instrumentos.

Assim, o questionário permitiu uma visão não só quantitativa do número de acertos e erros encontrados nas respostas, mas permitiu uma análise qualitativa quanto às possíveis origens destes erros e dificuldades e o tipo de estratégia de resolução que poderia estar implícito.

### 3.4 - A entrevista

A entrevista semi-estruturada foi outro recurso adotado na coleta de dados. Neste sentido, procurei seguir aqui a definição básica e os objetivos deste recurso conforme encontrei registrado em Triviños (1987, p.146, grifo do autor):

Podemos entender por *entrevista semi-estruturada*, em geral, aquela que parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam à pesquisa, e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem as respostas do informante.

Desta forma, a entrevista se consolidou a partir da análise das respostas aos problemas propostos no questionário, quando foram escolhidos sete alunos para este procedimento (10% da população). A seguir, estão descritas algumas observações importantes sobre a aplicação deste recurso.

O critério de escolha dos alunos para a entrevista foi o tipo de resposta dada aos problemas do questionário. Para qualificar esta escolha, as respostas foram classificadas a partir da sobreposição de acertos e erros comuns entre os diferentes problemas e seus objetivos. A partir da análise dos dados do questionário foi possível identificar quais os alunos que, por exemplo, responderam corretamente todas ou quase todas as questões; quais os que acertaram o primeiro grupo de questões e erraram o segundo; qual a incidência de acertos e de erros em cada uma das questões; quais as possíveis estratégias que adotaram para resolver as questões de um grupo e de outro. Com base nisto, os alunos puderam ser organizados pelo tipo de resposta encontrada nas questões. Esta organização

aparece retratada nas tabelas de resultados do questionário dos alunos, incluídas no Anexo 3.

Este instrumento de informação adicional ajudou a complementar a visão geral das respostas dos alunos. Basicamente, para cada questão foi construída uma tabela na qual as respostas de cada aluno estão situadas nos grupos de respostas formados. O objetivo deste instrumento é oferecer à análise uma visão mais clara sobre o tipo de escolha feita pelo aluno ao responder as questões e a forma como ela foi classificada nesta pesquisa. Desta forma, é possível, por exemplo, seguir o curso das respostas de um determinado aluno através de sua classificação nas tabelas. Isto pode favorecer a análise das informações do questionário não apenas sob o viés quantitativo (percentual), mas fornecer elementos sob a forma como procedeu determinado aluno em uma questão específica, qual sua escolha na questão anterior ou na questão seguinte.

Este mapeamento das respostas permitiu selecionar os candidatos à entrevista, tomando como critério o tipo de resposta dada aos problemas e a representatividade destas respostas na população pesquisada.

Em outras palavras, uma vez identificado que a maior parte dos alunos apresentavam nas suas respostas dificuldades e erros comuns, optei por escolher entre elas, aquelas que seriam representativas destes tipos de erros. Em função disto, o mais importante foi identificar a forma como o aluno articulou a resposta dada ao conceito envolvido e o tipo de dificuldade que encontrou na resolução, o que me permitiu situá-lo em um determinado grupo de respostas semelhantes.

Interagindo com os alunos durante a entrevista, procurei trazer à tona o tipo de estratégia que estava por trás das respostas ao questionário, uma vez que o aluno explicaria os passos que deu para resolver determinado problema; e ainda, observar se houve indícios de resolução mecânica e insuficiência conceitual nesta atividade, através da forma como ele justifica os termos ou das expressões que usou para responder determinada questão.

As entrevistas foram gravadas individualmente e realizadas nas dependências do próprio Colégio de Aplicação da UFSC, durante o mês de novembro de 2004. Para realizá-las, foram utilizadas as aulas de biologia, quando o aluno era convidado a um local reservado. Isto evitou que ele precisasse estar na escola em horário inoportuno ou contrário ao seu período letivo. As entrevistas duravam, em média,



trinta e cinco minutos com cada aluno e o roteiro básico seguido está registrado no Anexo 4.

Entre os alunos entrevistados havia quatro meninos e três meninas, identificados pelos números 18, 26, 51, 52, 57, 63 e 67, na ordem em que a entrevista foi realizada. Os alunos pertenciam às três turmas de terceira série. As entrevistas foram registradas por gravação direta e posteriormente transcritas, aparecendo no Anexo 5 deste trabalho. Um pequeno trecho no final da entrevista realizada com o aluno 67 acabou sendo desconsiderado na análise dos dados pois a gravação apresentou problemas técnicos, o que impossibilitou sua correta transcrição.

Alguns procedimentos comuns adotados durante a realização das entrevistas foram: receber os entrevistados e apresentar os objetivos e metodologia da entrevista; mostrar o questionário ao entrevistado, discutindo suas respostas a partir daquilo que estava escrito ou desenhado no mesmo; pedir que o aluno explique e descreva seus desenhos, identificando neles o que a questão pedia; e que ele descreva os passos que deu para chegar a esta ou àquela conclusão.

Algumas das perguntas comuns dirigidas aos entrevistados foram: você poderia explicar sua justificativa para esta questão? (menciono a questão); explique o seu desenho (mostro o desenho); como chegou a essa conclusão?; você vê diferença entre o desenho desta questão e o da questão anterior? (mostro os dois desenhos). Em geral, as perguntas feitas durante a entrevista eram dirigidas a determinadas questões, que foram escolhidas a partir da análise das informações dadas pelo aluno no questionário. Desta forma, os entrevistados eram argüidos sobre suas respostas quando estas poderiam favorecer a análise da situação pesquisada e apresentada anteriormente.

Ao conversar com os meninos e meninas sobre suas respostas procurei, na medida do possível, superar alguns dos limites que se delineavam nesta interação. O fato de estar diante de um gravador, de uma pessoa que não conheciam e de ter que justificar ou explicar respostas escritas semanas atrás, afetava de diferentes modos os alunos. Alguns sentiam certa inibição, outros ficavam ansiosos e nervosos e acabavam falando muito ou quase nada. Na maioria dos casos, foi preciso contextualizar a pergunta feita ao aluno, dando explicações sobre ela ou sobre o que buscava entender na sua resposta. Isto foi necessário para superar as dificuldades e

ajudar o aluno a se sentir acolhido, confiante e motivado para avaliar suas respostas e escolhas.

Estas dificuldades acompanharam todas as entrevistas, refletindo-se em maior ou menor grau nas perguntas do entrevistador e nas respostas dos alunos. Ao realizar a entrevista tive a oportunidade de experimentar com os alunos a diferença do que Pozo (1998) qualifica como conhecimento declarativo e conhecimento procedimental, uma vez que os alunos sabiam *dizer algo* sobre aquilo que tinham feito no questionário mas tinham grande dificuldade em falar *como* tinham procedido para fazê-lo. Um dos exemplos que pode ilustrar esta dificuldade pode ser visto na transcrição de um trecho da entrevista do aluno 63, quando ele justifica a resposta dada à questão 7. Pode-se notar que ele procura verbalizar a ação (como resolveu o problema) valendo-se de determinados conceitos em genética para expressá-la (alelos, homocigoto, dominante):

*Os dois alelos estão no mesmo cromossomo, devem estar desenhados no mesmo desenho... no do pai, o homem é homocigoto e dominante, eu botei 'D' e 'F' em uma coisinha só (referindo-se à cromátide esquerda, identificada com a letra 'p')...e a mãe, é heterocigoto... eu botei 'd' e 'f'. (referindo-se à cromátide identificada pela letra 'm')*

Para facilitar a análise da transcrição das entrevistas dos alunos, a compreensão dos termos usados e a localização de aspectos dos desenhos apresentei no Anexo 6 o questionário de todos os alunos entrevistados. Acredito que a interpretação das respostas às perguntas pode ficar mais clara quando acompanhada do questionário correspondente.

Mesmo enfrentando várias dificuldades, procurei através da entrevista compreender o caminho que os alunos percorreram até a resposta e suas estratégias de resolução, indagando sobre os conceitos de genética envolvidos na questão e quais as dificuldades encontradas na resolução deste tipo de problema. Embora muita informação presente nas respostas às entrevistas e na análise do questionário pudesse ser aproveitada sob outras perspectivas, procurei no espaço e nas condições desta pesquisa priorizar aquelas que pareciam mais significativas para análise do fenômeno estudado.

Em função do limite de aplicação e validade dos instrumentos de coleta de dados desta pesquisa, cabe ainda ressaltar que nem o questionário nem a entrevista foram propostos para medir a capacidade de raciocínio do aluno na resolução de problemas em genética. A finalidade deles é ajudar na identificação de possíveis traços de resolução mecânica e insuficiência conceitual para, desta forma,

possibilitar uma melhor compreensão das dificuldades encontradas nesta atividade e sua relação com o processo de ensino-aprendizagem em genética.

### **3.5 - A análise dos dados**

As respostas aos problemas propostos no questionário mereceram dois momentos de análise. Em um primeiro momento, elas foram categorizadas através do cruzamento de acertos e erros encontrados. Em um segundo momento, mais qualitativo, estes dados foram complementados pelas justificativas dadas nas respostas.

A análise dos dados também levou em conta o resultado das entrevistas feitas com os alunos selecionados. Observando os objetivos e a execução destas entrevistas, busquei identificar respostas com indícios sobre o tipo de estratégia adotada, indícios sobre o domínio conceitual empregado e uso da simbologia genética na RP, associando estes aspectos às informações obtidas no questionário.

Dito de outra forma, na análise das transcrições procurei respostas nas quais o aluno verbaliza a ação de resolver o problema (estratégia adotada); estabelece relação com conceitos genéticos (domínio conceitual); faz referência à simbologia genética e usa recursos algoritmos, como o quadro de Punnett, de forma significativa.

A associação destes recursos (questionário e entrevista) foi organizada para facilitar a apresentação dos resultados e permitir uma melhor análise destas informações.

Para apresentar os resultados da pesquisa, as respostas ao questionário foram dispostas através de gráficos para facilitar a visualização e análise das mesmas. Além disso, após a apresentação das respostas ao questionário segue-se à transcrição de trechos de algumas entrevistas que permitiram complementar a análise definitiva dos dados. A apresentação da transcrição completa de todas as entrevistas, pela sua extensão, demandaria nova organização da seção e por isso elas foram anexadas ao corpo deste trabalho. Acompanhando a formulação de cada questão encontram-se descritos os objetivos da questão, que não aparecem no questionário destinado aos alunos.

A seguir faço algumas observações importantes sobre a organização das respostas na apresentação dos resultados, no intuito de facilitar a análise dos dados.

No questionário, as duas primeiras questões são de múltipla escolha e exigem do aluno respostas diretas, cabendo a ele escolher uma entre as alternativas oferecidas como resposta. Os gráficos que seguem tais questões representam, portanto, a distribuição destas escolhas entre as alternativas oferecidas. Ao final de cada uma destas questões o aluno deveria justificar a escolha feita. A análise destas explicações indicou uma grande diversidade de argumentos. Algumas vezes esses argumentos eram imprecisos quanto ao seu significado, por exemplo, quando o aluno afirma como justificativa: "*porque eu aprendi assim!*" ou "*eu não me lembro!*". Desta forma, escolhi apresentar uma amostra dos tipos de justificativas encontradas, levando em conta que elas fossem representativas de um grupo de alunos.

As demais questões – da três à sete - seguem um padrão básico no qual as respostas foram distribuídas em grupos (A, B, C...) que identificam uma mesma justificativa. Esta distribuição também foi feita através da construção de gráficos correspondentes. Nos gráficos estão representados o percentual de alunos que optaram por aquele tipo de resposta e, entre parênteses, o número de alunos correspondente. Eles permitem uma melhor visualização das respostas no conjunto do universo pesquisado.

Portanto, o critério para elaboração destes grupos foi o tipo de resposta dada à questão e a justificativa da resposta (como chegou a essa conclusão), considerada como a estratégia adotada para resolvê-la. A apresentação das respostas a cada questão é finalizada com a transcrição de trechos de entrevistas importantes neste contexto.

Ao longo da organização das respostas em grupos definidos, adotei um critério para permitir uma apresentação mais genérica das respostas. Desta forma, excetuando-se as duas primeiras questões, as respostas do grupo "A" ou "A<sub>1</sub>" foram consideradas como corretas, enquanto os demais grupos (B, C, D) abrigam respostas incorretas ou alunos que não responderam a questão.

Junto aos grupos de respostas está identificada a principal estratégia usada para resolver a questão. As respostas categorizadas como do grupo "A<sub>1</sub>" diferem de "A" no tipo de estratégia adotada para resolver a questão, em geral através do uso do recurso do quadro de Punnett. Somente na questão 7b, "A<sub>1</sub>" se refere a um tipo de raciocínio importante e diferente do restante das respostas corretas.

As questões cujas respostas envolvem desenhos (questão 5b, 6a e 7a), tiveram seus grupos formados por semelhanças entre estes desenhos. Assim, as respostas escolhidas para representar os grupos são exemplos de desenhos feitos pelos alunos que identificam o padrão geral daquela resposta. Junto a cada exemplo de desenho escolhido aparece descrito, em linhas gerais, o modelo básico que o caracteriza.

As características dos desenhos usados para definir e separar esses grupos são apresentadas nos resultados e foram genericamente baseadas nos modelos de cromossomos mencionados por Ayuso e Banet (2002), como descrito no Capítulo II.

Ainda nestas questões, o grupo "outros desenhos" abriga representações diferentes entre si e que não puderam ser classificados nos grupos anteriores. O grupo foi ilustrado por dois exemplos de desenhos feitos pelos alunos. Tais desenhos, portanto, apresentam grande diversidade de formas e sua interpretação exigiu a criação deste grupo heterogêneo, levando em conta a ausência de um padrão típico.

Quanto à apresentação do resultado das entrevistas, procurei organizar as respostas de forma a colocá-las no contexto da situação analisada na respectiva questão. Introduzo a fala dos alunos entrevistados destacando aspectos de como a situação foi abordada e qual foi a resposta nesta situação. Dei relevância a determinadas falas dos alunos porque caracterizam processos importantes ligados à resposta naquela questão e observados no momento da intervenção.

Como forma de concluir os resultados deste estudo apresento a tabela 1, os gráficos 13 e 14 e trechos de entrevistas dos alunos comentando genericamente sobre a aplicação do questionário, dos tipos de problemas e as dificuldades encontradas neste processo.

A tabela 1 representa o conjunto das respostas de cada um dos 71 alunos ao questionário, considerando apenas a resposta dada à questão (acerto, erro ou não respondeu) e desconsiderando o tipo de justificativa ou estratégia que usaram para respondê-la. Dois gráficos acompanham esta tabela - números 13 e 14, que indicam o desempenho comparativo dos alunos nesta tarefa.

O gráfico 13 distribui o número de acertos, erros e questões não respondidas ao longo de todo questionário. O gráfico 14 caracteriza a distribuição do número de questões com maior índice de acertos ao longo do questionário. A partir deles – tabela 1, gráficos 13 e 14 e entrevista - pode-se dispor de uma visão mais clara

sobre quais as questões com maior índice de acerto, erros e abstenções na população pesquisada.

A análise e interpretação final dos dados basearam-se na articulação das informações fornecidas pelo questionário e entrevista semi-estruturada dos alunos. Alicerçada na interação entre estes instrumentos metodológicos, a pesquisa procurou trabalhar com o subsídio de informações quantitativas e qualitativas, buscando uma interpretação mais geral e panorâmica da situação pesquisada e uma compreensão mais profunda sobre os diversos significados e dificuldades que acompanham a resolução de problemas em genética.

A linha metodológica adotada na pesquisa buscou apoio na observação de diversos outros trabalhos da área. Na revisão sobre os trabalhos de pesquisa em RP em ciências, Costa e Moreira (1997b) comentam que o enfoque dos trabalhos na área tem privilegiado o estudo de heurísticas que buscam análises detalhadas e qualitativas dos problemas relativos a um conteúdo específico, após a diagnose das dificuldades apresentadas pelos alunos.

Segundo estes autores, uma das formas de detectar estas dificuldades é através de testes escritos e indicam que muitos trabalhos sugerem que os alunos reescrevam o problema com suas próprias palavras, usem diagramas ou figuras para representar a situação e reconhecer seus objetivos. Este foi o caminho que tentei seguir. No capítulo seguinte apresento, então, os resultados obtidos a partir do uso destes recursos.

## CAPÍTULO IV

### ANALISANDO A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM GENÉTICA: A RESPOSTA DOS ALUNOS

Neste capítulo apresento as respostas ao questionário e a transcrição de trechos de algumas entrevistas realizadas com os alunos do Ensino Médio. Cada questão apresentada é introduzida pelo objetivo esperado naquela situação, que não aparece no questionário destinado aos alunos.

Com exceção das duas primeiras questões que são de proposição múltipla, as respostas foram organizadas em grupos a partir da estratégia usada pelos alunos para solucionar as questões ou da forma como construíram seus desenhos, quando estes eram solicitados.

Assim, as respostas com o mesmo padrão passaram a compor os grupos A, A<sub>1</sub>, B, C, D ou desenho A, desenho B, desenho C e desenho D, quando estes eram necessários. Considerei as respostas do grupo 'A' e 'A<sub>1</sub>' ou 'desenho A' como corretas; e as demais - B, C, D e os demais desenhos – como respostas incorretas ou alunos que não responderam a questão<sup>1</sup>.

As questões que envolvem desenhos tiveram seus grupos identificados por exemplos de desenhos de alunos onde aparece aquele padrão de resposta. As respostas às duas primeiras questões são seguidas de exemplos de justificativas escritas usadas pelos alunos nesta escolha.

A esta organização seguem os gráficos correspondentes, gerados para permitir uma visão mais clara da distribuição das respostas nestes grupos. Neles estão representados o percentual de alunos que optou por aquela resposta e o número de alunos correspondente, entre parênteses. Após cada gráfico apresento o resultado da entrevista realizada sobre o assunto que envolve cada questão<sup>2</sup>.

Completam esta apresentação os gráficos 13 e 14, que indicam o desempenho comparativo dos alunos no questionário; e a tabela 1, que destaca o desempenho individual destes alunos em cada uma das questões<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> As respostas do grupo A<sub>1</sub> diferem das do grupo A pelo tipo de estratégia apresentada pelo aluno e, em geral, referem-se ao uso do quadro de Punnett na resolução da questão.

<sup>2</sup> A íntegra das entrevistas pode ser encontrada no Anexo 5.

<sup>3</sup> A resposta de um aluno específico em cada questão pode ser identificada através do Anexo 3.

#### 4.1 - Resolvendo problemas: como respondem e o que dizem os alunos

##### Questão 01 e 02 -

**Objetivos:** Estas questões visam identificar como o aluno caracteriza os elementos que compõem o quadro de Punnett .

##### Questão 01-

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett e responda as duas questões seguintes interpretando este esquema:

♂ ♀	<b>B</b>	<b>b</b>
<b>B</b>	BB	Bb
<b>b</b>	Bb	bb

Figura 1 - Quadro de Punnett

1. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (**B**) e (**b**) representam no quadro?

- a) Cromossomos;
- b) Alelos;
- c) Características;
- d) Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta.

##### Respostas:

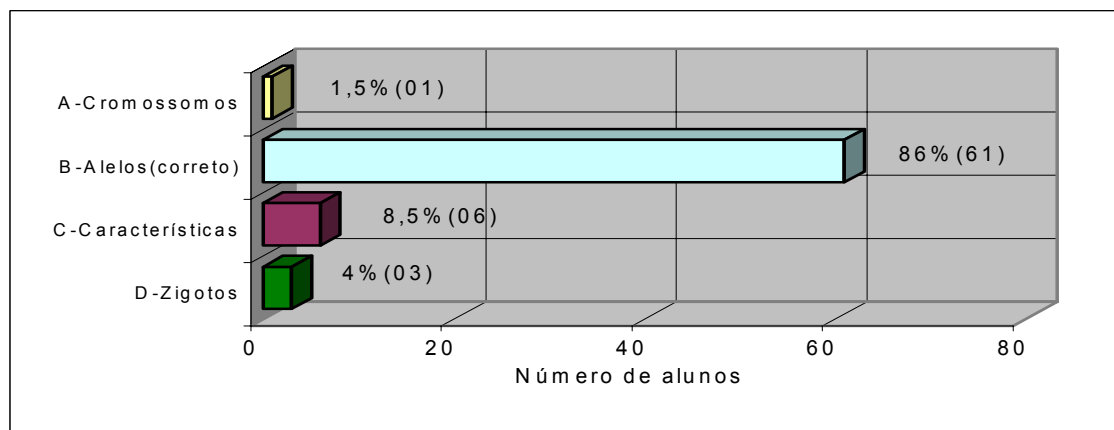


Gráfico 1 : Questão 1 - Distribuição das respostas por alunos.

##### Tipo de justificativa dada às respostas por alternativas:

**Alternativa A** (Cromossomos): "Porque é o conjunto de genes do 'pai' e outro da 'mãe' (cromossomos) que formarão os cromossomos dos filhos." (aluno Nº 33);

**Alternativa B** (Alelos/correta): "Com o cruzamento ocorre à junção dos alelos que transmitirá uma das características para o descendente. As letras representam os alelos dos pais, bem como uma determinada característica." (Nº 06);

"Porque são diferentes genes que irão determinar diferentes características." (Nº 63);

"Pois 'B' e 'b' são variações de um mesmo caráter e estão localizados em cromossomos homólogos." (Nº 52);



**Alternativa C** (Características): "Porque as letras dizem se a pessoa vai ser de um jeito ou de outro." (Nº 17);

"Porque cada alelo representa uma característica e existe uma relação de dominância entre eles." (Nº 57);

**Alternativa D** (Zigotos): "Porque este quadro de Punnett é feito para separar os zigotos e efetuar o cruzamento dos mesmos." (Nº 48);

"São zigotos identificados em cada cruzamento." (Nº 35).

### Questão 02-

2. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?

a) Cromossomos homólogos;

b) Genótipos do zigoto;

c) Características;

d) Gametas;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta.

### Respostas:

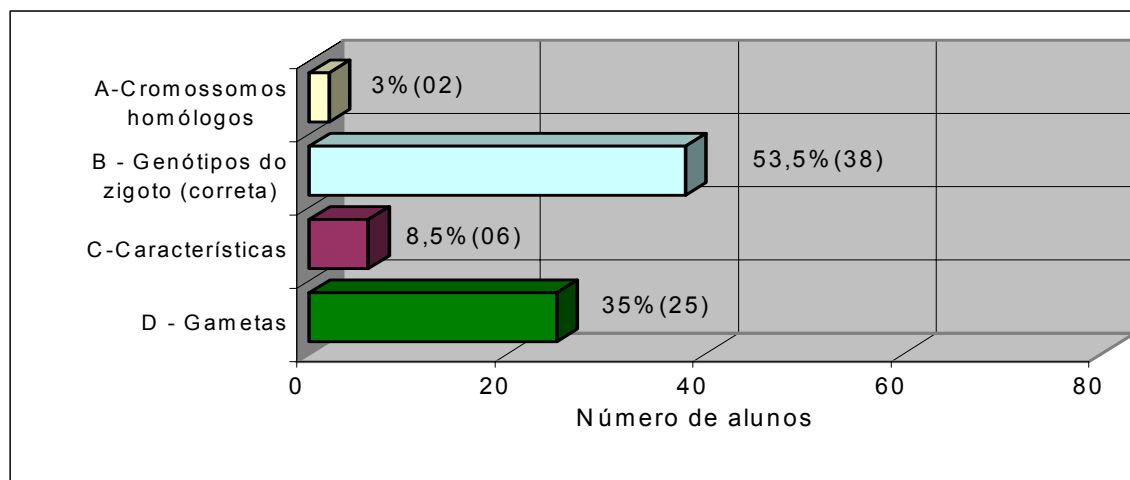


Gráfico 2: Questão 2 - Distribuição das respostas por alunos.

### Tipo de justificativa dada às respostas por alternativas:

**Alternativa A** (Cromossomos homólogos): "sempre que um alelo é representado pela mesma letra (seja maiúscula ou minúscula) significa que estes alelos estão em cromossomos homólogos." (Nº 61);

**Alternativa B** (Genótipos do zigoto/correta): "Quando combinamos os alelos de um gene, presentes nos cromossomos homólogos, temos um genótipo relativo à característica analisada." (Nº 22); "Essas letras representam o genótipo do indivíduo, pode-se determinar sua característica através das mesmas." (Nº 06);

**Alternativa C** (Características): "Porque estas letras mostram uma certa característica dentro do gene. EX: daltonismo, pigmentação da pele, cor do cabelo." (Nº 11);

**Alternativa D** (Gametas): "São gametas formados a partir dos alelos contidos nos cromossomos dos dois indivíduos." (Nº 08); "Eu aprendi assim..." (Nº 67); "Eu não guardo muito o nome de algumas coisas. Nesse caso eu não sei se respondi certo, só sei que consigo resolver problemas deste tipo." (Nº 18).

## Resultados da entrevista

Nas duas primeiras questões (01 e 02) a maioria dos alunos assinalou a alternativa correta sobre o que foi perguntado. Na primeira questão o índice de acerto foi de 86%, mas é possível perceber certa confusão conceitual, expressa nas justificativas escritas da primeira questão. Neste grupo destacam-se alunos como o nº 06, cuja justificativa escrita indica que ele entende qual a participação dos alelos na composição do quadro de Punnett.

Na segunda questão 53% dos alunos escolheu a alternativa correta. As justificativas usadas parecem demonstrar coerência com a escolha feita, como no caso do aluno nº 06. No entanto, 35% deles escolheram a alternativa incorreta indicando principalmente a letra D (gametas), associando as letras que representam o genótipo de um indivíduo com gametas.

Entre os alunos que escolheram esta alternativa incorreta, observei tanto nas entrevistas como nas justificativas escritas pelos alunos que alguns deles não tinham claro o motivo pelo qual assinalaram tal alternativa, talvez por não entenderem a relação entre o uso dos elementos do quadro (no caso, as letras) e seu significado no esquema. Na primeira questão, mesmo os alunos que acertaram podem ter tido este tipo de dificuldade, como pode ser observado em suas justificativas.

Pela justificativa escrita do aluno nº 18 o mais importante parece ser a aplicabilidade do diagrama de Punnett: "eu não guardo muito o nome de algumas coisas. [...] só sei que consigo resolver problemas deste tipo". Na entrevista do aluno 67, a explicação para uma justificativa tão vaga - "eu aprendi assim..." – indica o uso de conceitos pouco compreendidos, expressos através da confusão na aplicação de termos como alelos e gametas, que aparecem nas alternativas da questão.

### Questão 3 -

**Objetivo da questão:** Verificar se o aluno reconhece a simbologia usada nos problemas de genética e identificar as estratégias de resolução em um problema que envolva segregação independente de genes na formação de gametas.

**3. Analise a seguinte situação e responda:**

"Um homem é heterozigoto (AaBb) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".

Em relação ao genótipo, que proporção de seus espermatozóides se espera que sejam ab?

Demonstre como chegou à resposta escolhida.

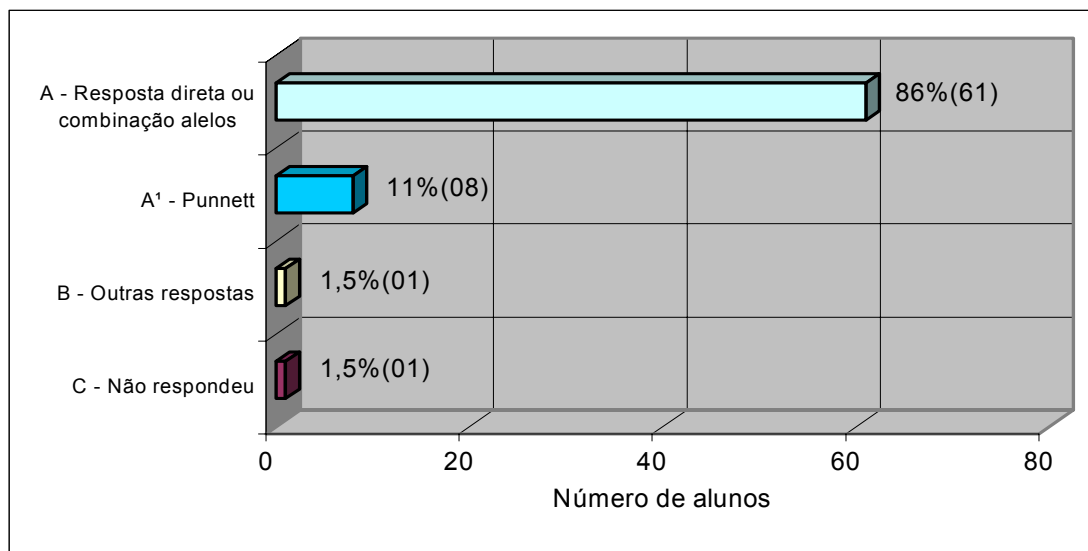
### Respostas:

A - "1/4 ou 25%": resposta direta ou através da combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "1/4 ou 25%": através do uso do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes gametas;

C - Não respondeu.



**Gráfico 3: Questão 3 - Distribuição das respostas por número de alunos.**

### Resultados da entrevista

A grande maioria dos alunos ao responder esta questão apresentou o resultado direto, resolvendo mentalmente a questão ou rascunhando a resposta em outro papel. Entre os que responderam corretamente apareceu uma estratégia que chamei de *combinação de alelos*. No diálogo abaixo, o aluno 51 comenta sobre isto.

**Entrevistador (E):** Como você resolveu a questão 3? Como formou os gametas?

**Aluno 51:** eu fiz 'de cabeça'...

**(E):** o que significa isso?

**Aluno 51:** eu fui fazendo, juntando 'AB', depois pega outro 'A' com 'b' que sobrou, depois 'a' com 'B' e 'a' com 'b'...

**(E):** você foi combinando os alelos?

**Aluno 51:** isso...

Pelos comentários dos alunos 63 e 67, observo que mesmo acertando a questão, eles confundem os termos alelos e gametas. No caso do aluno 63 isto pode ser apenas um erro de expressão - pensou uma coisa e disse outra - mas o aluno 67 volta a usar o termo 'gameta' no lugar de 'alelo', como na questão anterior.

Aluno 63:

**Entrevistador (E):** como é que você chegou nessa conclusão? Como você fez para chegar aqui? (descrevo a questão)

**Aluno 63:** no caso, ele pode formar gametas pela combinação de cada um dos alelos... dava quatro opções, e o alelo pedido era uma delas...

Aluno 67:

$$\begin{array}{l} AB \rightarrow \frac{1}{4} \\ Ab \rightarrow \frac{1}{4} \\ aB \rightarrow \frac{1}{4} \\ ab \rightarrow \frac{1}{4} \end{array} \rightarrow \boxed{\frac{1}{4} \text{ ou } 25\%}$$

$$A \frac{1}{2} \quad B \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

**Entrevistador (E):** quando se pede quais são os gametas, você me deu a resposta direta. Como é que você fez para chegar nessa conclusão?

**Aluno 67:** são dois gametas, esse aqui é o 'A' ou o 'a', e aqui que dá o 'B' ou o 'b'... esse aqui é  $\frac{1}{2}$  (o aluno mostrou a resposta no questionário) e aqui também é  $\frac{1}{2}$ ...multiplicando dá  $\frac{1}{4}$ ...

Embora a maioria dos alunos tenha respondido corretamente a questão, um grupo deles chegou a este resultado usando uma estratégia incorreta e pouco convencional, formando gametas através do quadro de Punnett. Estes alunos compõem o grupo A<sub>1</sub>, considerando a resposta final da questão. Pelos exemplos que ilustram esta situação, é possível perceber como o quadro é montado de forma incorreta. Pensando no tipo de instrução que eles recebem nas aulas quanto ao uso e significado do quadro de Punnett, observei a justificativa do aluno 52 e conversei com ele e com o aluno 18 para entender melhor por que isto ocorreu. Talvez pudesse haver ligação com a questão 2, especialmente entre alunos que afirmaram que as letras no quadro (*BB*, *Bb* e *bb*) representam gametas, mas concluí que foram ensinados a usá-lo desta forma.

Aluno 52:

$$AB, Ab, aB, ab$$

A proporção esperada para este genótipo é  $\frac{3}{4}$  ou 25%

	B	b
A	AB	Ab
a	aB	ab

**Entrevistador (E):** Por que você usa o quadro de Punnett para resolver este tipo de problema da questão 03? Foi ensinado desse jeito?

**Aluno 52:** foi ensinado, agora já sei responder direto!

Aluno 18:

**Entrevistador (E):** como você não pôs aqui, eu queria entender como conseguiu fazer para pegar uma pessoa que é 'AaBb' e descobrir os gametas dela.

**Aluno 18:** eu montei aquele quadro...é de Punnett. Eu dividi as letrinhas...eu montei. Eu fiz assim (escreveu como foi no verso da folha de questionário): 'AB', 'Ab', 'aB', 'ab' de um lado e do outro...e, cruzando em proporção, acho que essa é resposta certa, né?

**(E):** é comum o professor usar aquele quadro ao ensinar para facilitar que o aluno encontre os gametas?

**Aluno 18:** no começo ele faz...ai ele já mostra, depois de um tempo, de tanto fazer, mostra o macete...o duplo heterozigoto cruzado vai dar 25% de cada um.

#### Questão 4 -

**Objetivo da questão:** Identificar as estratégias para resolução de um problema envolvendo a produção de gametas em dois indivíduos distintos e a determinação dos possíveis genótipos de seus descendentes.

4. Analise a seguinte situação e responda:

"Uma mulher é AA em relação a um determinado locus gênico e bb em relação a outro. Seu marido é aa em relação ao primeiro locus e BB em relação ao segundo". Em relação a esses *loci* gênicos:

a) Que tipos de gametas a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

#### Respostas:

A - "Ab": resposta direta ou através da combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "Ab": através do uso do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes gametas;

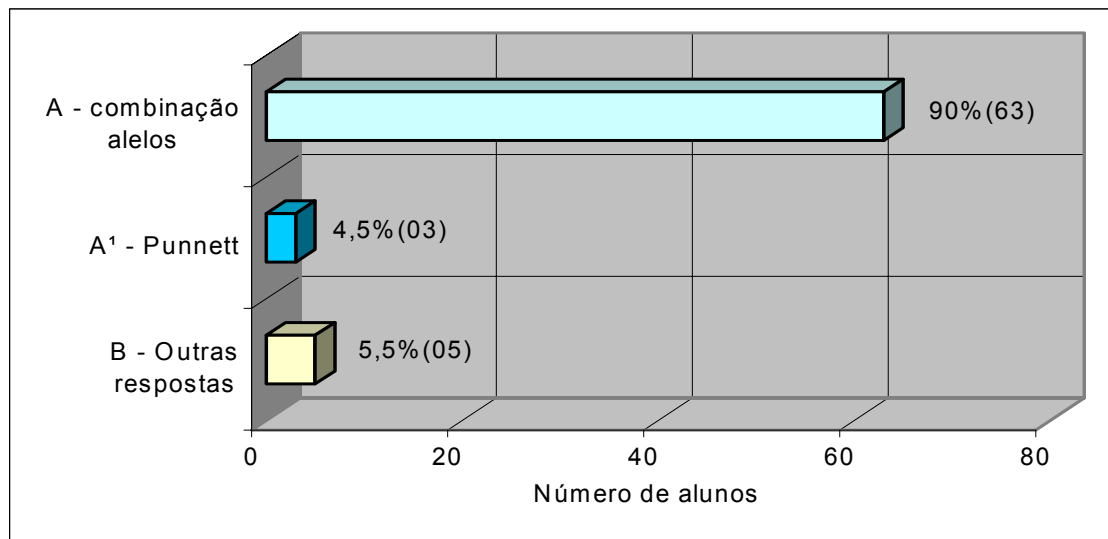


Gráfico 4 : Questão 4a - Distribuição das respostas por número de alunos.

#### Resultados da entrevista

Nesta questão os alunos deveriam formar os gametas de indivíduos com genótipo '**AA $bb$** ' e '**aa**BB****'. A maioria resolveu mentalmente a questão e respondeu diretamente o que se pedia (aluno 67) ou usou a combinação de alelos para isto (aluno 26). Aqui e na questão seguinte (letra b) a estratégia de usar o quadro de Punnett para encontrar os gametas pedidos é menos evidente, mas também ocorre. Nas justificativas do questionário é possível perceber como o aluno 52 usa o quadro de Punnett com esta finalidade e o faz de forma incorreta:

3

Somente Ab / Resposta pelo quadro de punnett

	b	b
A	Ab	Ab
A	Ab	Ab

b) E o marido, que tipos de gametas pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

**Respostas:**

A - "aB": resposta direta ou através da combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "aB": através do uso do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes gametas.

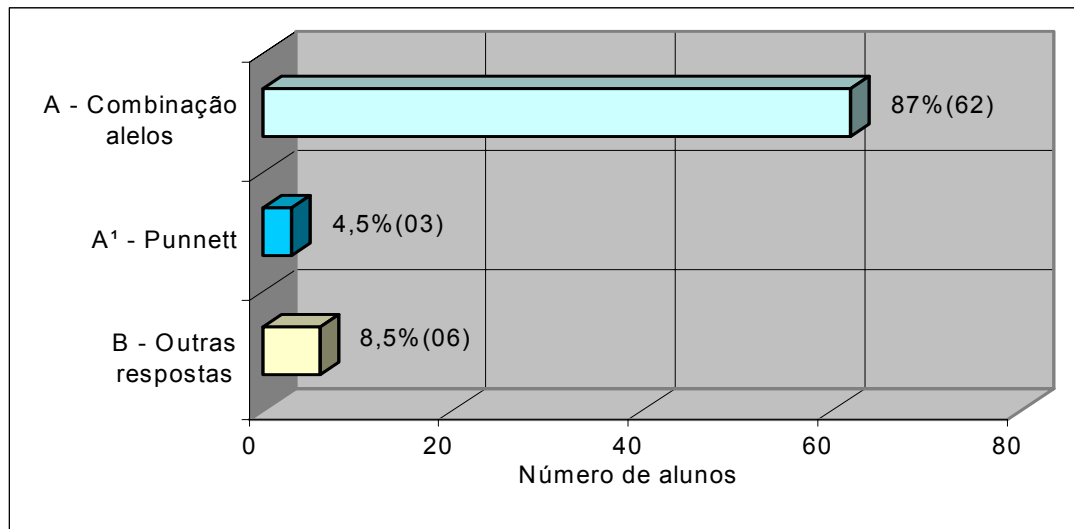


Gráfico 5: Questão 4b - Distribuição das respostas por número de alunos.

**Resultados da entrevista:**

Como na alternativa anterior, o percentual de acertos da questão continua alto. Os mesmos alunos continuam usando Punnett incorretamente para encontrar gametas, como aparece na justificativa escrita do aluno 51 para esta questão.

Somente aB / Resposta pelo quadro de punnett

	B	B
a	aB	aB
a	aB	aB

Desta forma, indaguei novamente a um deles (aluno 51) se este recurso tinha sido usado em aula para resolver esta situação. A resposta está transcrita a seguir.

**Entrevistador (E):** aqui (na letra 'a' e 'b') para responder você preferiu montar um quadro de Punnett para responder a questão. O professor mostrou em aula que podia ser usado o quadro para fazer isso?

**Aluno 51:** podia. Com o tempo, como a gente ia fazendo muito e já consegue fazer de cabeça, assim!

**(E):** você fez mais para confirmar?

**Aluno 51:** isso!

c) Como poderão ser os genótipos de seus descendentes? Mostre como chegou a esta conclusão.

**Respostas:**

A - "AaBb": resposta direta ou via combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "AaBb": através do uso do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes genótipos.

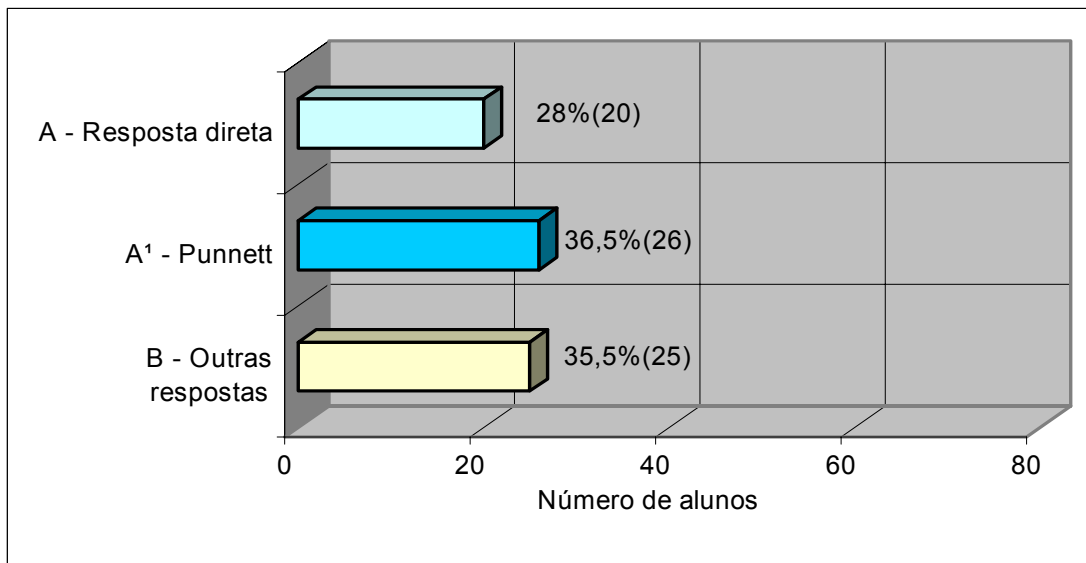


Gráfico 6: Questão 4c - Distribuição das respostas por número de alunos.

**Resultados da entrevista:**

Entre os alunos que acertaram esta questão muitos resolveram de forma direta, sem indicar a estratégia de resolução ou através da combinação de alelos. Representando este grupo estão os alunos 26 e 67. A estratégia deste último pode ser vista na justificativa escrita.

$AAbb \times aaBB \rightarrow AaBb$   
 $Ab \quad aB$

Conversei com o aluno 26 procurando entender como ele chegou na resposta correta. O diálogo segue abaixo, junto ao recorte de sua justificativa.

AaBb. São os alelos que podem fornecer

$AAbb \times aaBB$   
 $AaBb$

**Entrevistador:** como você resolveu esta questão (letra c)? Você pensou em usar, por exemplo, o quadro de Punnett para resolver?

**Aluno 26:** Não, justamente porque eles são homocigotos; tem como resolver, a gente aprende assim combinando as letras.

Como era esperado nesta situação, outras respostas foram obtidas através do uso do quadro de Punnett (resposta A<sub>1</sub>). O uso deste recurso pode ser demonstrado nas justificativas dos alunos 18 e 63. A justificativa deste último está apresentada abaixo, seguida do diálogo que tive com ele sobre o assunto.

...  
 todos serão AaBb pois será a  
 mistura das características dos  
 pais.

♂ P	A	A
a	Aa	Aa
a	Aa	Aa

♀ P	b	b
B	Bb	Bb
B	Bb	Bb

**Entrevistador (E):** nesta questão (letra c), você usou o quadro de Punnett para resolver. Este recurso ajuda a resolver esse tipo de questão?

**Aluno 63:** eu me sinto mais segura, sabe...mesmo aqui que é 'A' com 'a' e 'B' com 'b' (nos gametas do quadro que ela fez) e só pode dar 'AaBb', eu vendo...

**(E):** o que você fez foi juntar as partes, então?

**Aluno 63:** sim...

**(E):** Por que você fez assim?

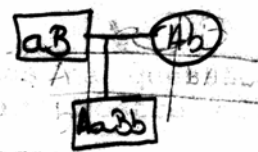
**Aluno 63:** Porque eu acho mais complicado fazer o quadro todo (referindo-se ao quadro contendo os dois genes juntos)... eu acho mais fácil fazer assim...

**(E):** você pensa nesta ferramenta (Punnett) para achar gametas?

**Aluno 63:** eu acho que não... nunca vi...

O uso deste recurso por si só não garante sucesso na resposta. Às vezes o aluno começa a usar um recurso que não domina significativamente para logo em seguida abandoná-lo, passando a adotar outra estratégia para chegar ao resultado correto. Este parece ser o caso do aluno 52, que demonstra certa confusão no uso dos conceitos envolvidos e não sabe usar o quadro. A seguir destaco a justificativa escrita e trechos da entrevista com este aluno.

AaBb → AB, Ab, aB, ab



	A	B
a	Aa	aB
B	AB	Bb

**Entrevistador (E):** Por que te ocorreu usar uma "genealogia" para resolver esta questão (questão 4c)?

**Aluno 52:** ... para mim, na minha cabeça é melhor para visualizar...

**(E):** por que você pôs um "X" no quadro Punnett ao lado? Resolveu abandonar...? (indico o desenho)

**Aluno 52:** ...eu não lembro mais!

**(E):** falando deste quadro. O resultado que está aqui (dentro do quadro) você considera o gameta ou o genótipo?

**Aluno 52:** ... eu tava tentando juntar os dois!

**(E):** você nota a diferença de usar o quadro nesta situação (4a e 4b) e nesta outra (4c)? qual é então?

**Aluno 52:** em cima (4a e 4b) é para encontrar os gametas de uma pessoa só... e, aqui eu acho que não dá para usar, por que tem que combinar os 2 gametas de duas pessoas. Eu acho que não é para esse caso!



Outro aspecto que merece destaque nesta questão é o número de alunos cujas respostas pertencem ao grupo B, com genótipos errados. Embora grande parte deles tenham encontrado os gametas materno e paterno corretos, chegaram a genótipos dos descendentes diferentes do que era esperado no resultado final. O que me fez pensar em duas possíveis razões que justifiquem o ocorrido:

a) alunos que usam incorretamente o quadro de Punnett, como por exemplo, para encontrar gametas, enfrentam maiores dificuldades em aplicá-lo de maneira correta em situações onde deveriam fazê-lo. Este parece ser o caso dos alunos 51, 52 e 70. No caso do aluno 51, sua resposta à questão deixa claro esta dificuldade em usar o quadro em uma situação como esta.

Ab x aB

	a	B
A	Aa	AB
b	ab	bB

não me lembro mais como se faz ...

b) penso que é possível que o motivo também possa estar vinculado ao fato deles resolverem mentalmente a questão, elaborando o resultado de forma direta. Ou ainda, resolverem a questão de forma displicente por considerá-la muito fácil e sem verificar se a conclusão era compatível com os dados que possuíam. Na resposta do aluno 57 que apresento a seguir, notei dificuldades em lidar com a mecânica de resolução. Embora ele tenha afirmado que um alelo deve ser herdado do pai e outro da mãe, não conseguiu associar corretamente estes alelos.

Ab x aB      Os descendentes tem que ter um alelo  
AB ab      da mãe e outro do pai

**Entrevistador (E):** Como você chegou neste tipo de resposta, com estes genótipos?

**Aluno 57:** Como o cruzamento era simples, eu fiz direto. É quase automático esse tipo de cruzamento...é só juntar os gametas do pai e da mãe.

### Questão 05 -

**Objetivos da questão:** Trata-se de um problema do tipo efeito-causa adaptado de Stewart e Dale (1989). Através dele, procurei identificar as estratégias de resolução quando o aluno deve trabalhar com duas características genéticas distintas, aplicar conceitos como genótipo, fenótipo, heterozigose e homozigose, dominância e recessividade; e representar estruturas como cromossomos e genes alelos. Busquei entender como organizam estes conceitos, pedindo que representassem através de desenhos os cromossomos e localizassem neles os alelos envolvidos na situação proposta.

**5. Analise a seguinte situação e responda:**

"Em besouros, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".

a) Quais os possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes de um cruzamento entre um besouro que é heterozigoto para ambas as características com outro besouro sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.

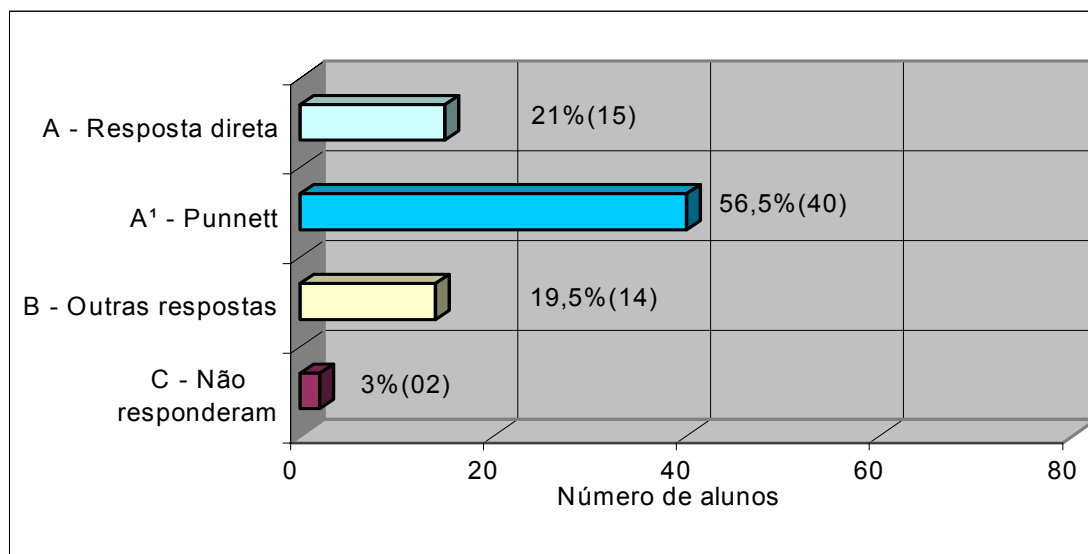
### Respostas:

A - "MmCc, Mmcc, mmCc, mmcc. Asas com manchas, antenas longas ou curtas; asas sem manchas e antenas longas ou curtas": resposta direta ou por combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "MmCc, Mmcc, mmCc, mmcc. Asas com manchas, antenas longas ou curtas; asas sem manchas e antenas longas ou curtas": através do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes genótipos ou fenótipos;

C - Não responderam.



**Gráfico 7: Questão 5a - Distribuição das respostas por número de alunos.**

## Resultados da entrevista

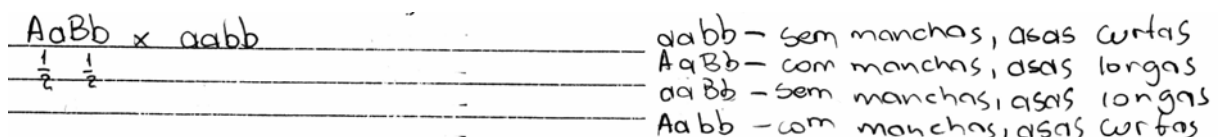
Nesta parte da questão procuro identificar as estratégias de resolução de um problema e como os alunos aplicam determinados conceitos, partindo do enunciado onde não aparecem as letras que simbolizam os genes.

Trata-se do cruzamento entre um duplo heterozigoto e um duplo homozigoto recessivo. Para resolvê-lo o aluno teria de fazer esta interpretação do enunciado e lidar com estes conceitos. Como a questão não fornecia as letras que identificavam os alelos, o próprio aluno teria de pensar nelas para expressar esta situação e começar a resolvê-la. Este é um problema do tipo efeito-causa, onde se fornece as características da geração parental e o aluno deve indicar quais os genótipos e fenótipos dos descendentes.

Embora este tipo de problema exija um nível maior de raciocínio dos alunos quando comparado a problemas do tipo causa-efeito, o percentual de acertos passou dos 70%. Isto me fez pensar que a resolução deste problema em particular exigiu apenas o domínio de alguns conceitos básicos da genética e uma lógica de resolução semelhante àquela que o aluno já estava habituado a usar nas outras situações que resolve.

Ao analisar este percentual de acertos, constatei que os alunos aplicam conceitos como genótipo, fenótipo, homozigose e heterozigose, dominância e recessividade, desde que eles estejam organizados em um formato com o qual estejam familiarizados. Ou seja, se a organização da questão encontra referências anteriores no raciocínio do aluno, os conceitos serão ativados e usados com maior possibilidade de êxito, mesmo sem completo domínio dos termos ou das estratégias de resolução.

Entre os alunos que acertaram a resposta final, alguns resolveram diretamente e não indicaram de forma clara a estratégia usada, como o aluno 26 abaixo.



Para outros, o caminho até a solução correta envolve um raciocínio no qual o quadro de Punnett não é usado diretamente, mas sua lógica aparece indicada na folha de resposta, com o aluno usando, então, a combinação de alelos para chegar ao resultado final. Este parece ser o caso dos alunos 67 e 57. Neste último, a

dificuldade do aluno para associar os alelos, percebida na questão 4c, não se verificou aqui. As respostas dos alunos são apresentadas na seqüência.

Aluno 67:

$$\begin{array}{l} \text{Asas } \rightarrow \text{C/Manchas} \rightarrow \text{AA ou Aa} \\ \text{C/''} \rightarrow \text{aa} \\ \text{Antenas } \rightarrow \text{longas} \rightarrow \text{BB ou Bb} \\ \text{curtas} \rightarrow \text{bb} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Aa Bb} \\ \text{AB aB} \\ \text{Ab ab} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{aabb} \\ \text{ab} \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \text{AaBb} \rightarrow 1/4 \rightarrow 25\% \\ \text{Aabb} \rightarrow 1/4 \rightarrow 25\% \\ \text{aaBb} \rightarrow 1/4 \rightarrow 25\% \\ \text{aabb} \rightarrow 1/4 \rightarrow 25\% \end{array}$$

Aluno 57:

$$\begin{array}{l} \text{AaBb} \times \text{aabb} \\ \text{AB Ab aB ab} \quad \text{ab aabb aabb aabb} \end{array}$$

$\frac{1}{4}$  asas manchas, antenas longas  
 $\frac{1}{4}$  " " , antenas curtas  
 $\frac{1}{4}$  asas sem manchas, antenas longas  
 $\frac{1}{4}$  asas sem manchas, antenas curtas

**Entrevistador:** você usou Punnett aqui?

**Aluno 57:** ta mais ou menos aqui... só que eu não fiz... a lógica é aquela...

Entre os alunos que acertaram a questão, a maioria usou Punnett para obter os possíveis genótipos esperados nos descendentes, mesmo se tratando de uma situação envolvendo duas características distintas (diíbrido). Isto aparece ilustrado na resposta do aluno 52, que parece ter associado mentalmente o resultado encontrado nos dois quadros isolados.

$$\begin{array}{l} \text{Asas} - \text{MM e Mm} - \text{mancha} \\ \text{mm} \rightarrow \text{sem mancha} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{antenas} - \text{LL e Ll} - \text{longas} \\ \text{ll} - \text{curtas} \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|c|} \hline & M & m \\ \hline m & Mm & mm \\ \hline m & Mm & mm \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|} \hline & L & l \\ \hline l & Ll & ll \\ \hline l & Ll & ll \\ \hline \end{array}$$

genótipos  $\rightarrow$  MmLl, mmLl, Mmll, Mmll  
 fenótipos  $\rightarrow$  1 mancha longa, 1 sem mancha longa, 1 sem mancha curta, 1 mancha curta

Problemas com a escolha e o uso de determinada estratégia aparecem entre os que responderam incorretamente esta questão (grupo B). Como o aluno 51 abaixo, onde destaquei sua resposta à questão e parte da conversa sobre o assunto.

$$\begin{array}{l} \text{MmLl} \times \text{mmll} \\ \text{Ll Ll ll ll} \\ \text{Mm Mm mm mm} \end{array}$$

2 filhotes com asa manchada e antenas longas e 2 filhotes com asa sem mancha e antena curta

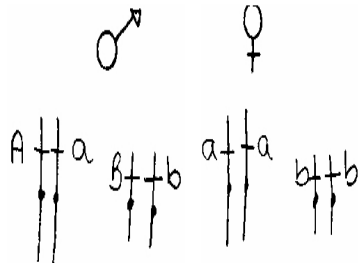
M  $\rightarrow$  asa c/mancha  
 m  $\rightarrow$  sem mancha  
 L  $\rightarrow$  antena longa  
 l  $\rightarrow$  curta  $\rightarrow$  antena curta

**Entrevistador:** como é que você resolveu essa questão (letra 'a')?

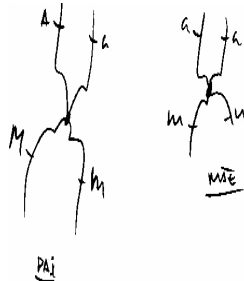
**Aluno 51:** eu peguei cada característica... fui tentando fazer combinação... eu não me lembrava como é que fazia no quadrinho... ai eu fiz assim...

b) Represente através de desenhos, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e localize neles os genes para as características citadas.

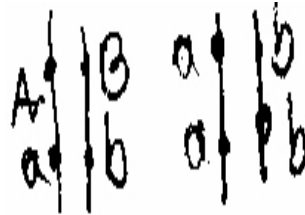
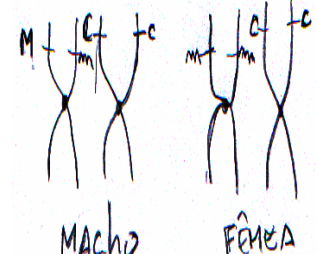
Respostas exemplificadas por desenhos dos alunos:



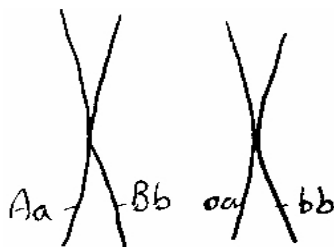
Desenho A: correto (aluno 47)



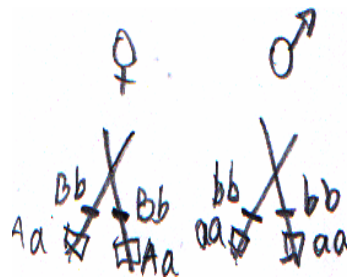
Desenho B: alelos diferentes localizados em cromátides irmãs (alunos 46 e 60)



Desenho C: alelos distintos no mesmo locus em cromossomos homólogos (aluno 34)



Outros desenhos: alelos localizados incorretamente – 4 alelos por locus (aluno 31)



Outros desenhos: alelos dispostos incorretamente (aluno 43)

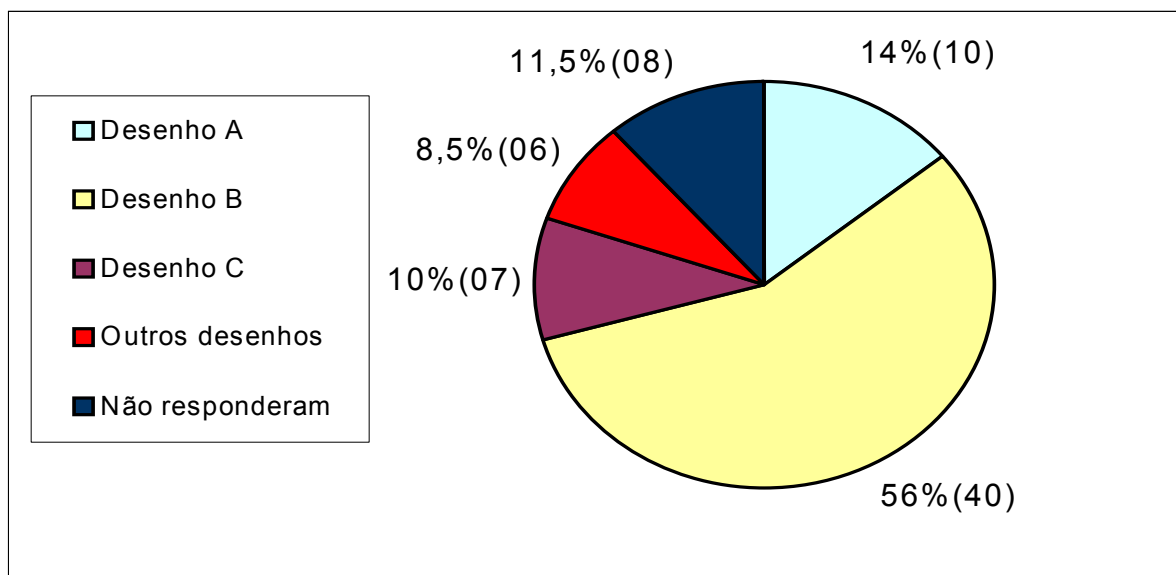


Gráfico 8: Questão 5b - Distribuição das respostas por número de alunos.

**Resultados da entrevista:**

Nesta parte da questão procuro entender como o aluno organiza conceitos básicos da genética mendeliana e representa cromossomos e alelos. Para isto, pedi que fizessem desenhos dos cromossomos envolvidos na questão e localizassem os alelos citados. Aqui, a aplicação destes conceitos será observada a partir da execução de uma tarefa diferente da anterior, pois o aluno precisará expressar através de um desenho sua organização conceitual, em uma estrutura diferente de um problema típico de genética.

Em termos gerais, 86% dos alunos respondeu incorretamente esta segunda parte da questão, sendo este o maior percentual de erros em todo o questionário. Na busca de entender a origem destes erros comuns, chamou minha atenção o pouco domínio conceitual dos alunos, expresso nas dificuldades em construir modelos de cromossomos corretos.

Nos desenhos, os alunos localizam alelos diferentes em cromátides irmãs e não em cromossomos homólogos; uma cromátide com informação e a outra não; alelos de um mesmo par na mesma cromátide. Isto coloca em evidência o domínio conceitual equivocado destes alunos, mostrando que aplicam conceitos de genética de forma pouco significativa.

Os desenhos que representam o grupo A foram considerados corretos e totalizam 14% das respostas. Os outros grupos apresentavam diferentes irregularidades. Com o intuito de saber qual seria a causa destas dificuldades, pedi a alguns alunos que explicassem seus desenhos na entrevista. Na seqüência apresento algumas considerações sobre cada tipo de desenho e as explicações colhidas.

Os desenhos que caracterizam o grupo B foram os mais comuns entre todos, correspondendo a 56% do total de respostas. Notei, ao entrevistar vários alunos deste grupo, a grande dificuldade em diferenciar cromátides de cromossomos homólogos, de lidar com o conceito de alelo e localizá-los em seu devido locus gênico.

Em geral, para estes alunos o cromossomo tem sempre forma de "X" e pode ser representado duplicado com alelos diferentes nas cromátides irmãs. A representação do cromossomo duplicado (forma de 'X') é freqüente nos desenhos que muitos professores fazem em sala de aula. Talvez isto possa responder, ao

menos em parte, pela dificuldade do aluno em localizar os alelos corretamente nos homólogos.

Para entender melhor este modelo de cromossomo, pedi aos alunos 26, 63 e 67 que descrevessem seu desenho. O aluno 26 não tem noção clara sobre o que sejam as cromátides e localiza os alelos incorretamente nas cromátides irmãs. O desenho deste aluno segue abaixo, junto com o diálogo sobre o assunto.



**Entrevistador (E):** você podia explicar um pouco o teu desenho?

**Aluno 26:** essa é a representação do cromossomo.

**(E):** o cromossomo tem sempre esse jeitão aqui, de um 'X'?

**Aluno 26:** é, sim...

**(E):** o que é herdado da mãe e do pai em um deles e no outro? Seu desenho é na direção 'A' para 'a' (indico no desenho) ou isto tudo é um cromossomo só? (referindo-me ao desenho todo)

**Aluno 26:** não isto é um cromossomo e isso são as cromátides...(indicando corretamente no desenho)

**(E):** você falou nas cromátides, o que são elas?

**Aluno 26:** o cromossomo é formado pelas cromátides e, pois e agora....ligados pelo...'centrômero'.

**(E):** no teu desenho o 'A' e o 'B' estão em uma cromátide e o 'a' e 'b' em outra cromátide? de cima para baixo, é assim?

**Aluno 26:** é em 'X', só que não assim um sobre o outro, também não é assim, 'A' com 'b' e 'a' com 'B'...não. É 'A' com 'B' e 'a' com 'b'...

O aluno 63 demonstra sua dificuldade em entender o que são cromossomos homólogos. Embora afirme que seu desenho representa um macho heterozigoto e uma fêmea duplo-homozigota, quando questionado sobre o motivo dos cromossomos aparecerem unidos, o aluno não conseguiu justificar.



**(E):** nesta situação, você tem o desenho, explique seu desenho.

**Aluno 63:** sei lá, porque eles estão em locus diferentes...daí fiz o besouro que é 'Mm', eu fiz os alelos no mesmo locus e o 'Cc' também, porque estão no mesmo cromossomo...

**(E):** esse aqui é o macho e aquele a fêmea? (indico o desenho)

**Aluno 63:** é!

**(E):** nestes dois indivíduos qual é o cromossomo de origem materna e paterna?

**Aluno 63:** não está dizendo aqui no problema, eu sempre faço o primeiro de origem paterna, no caso aqui na fêmea o 'M' e o 'C' de origem paterna, o outro de origem materna...(referindo-se ao primeiro desenho, onde uma cromátide representaria o cromossomo de origem paterna e a outra, o cromossomo de origem materna).

**(E):** por que os cromossomos aparecem unidos, já que eles são de origem paterna e de origem materna? (indico no desenho)

**Aluno 63:** por que depois da duplicação tem a...(pausa) o pareamento, uma coisa assim, que daí eles se juntam para fazer a divisão celular, e depois eles se separam, acaba... na real, eu não sei bem porque separam, porque se juntam, pois depois vão se separar de novo... mas, assim também tem aquele negócio de 'crossing-over'...

Os desenhos do grupo B agrupam representações nas quais os dois pares de alelos tanto estão localizados no mesmo cromossomo (alunos 26 e 63) como em cromossomos separados (aluno 67). Nesta última situação, representada pelo desenho do aluno 67, embora separando os dois pares de alelos ( $A$  e  $B$ ,  $a$  e  $b$ ), a entrevista com este aluno demonstra suas dificuldades em entender o que são cromossomos homólogos e localizar os alelos corretamente em um cromossomo duplicado.



**Entrevistador (E):** O que você pensou para desenhar assim?(referindo-se a questão 5b) Explica um pouco o teu desenho.

**Aluno 67:** na real eu não entendi este problema direito...

**(E):** vamos ler juntos aqui a questão...(leio a questão com o aluno e mostro novamente seu desenho)

**Aluno 67:** eu não escrevi isso aqui direito porque não lembrava, não sabia se era assim mesmo ou se era 'A' e 'b' em um dos... negocinho aqui, os cromossomos. Ai pensei em fazer o macho que é 'AaBb' e o outro 'aabb'.

**(E):** você sempre representa os cromossomos assim, como um 'X'?

**Aluno 67:** é... de um e de outro.

**(E):** e por que eles estão duplicados?

**Aluno 67:** bem, porque são dois genes em um (referindo-se ao 'Aa' e 'Bb') e dois no outro ('aa' e 'bb')...

Os desenhos do grupo C caracterizam-se genericamente pela presença de alelos distintos no mesmo locus em cromossomos homólogos. Ou seja, além das dificuldades em compreender o que são os cromossomos homólogos, os alunos deste grupo não demonstram ter noção clara sobre o conceito de alelo, pois situam alelos distintos no mesmo locus nas cromátides irmãs (aluno 57) ou na mesma cromátide (aluno 34). Com o aluno 57 mantive o seguinte diálogo, procurando entender seu desenho.



**Entrevistador (E):** Explique seu desenho na questão 5b. Qual é o alelo herdado do pai e qual é o da mãe? Este desenho do cromossomo parece um 'K'.

**Aluno 57:** é um 'X', é um cromossomo...

**(E):** normalmente você representa um cromossomo assim com a forma de um 'X'?

**Aluno 57:** é mais ou menos isso...

**(E):** Por que você não identificou os genes do lado de cá? (mostrando o desenho do aluno onde aparece o cromossomo sem os genes)

**Aluno 57:** eu acho que não coloquei porque podem ser várias possibilidades... eu só representei a besouro 'ab' que é no mesmo cromossomo...

**(E):** como é que colocarias agora?

**Aluno 57:** pois é, são várias possibilidades (e disse: 'AB', 'Ab', 'aB', 'ab')...eu não saberia dizer direito.

As representações caracterizadas como "outros desenhos" incluem exemplos de respostas incorretas, nas quais não se verifica um padrão claro e único de desenho (aluno 31 e 43).



### Questão 6 e 7-

**Objetivos das questões:** Identificar como o aluno representa alelos em cromossomos através de desenhos (6a e 7a), se ele estabelece uma relação entre seu desenho, os conceitos envolvidos e as informações dadas na questão. Observar de que forma estas informações são usadas para a resolução de uma questão envolvendo a formação de gametas em um indivíduo (6b e 7b).

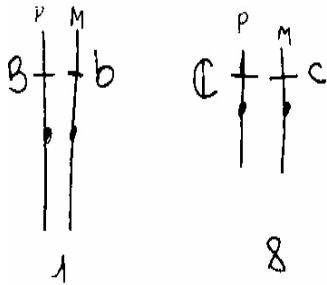
### Questão 6 -

6. Analise a seguinte situação sobre a distribuição hipotética de determinados genes em uma pessoa:

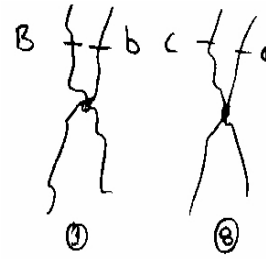
"Um homem tem o alelo B no cromossomo 1 herdado de seu pai e o alelo b no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o alelo C e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o alelo c".

a) Faça então, um desenho dos cromossomos e localize neles os genes citados na situação acima.

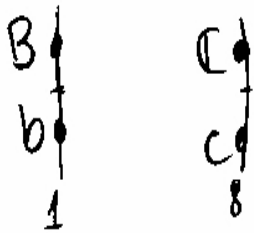
**Respostas com exemplos de desenhos dos alunos:**



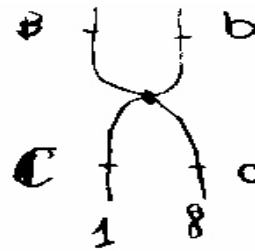
**Desenho A:** correto (aluno 47)



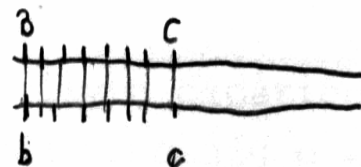
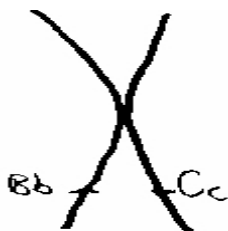
**Desenho B:** cromossomos com alelos diferentes nas cromátides irmãs (aluno 46)



**Desenho C:** par de alelos localizados no mesmo cromossomo (aluno 34) alelos



**Desenho D:** cromossomos 1 e 8 representados em um só desenho e com diferentes nas cromátides irmãs (aluno 42)



**Outros desenhos:** alelos ocupando o mesmo loco e com dois alelos em uma só cromátide (aluno 31); cromossomos representados na forma da molécula de DNA (aluno 67)

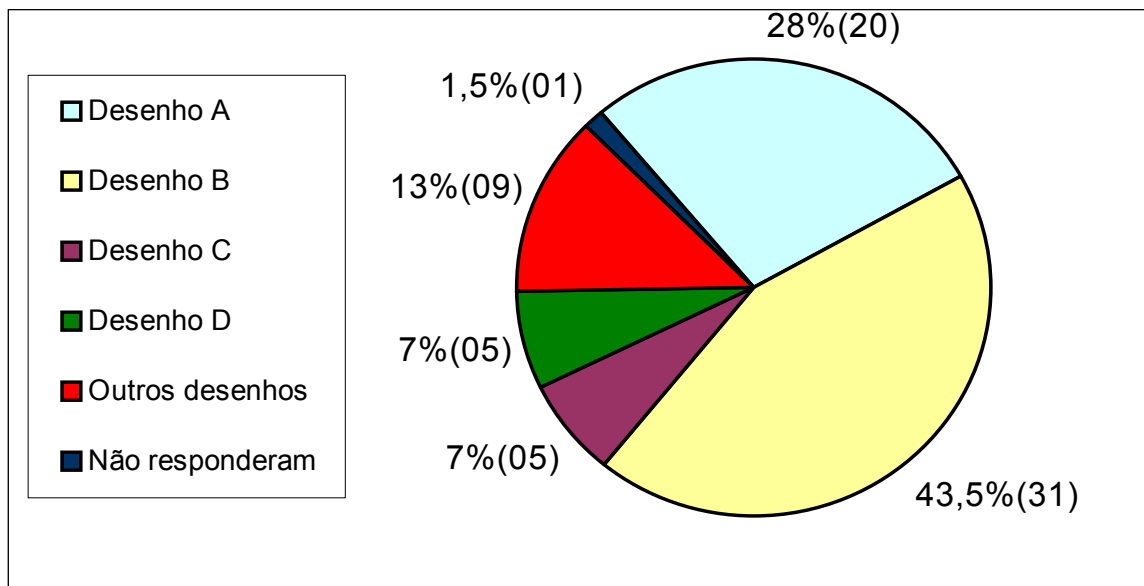


Gráfico 9: Questão 6a - Distribuição das respostas por número de alunos.

b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os gametas que este homem poderá formar? Mostre como chegou à sua conclusão.

### Respostas:

A - "BC, Bc, bC, bc": resposta direta ou através da combinação de alelos (correta);

B - Outras respostas com diferentes gametas;

C - Não responderam.

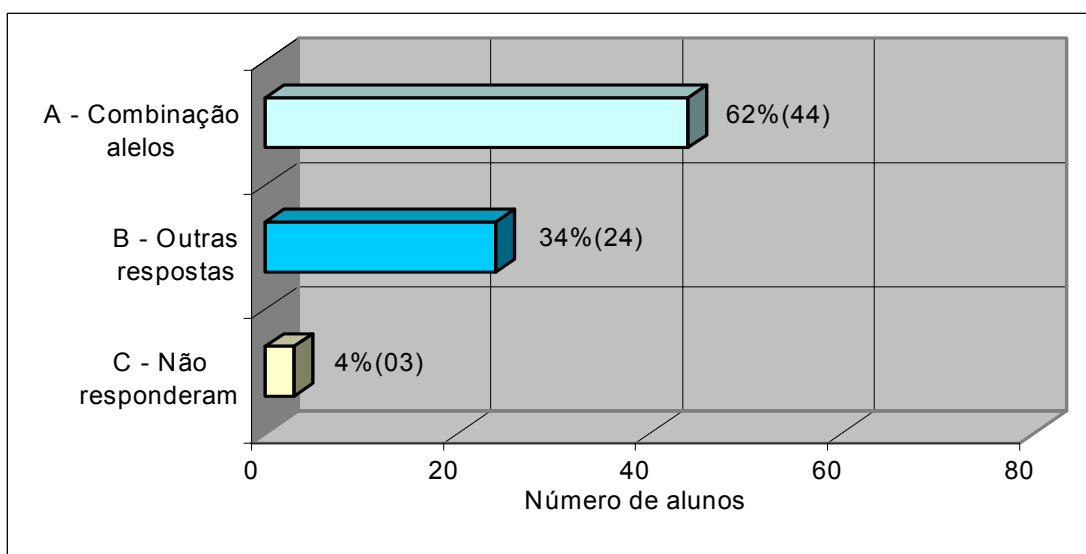


Gráfico 10: Questão 6b - Distribuição das respostas por número de alunos.

## Resultados da entrevista

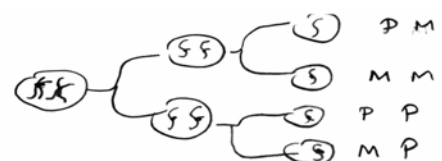
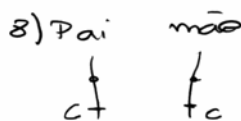
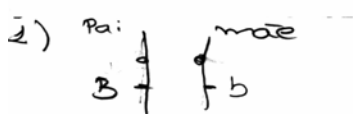
Nesta questão procurei observar, através dos desenhos e dos gametas formados, como os alunos organizam conceitos e estratégias de resolução na situação proposta. O percentual de acertos da primeira parte foi de 28% (item a) e da segunda parte, 62% (item b).

Para apresentar os resultados, adotarei a mesma sistemática da questão anterior, na qual fiz referência aos tipos de desenhos dos diferentes grupos e às explicações dos alunos para eles. Após encerrar a apresentação das entrevistas sobre os desenhos, incluí os resultados relativos à letra b desta questão (formação de gametas).

De maneira geral, os alunos continuam demonstrando muitas dificuldade em localizar alelos nos cromossomos homólogos e interpretar o enunciado da questão, para executar corretamente a tarefa pedida. Mais de 70% deles apresentaram deficiências como estas, com os grupos de respostas refletindo diferentes níveis de aproximação com o resultado correto.

Embora na situação proposta se tenha dito quais eram os cromossomos envolvidos, os alunos usaram um raciocínio similar ao da questão anterior para localizar os alelos, possivelmente em função da tarefa pedida ser a mesma (fazer um desenho). Talvez isto possa explicar a relativa semelhança entre os desenhos encontrados aqui e os anteriores. Ainda que, para fazer o desenho na questão anterior fosse necessário interpretar o enunciado do problema, os alunos tendem a transferir a organização de um raciocínio de uma situação para outra, quando vêem semelhança entre elas. As entrevistas que fiz com alguns deles, onde pedi que comparassem as duas questões, parecem confirmar esta situação.

Entre os desenhos do grupo A está o do aluno 52. Ele representou ao lado do desenho um esquema (incorreto) da meiose, possivelmente para ajudar na análise a ser feita sobre a formação dos gametas no item seguinte desta questão. Ao conversar com ele, notei que ele demonstrou insegurança ao explicar seu desenho e o comparar ao anterior.



**Entrevistador (E):** Um pouquinho mais de desenho... (questão 6a)

**Aluno 52:** ... esse eu não lembrava direito como é que é!

**(E):** esse você fez até melhor... fez até a meiose ali do lado... Você poderia explicar o teu desenho (pausa)...

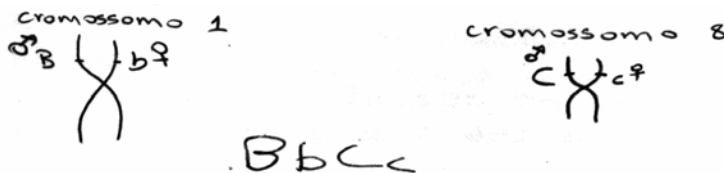
**Aluno 52:** aqui já fala qual é o herdado do pai e da mãe, só tinha mesmo que desenhar. Aqui mesmo já fala qual que é o cromossomo herdado do pai..... que veio do pai, ai, troquei... não! Ah, não. Aqui fala qual o herdado da mãe, 'b' e 'c'...

**(E):** Comparando esse desenho (desenho da questão 05) com esse aqui (da questão 06)... Você consegue notar semelhança ou diferença?

**Aluno 52:** olha, eu não vejo... provavelmente eu acho que tratou de duas características diferentes... (aqui no desenho 5)... duas características que mostram o alelo no cromossomo... para localizar (nas asas do besouro).

De forma semelhante à questão anterior, neste grupo B se concentra a maioria das respostas. Aqui se encontram desenhos com cromossomos duplicados, mas com alelos diferentes nas cromátides irmãs. Os alunos deste grupo parecem não estabelecer relação clara entre a forma duplicada do cromossomo e quais os alelos que devem localizar nas cromátides irmãs. Entre eles estão os desenhos dos alunos 18, 26, 57 e 63. Como apresentam o mesmo padrão, escolhi para ilustrar este grupo às considerações dos alunos 18 e 26. A estes dois alunos pedi que explicassem seus desenhos e, além disso, o comparassem com o desenho anterior (questão 5b). Os desenhos e a transcrição deste diálogo vêm na seqüência.

Aluno 18:



**Entrevistador (E):** queria que você comparasse esse desenho da questão 5 (letra b) com o da questão 6 (letra a). Esse é o cromossomo 1 e esse o 8? (mostro o desenho)

**Aluno 18:** hum, hum...

**(E):** um veio do pai e outro veio da mãe? (mostro o desenho)

**Aluno 18:** sim, ai dá para gente ver pela questão, né! O pai é 'B' alguma coisa e a mãe é 'b' alguma coisa...(falando do cromossomo 1, questão 06). A mesma coisa com esse outro...(mostra o cromossomo 8)

**(E):** aqui os cromossomos aparecem duplicados e unidos. Os alunos desenharam os cromossomos na forma de um 'X', sempre unidos? (mostro o desenho 06)

**Aluno 18:** é, normalmente a gente desenha assim, porque tá subentendido que eles que eles tão fazendo meiose, né!

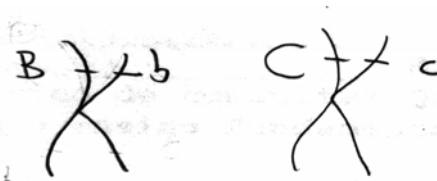
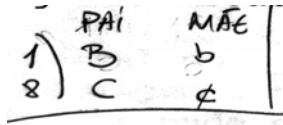
**(E):** você vê diferença ou semelhança entre esse desenho da questão 6 e aquele da questão anterior (5)? (mostro os desenhos)

**Aluno 18:** aqui (no desenho 5) eles vêm com esse tamanho porque não especificou o cromossomo, mas aqui diz que é do 1 ao 8 e tem uma diferença de tamanho...

**(E):** existe diferença de tamanho entre os cromossomos, eles não são todos iguais?

**Aluno 18:** não, não são...

Aluno 26:



**Entrevistador (E):** você fez um esqueminha aqui do lado, explique seu desenho. (indico o desenho e o esquema feito pelo aluno)

**Aluno 26:** então... é para localizar qual é do pai e da mãe...

**(E):** o cromossomo 1 é esse aqui, que tem 'B' e 'b' e o 8, que tem 'C' e 'c'? (indico no desenho a localização dos alelos)

**Aluno 26:** Certo...

**(E):** aqui vale a mesma explicação que você deu no anterior? você vê diferença entre esta situação da questão 5 e essa da questão 6?

**Aluno 26:** lógico, é o cromossomo... são características diferentes, cromossomos diferentes!

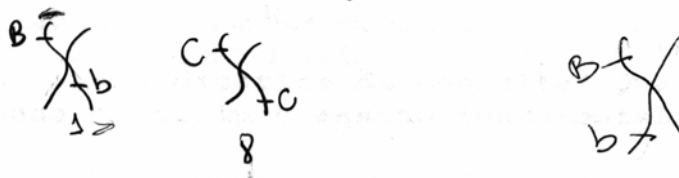
**(E):** como você falou antes, os cromossomos têm cromátides e quando você desenha as cromátides estão sempre unidas pelo centrômero?

**Aluno 26:** hum, hum...

**(E):** e por que normalmente o cromossomo tem essa forma, a gente desenha o cromossomo com essa forma de 'X'?

**Aluno 26:** Porque sua cromátide ta compactada, é como a gente aprende no desenho...

Nos desenhos do grupo C, os alunos não reconhecem claramente a diferença entre o cromossomo herdado do pai (com o alelo *B* e o *C*) e aquele herdado da mãe (com o alelo *b* e o *c*), localizando os alelos no mesmo cromossomo e não em homólogos. Um exemplo deste tipo de desenho é do aluno 51. Mesmo representando o cromossomo duplicado, o aluno localiza os alelos *B* e *b* no mesmo cromossomo. Na entrevista ele procura explicar a organização do seu desenho.



**Entrevistador (E):** esse aqui é um cromossomo (indico o cromossomo 1)? Explica o teu desenho.

**Aluno 51:** não, é uma parte. Devia ter colocado o 'b' na outra...

**(E):** faz aqui como é que deveria ser...

**Aluno 51:** pausa... o aluno desenha a nova representação ao lado direito do desenho original.

**(E):** por que você acha que 'b' devia estar abaixo do 'B' e do mesmo lado?

**Aluno 51:** porque daí aqui seria do pai (com os alelos *B* e *b*) e aqui seria o da mãe, uma fitinha... (indica a outra cromátide)

**(E):** então, do lado esquerdo do desenho seria do pai e do lado direito do desenho da mãe?

**Aluno 51:** hum, hum, isso mesmo...

**(E):** por que o 'C' está no lado de cá do desenho (lado esquerdo do cromossomo 8) e o 'c' no lado de lá embaixo? (lado direito do mesmo cromossomo)

**Aluno 51:** ah, não sei...é complicado... eu acho que devia ser como aquele outro que eu fiz... (indicando o novo desenho feito ao lado do original).

Nos desenhos do grupo D, cromossomos diferentes (1 e 8) são representados unidos pelo centrômero e os alelos situados incorretamente neles. No grupo denominado de 'outros desenhos' existe grande diversidade de formas que não

apresentam um padrão único. Entre os alunos cujas respostas foram classificadas neste grupo, o único entrevistado foi o aluno 67 que teve seu desenho tomado como exemplo. Na conversa com ele, notei que o aluno não interpretou corretamente o enunciado e confundiu o desenho do cromossomo com o modelo da molécula de DNA. O desenho e a conversa aparecem na seqüência.



**Entrevistador (E):** você pode explicar seu desenho? Por que está diferente do modelo da questão anterior (5b)?

**Aluno 67:** eu pensava em mostrar os cromossomos como um pedaço do DNA. Então contei cada risquinho como um cromossomo e escrevi os alelos no cromossomo 1 e depois no 8.

**(E):** se fosse como na questão 5, como você desenharia?

**Aluno 67:** o aluno faz um novo desenho à direita do desenho original.

**(E):** você entendeu bem a questão para fazer o desenho?

**Aluno 67:** para falar a verdade, não! Por isso pensei no DNA. Se fosse responder agora faria assim (indicando o novo desenho feito).

Na segunda parte da questão 6, os alunos precisavam encontrar os possíveis gametas formados por um indivíduo tendo como referência os alelos herdados do pai e da mãe. Interpretando estas informações, eles deveriam concluir qual o genótipo do indivíduo para formar corretamente os gametas. Com esta proposição, procurei observar como os alunos organizam as informações dadas na questão, como aplicam os conceitos implícitos nesta situação e que estratégias adotam para resolvê-la.

De maneira geral, os alunos acertaram a questão (62%) ou formaram gametas indicando os alelos incorretamente (34%). Entre os alunos que acertaram a questão as respostas foram obtidas resolvendo mentalmente e indicando o resultado direto na folha (aluno 67) ou através da combinação de alelos (alunos 57, 63 e 55). Na seqüência, apresento a resposta do aluno 67 que resolve mentalmente a questão. Quando falou sobre sua estratégia de resolução em questões anteriores a esta, o aluno já manifestava sua preferência por este recurso (questão 3 e 4).

$$\begin{array}{l} BbCc \rightarrow BC \rightarrow Yn \\ \hline \hline BE \rightarrow 1M \\ BC \rightarrow 1M \\ \hline \hline bC \rightarrow 1M \\ \hline \hline \end{array}$$

Os alunos 57 e 63 preferiram a combinação de alelos para responder a questão. Estes alunos já fizeram referência a este recurso em trechos de suas entrevistas sobre a questão 3. Suas respostas são apresentadas na seqüência.

Aluno 57:

BC Bc bC bc tem que pegar um alelo de cada cromossomo.

**Entrevistador:** depois desta questão vem a de formar gametas. Como é que você formou gametas aqui (na questão 6b), de maneira semelhante ao da questão 4?

**Aluno 57:** foi, só combinando aqui (apontando o desenho)!

Aluno 63:

$\sigma^{\text{BbCc}} \rightarrow$   $\begin{matrix} (Bc) \\ (BC) \end{matrix}$   $\begin{matrix} (bC) \\ (bc) \end{matrix}$  formará estes 4 gametas porque é um indivíduo heterozigoto.

Aluno 55 :

$BbCc$   $2^2 = 4$   
BC  
Bc  
bC  
bc

Penso que o fato de tratar-se de um indivíduo heterozigoto para os dois pares de alelos ( $BbCc$ ) facilitou o uso de um algoritmo como a combinação de alelos, pois o aluno já está familiarizado com este recurso e sabe que pode aplicá-lo nesta circunstância. Encontrar os gametas de um heterozigoto combinando seus alelos é uma situação relativamente freqüente nas aulas de genética que tratam deste assunto.

Ao observar que 34% das respostas foram incorretas nesta questão, faço algumas considerações para tentar explicar este número. Estas considerações acabam levando em conta as análises feitas nas questões 3 e 4, que tratavam de uma tarefa semelhante à proposta aqui.

Embora o enunciado da questão informasse quais os alelos que deveriam constituir os gametas do indivíduo, grande parte dos alunos não soube interpretá-lo e usar estas informações para constituir o genótipo e formar os gametas possíveis neste indivíduo. Entre as respostas incorretas aparecem expressões do tipo " $Bb-Cc$ " (aluno 70) e " $Bb, Bc, Cb, Cc$ " (aluno 02). A resposta do aluno 41 pode ilustrar este grupo.

Cc e Bb é só somar os dois

Na minha opinião, parte das dificuldades dos alunos em encontrar os gametas se deve a forma como esta questão foi organizada, quando comparada às questões 3 e 4. A diferença entre elas está no tipo de informação que o aluno dispõe para resolvê-las.

Na questão 3 é dado diretamente ao aluno o genótipo de uma pessoa e se pede que ele determine a proporcionalidade de um tipo específico de gameta nesse indivíduo. Na questão 4 são dados dois pares de alelos, bastando que o aluno junte estes alelos para concluir qual é o genótipo e determinar os possíveis gametas a serem formados. Nesta questão e na seguinte (6b e 7b) são dados a ele informações sobre dois pares de alelos e sua localização em cromossomos específicos. Ele precisa interpretar estas informações para concluir qual o genótipo do indivíduo e, então, determinar os gametas a serem formados.

Na conversa que tive com o aluno 26 esta idéia foi adquirindo forma. Embora o aluno não tenha respondido esta questão, pode dar pistas acerca destas dificuldades.

*(E): eu pergunto: nesta situação aqui (questão 4) quando te dou estas informações, é mais fácil ou mais difícil formar gametas?*

**Aluno 26:** *é mais difícil, porque aqui (questão 6) tem os cromossomos que são diferentes, e lá tem as letras direto, né!*

*(E): é a mesma situação da questão 7b, onde escreveu 'não lembro'?*

**Aluno 26:** *(risos...) como eu falei nesse caso, penso que é!*

Desta forma, acredito que o fato dos alunos não possuírem domínio significativo de processos como a meiose e conceitos como alelos e cromossomos homólogos dificulta a transferência e aplicação destes conhecimentos em situações análogas às apresentadas aqui. Assim, se o aluno consegue determinar o genótipo do indivíduo, lança mão principalmente da aplicação de algum algoritmo para determinar seus gametas.



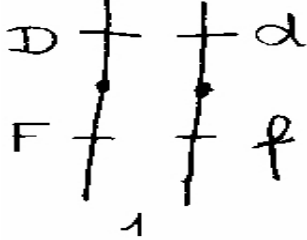
### Questão 07 -

7. Analise a seguinte situação sobre a distribuição hipotética de determinados genes em uma outra pessoa:

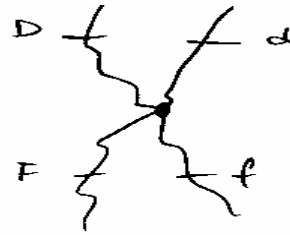
"Um outro homem tem os alelos "D" e "F" no cromossomo 1 herdado de seu pai e os alelos "d" e "f" no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um desenho do cromossomo e localize os alelos citados.

Respostas com exemplos de desenhos dos alunos:



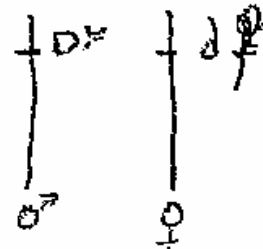
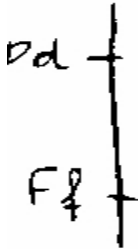
**Desenho A:** correto (aluno 47)



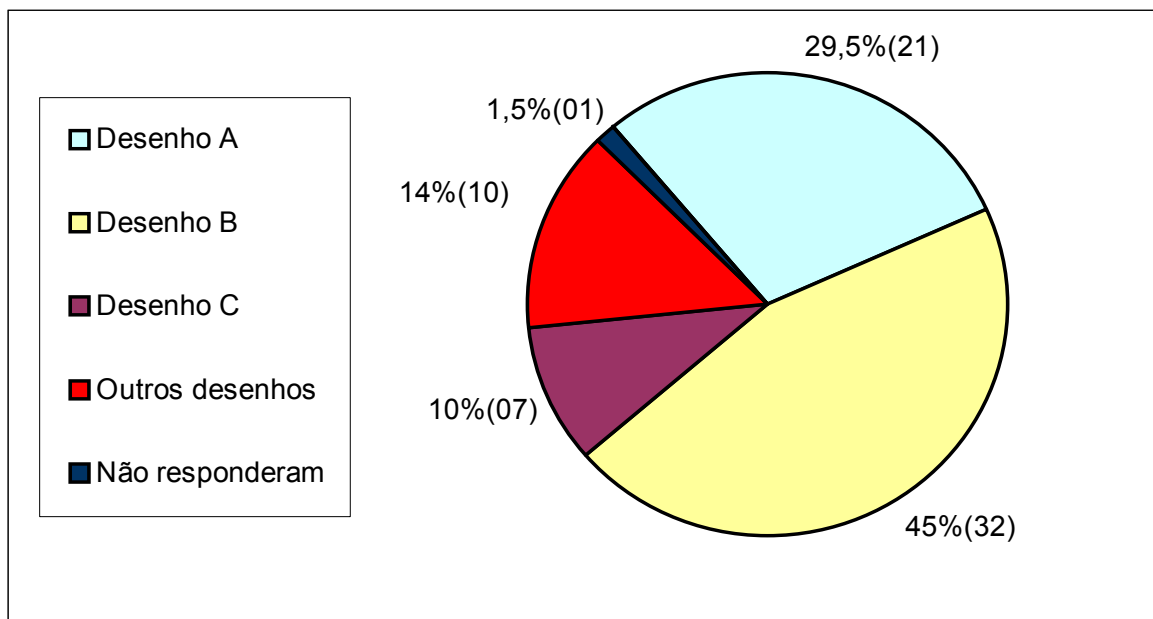
**Desenho B:** cromossomo com alelos diferentes nas cromátides irmãs (aluno 46)



**Desenho C:** cromossomo com alelos diferentes nas cromátides irmãs (aluno 51)



**Outros desenhos:** alelos localizados incorretamente no mesmo locus gênico (alunos 31e 41)



**Gráfico 11:** Questão 7a - Distribuição das respostas por número de alunos.

b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os gametas que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

**Respostas:**

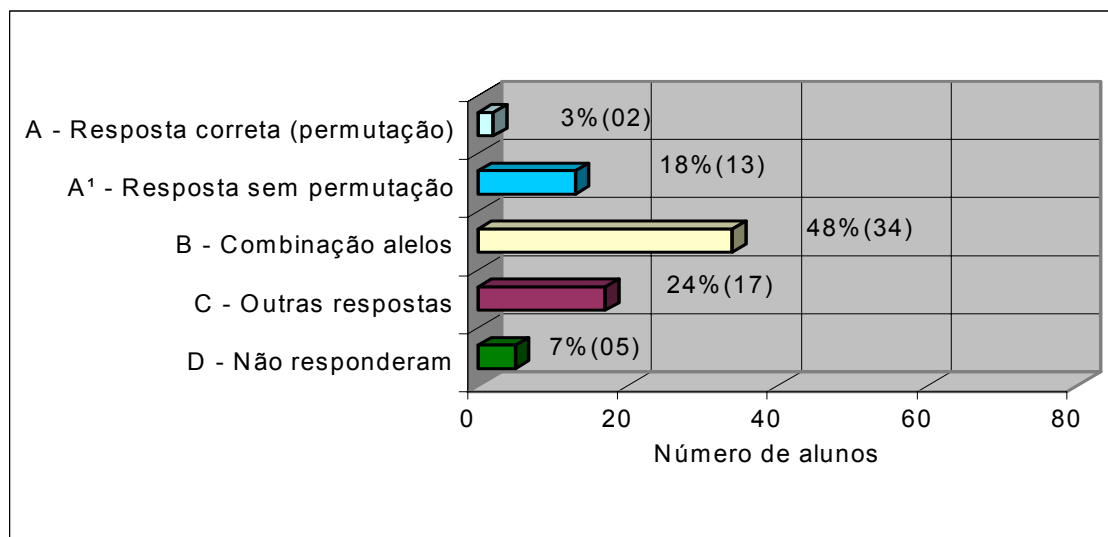
A - "DF, Df, dF, df": resposta levando em conta a possibilidade de ocorrência de "crossing-over" (correta);

A<sub>1</sub> - "DF, df": resposta direta (correta);

B - "DF, Df, dF, df": resposta através de combinação de alelos, não leva em conta a possibilidade de "permutação";

C - Outras respostas com diferentes gametas;

D - Não responderam.



**Gráfico 12: Questão 7b - Distribuição das respostas por número de alunos.**

**Resultados da entrevista:**

A situação proposta nesta última questão diz respeito à localização de genes em um único par de homólogos e a formação dos respectivos gametas deste indivíduo hipotético.

De maneira geral, a primeira parte desta questão apresentou percentuais muito semelhantes à primeira parte da questão anterior (6a), tanto nos acertos como nos erros. Alunos que acertaram esta questão (em torno de 30%) também responderam corretamente a questão anterior, quanto ao desenho dos cromossomos. Levando em conta que para executar estas tarefas corretamente, era necessário lidar com a idéia de genes herdados dos pais situados em cromossomos homólogos, penso que estes alunos demonstram relativo domínio conceitual nesta situação, tendo clara a diferença entre as duas situações propostas. Isto ficou mais

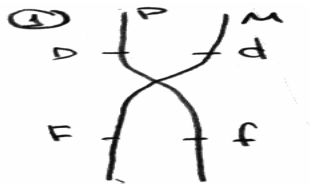
claro quando ao comparar os dois desenhos, pedi ao aluno 52 que comentasse sobre isto.

**(E):** E como é que está aqui neste desenho 7? (aponto o desenho)

**Aluno 52:** aqui veio um cromossomo da mãe e outro do pai (apontando o desenho), mas são genes diferentes do outro desenho e só um cromossomo...

Também entre os que erraram, notei uma certa regularidade quanto aos tipos de desenhos. O tipo de erro mais freqüente, cometido em quase todos os grupos, foi localizar alelos em cromátides irmãs e não em cromossomos homólogos. Como já comentei, talvez o fato do aluno ter como modelo o cromossomo duplicado (desenho em forma de um 'X') possa responder por boa parte desta dificuldade, pois fica mais fácil confundir as cromátides irmãs com os cromossomos homólogos. Outros erros estão vinculados à falta de domínio sobre o conceito de alelo, quando o aluno associa um alelo com outro gene completamente diferente, por exemplo 'D' com 'F'. Os grupos de desenhos formados traduzem um pouco estas circunstâncias.

Os desenhos do grupo B, também aqui os mais numerosos, são os que mais se aproximam do modelo correto. Eles apresentam o cromossomo duplicado com alelos diferentes nas cromátides irmãs e não em cromossomos homólogos, como seria de se esperar. Entre aqueles com este tipo de representação conversei com o aluno 63 e pude notar como ele percebe a diferença entre a situação da questão anterior e esta, mas ainda confunde cromátides irmãs e cromossomos homólogos.



**Entrevistador (E):** Explique seu desenho para gente. (indico o desenho da questão 7)

**Aluno 63:** Os dois alelos estão no mesmo cromossomo, devem estar desenhados no mesmo desenho... no do pai, o homem é dominante, eu botei 'D' e 'F' em uma coisinha só (referindo-se à cromátide esquerda, identificada com a letra 'p')... e a mãe, é heterozigoto... eu botei 'd' e 'f' (referindo-se a cromátide identificada pela letra 'm').

**(E):** Qual o motivo para você fazer o desenho do cromossomo nesta forma de "X".

**Aluno 63:** Porque quando pede o paterno e materno, eu sempre faço assim, porque daí dá para mostrar o paterno e materno no mesmo cromossomo... porque se eu fizesse só aquele 'fiozinho' assim (referindo-se ao desenho do cromossomo na forma de um filamento único) eu não sei fazer os dois juntos... como na questão 5, até daria para fazer, só o fiozinho, o centrômero assim... e bota o alelo...

**(E):** Você vê semelhança ou diferença desse daqui (desenho 7) com o desenho 6 ou com desenho 5, comparando?

**Aluno 63:** Eu acho que tem algum errado, porque eu fiz a mesma coisa, nos três... eu tive o mesmo pensamento nos três... só que esse aí... (pausa)

Os desenhos do grupo C apresentam como característica geral o pareamento de genes não alelos em cromátides irmãs ('D' com 'F', 'd' com 'f', etc.). No caso do aluno 51, cujo desenho e o diálogo apresento na seqüência, o cromossomo tem as cromátides cruzadas uma sobre a outra, daí a explicação de por que localizou os alelos desta forma.



**Entrevistador (E):** Explique o teu desenho.

**Aluno 51:** eu acho que eu coloquei assim, que essa linha daqui era toda da mãe ou do pai...(indicando no desenho que as cromátides se cruzam)

**(E):** então, você estava pensando...

**Aluno 51:** que aqui era do pai e aqui era da mãe, fazendo um 'X'...(indicando no desenho)

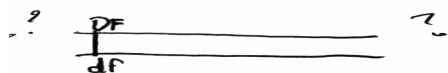
**(E):** então, na verdade, no teu cromossomo desenhado o do pai era 'DF' e o outro lado, que tem 'df' é o da mãe, cruzando assim? (indico no desenho)

**Aluno 51:** hum, hum...acho que é isso!

**(E):** no que você pensou para separar estes alelos ('DF') e colocar um de cada lado?

**Aluno 51:** pode ser, né? Porque eles têm que ficar localizados no mesmo lugar, assim no mesmo cromossomo...(referindo-se ao fato de 'DF' terem de ficar na mesma cromátide)

No grupo classificado como "outros desenhos" não existe um padrão comum entre suas representações. Um desenho que pode exemplificar este grupo é o do aluno 67. No desenho fica evidente a imagem que o aluno tem do cromossomo (representado como um traço duplo) e a localização dos genes no mesmo locus.



Quanto à segunda parte desta questão, sobre a formação de gametas neste indivíduo, registro algumas colocações dos alunos que apontam as dificuldades identificadas nesta atividade. Considerei também correta, respostas que indicavam gametas sem levar em conta a possibilidade de permutação, pois os alunos dificilmente lembram deste aspecto ao resolverem questões com esta formulação.

De forma geral, o fato dos genes estarem situados no mesmo cromossomo fez com que grande parte dos alunos respondesse de forma errada o que se pedia. O percentual de acertos nesta situação foi de 21%, bem abaixo do verificado em outras questões com tarefa semelhante. Entre as respostas consideradas corretas, somente 3 alunos levaram em conta a possibilidade de permutação entre os genes localizados

no mesmo cromossomo. Os outros não consideraram este fator, possivelmente por terem pouca compreensão sobre este importante processo genético.

A maioria dos alunos tratou a questão como se os genes estivessem situados em cromossomos distintos, formando gametas através da combinação entre eles. Para ilustrar este grupo B, apresento a resposta do aluno 18.

*DF, DE, dF e df. Formei as combinações possíveis de se formar com os dois alelos. O raciocínio é o mesmo da questão 6, letra "D".*

Como outras respostas apareceram gametas com os mais variados tipos de combinações de genes. Entre eles estava o aluno 57, cuja resposta e conversa reproduzo na seqüência.

*DD DF DF FF mesma coisa que a questão 6.*

---

*DF DF dF df*

**Entrevistador (E):** para formar gametas na questão 7b, qual é o genótipo desse indivíduo aqui?

**Aluno 57:** 'DdFf'.

**(E):** isso fez você concluir que os gametas seriam dessa forma?

**Aluno 57:** pois é, tá diferente...é que eu fui pegando um daqui e juntando com outro dali...

**(E):** se você tivesse que fazer os gametas baseados neste (novo) desenho que você fez, como seriam?

**Aluno 57:** ah, não sei se tá certo... 'DF', 'Df', 'dF', 'df'.

Ao completar esta questão apresento a opinião de um aluno sobre o tipo de questão proposta no questionário para formar os gametas e resolver problemas. Meu objetivo foi ouvir dele uma comparação com o tipo situação que enfrentam cotidianamente ao resolverem exercícios e problemas nas aulas de genética. Deste modo, apresento a opinião do aluno 26 sobre isto.

**Entrevistador (E):** Uma questão como essa (7b) para formar gametas, seria mais complicada do que uma situação como a retratada na questão 4?

**Aluno 26:** é. Em uma situação que não vem as letrinhas juntas dos alelos é mais difícil...

**(E):** e problemas deste tipo aqui da questão 5 comparados com o da questão 4, são mais complicados ou mais simples de resolver?

**Aluno 26:** bom aí, na questão 5 seria mais difícil. Aqui na questão 4 é simples. A questão 5 é mais complexa...dá para resolver, mas seria mais trabalhoso...sim.

Para encerrar a apresentação geral dos resultados apresento os gráficos 13 e 14 e a tabela 1. Eles permitem uma visualização geral do desempenho do conjunto dos alunos, discriminando o questionário pelo número de acertos, erros e abstenções nas questões (gráfico 13), pela classificação das questões com maior número de acertos (gráfico 14) e pelo desempenho individual dos alunos ao longo do questionário (tabela 1).

### Desempenho comparativo dos alunos no questionário (quantitativo)

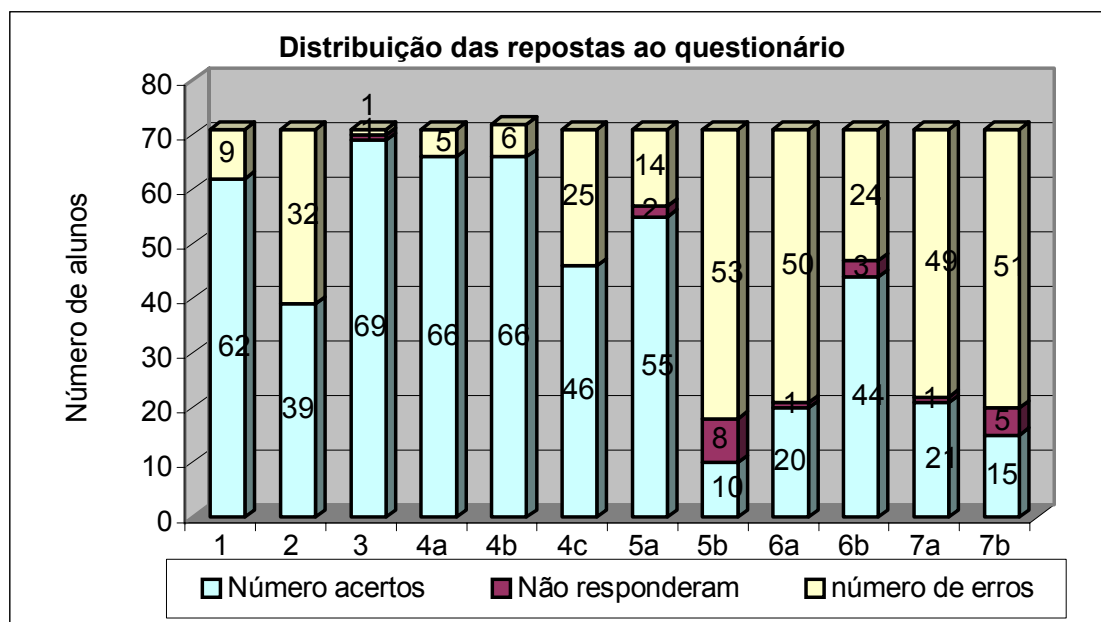


Gráfico 13 - Resultado numérico das repostas ao questionário.

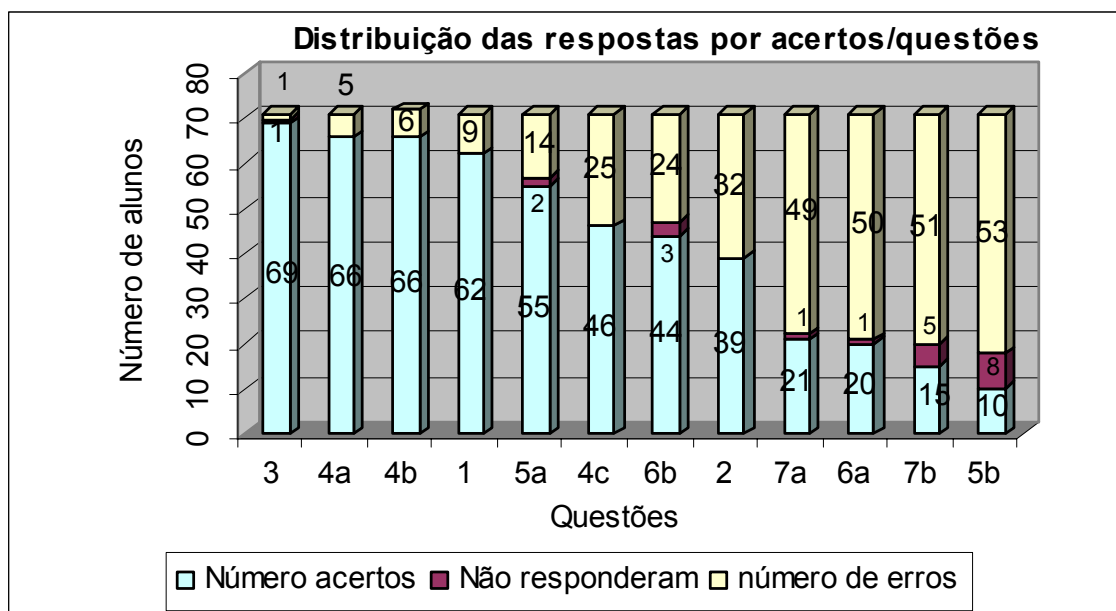


Gráfico 14 - Resultado numérico das repostas por acertos nas questões.



## CAPÍTULO V

### DISCUTINDO A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM GENÉTICA: DO REAL AO POSSÍVEL

Ao analisar as respostas dos alunos aos problemas propostos fui percebendo o estreito vínculo que existe entre os conhecimentos procedimentais e os conhecimentos conceituais, como fatores indissociáveis na capacitação do aluno para resolver problemas de forma significativa.

Pozo (1998) já argumentava que para solucionar problemas é preciso vincular estes dois tipos de conhecimentos. No momento em que relatei as respostas dos questionários à fala dos alunos entrevistados, notei que a interação entre estes dois aspectos da RP era decisiva para compreender a atividade e propor alternativas pedagógicas para as dificuldades identificadas.

Nesta fase, as considerações que apresentei no primeiro capítulo se mostraram bem concretas. Seguindo o pensamento de diversos autores, argumentei que os conhecimentos em RP devem ser estruturados de forma hierárquica para o aluno, seguindo uma ordem crescente de complexidade e levando em conta suas concepções alternativas, para promover neles a reflexão e a tomada de consciência sobre seus procedimentos de resolução e seu conhecimento conceitual. Foram as palavras de Pozo (1998, p. 141) que chamaram a atenção sobre a importância de compreender os passos que um aluno dá para resolver um problema e as dificuldades implícitas neste processo:

Sabemos resolver os problemas que propomos aos nossos alunos, mas nem sempre somos conscientes dos passos que damos para resolvê-los, o que torna muito difícil ajudar os alunos a dar esses passos.

Apoiado nestas idéias, procurei destacar a necessidade de coerência entre os objetivos que o professor visa alcançar com esta atividade e a proposta de problemas escolares que associem domínio conceitual e procedimental.

Foi com este olhar que analisei as respostas dos alunos, tentando verificar como aplicam os conceitos de genética e identificando suas estratégias de resolução, aspectos essenciais da relação entre conhecimento conceitual e procedimental.



Assim, organizei o presente capítulo de forma a refletir sobre a RP em genética através do diálogo entre os referenciais teóricos e as informações obtidas junto aos alunos. Discuto as dificuldades identificadas na aplicação de conceitos de genética mendeliana e sua relação com os diferentes tipos de problemas e estratégias de resolução. Desta forma, quero caracterizar a interação que deve existir entre conhecimentos conceituais e procedimentais em RP de genética, atividade tão freqüente no ensino e aprendizagem deste conteúdo no Ensino Médio. Para completar este capítulo apresento minhas considerações finais sobre o tema, destacando algumas alternativas pedagógicas que tratam do assunto no contexto do Ensino Médio e perspectivas futuras para o desenvolvimento de novas pesquisas na área.

### **5.1 - Aplicação de conceitos, tipos de problemas e estratégias de resolução: dificuldades identificadas**

Ao longo do desenvolvimento do capítulo 2 deste trabalho procurei focalizar mais de perto a relação entre aplicação de conceitos e a RP em genética. No espaço desta relação, alguns autores argumentam que a aquisição de um conceito científico estaria vinculada à capacidade de estabelecer relações com outros conceitos em uma rede conceitual definida. Em uma interpretação possível, o conhecimento de um conceito assumiria um papel mais funcional que declarativo e implicaria na capacidade de transferi-lo a contextos diferentes.

Sigüenza Molina (2000) alerta que embora o conhecimento declarativo do aluno possa parecer pouco relevante para a RP, é preciso destacar sua importância quando se faz necessário entender os passos que foram dados para alcançar a solução de um problema. Nesta circunstância, torna-se importante identificar se o aluno compreende o conceito envolvido na resolução de determinado problema. Isto pode ser feito observando às justificativas que ele apresenta no questionário e pedindo que explique como chegou a tais conclusões.

Ao analisar as informações que colhi junto aos alunos, levei em conta as afirmações de Sigüenza Molina (2000) sobre a importância dos procedimentos que o aluno adota ao resolver um problema, como ativa uma rede de conceitos e significados que o levam a escolher e criar regras heurísticas que ajudam a dirigir a

busca da solução. Considerei também as colocações de Pozo (1998), advertindo que a utilização de procedimentos heurísticos ou estratégias não garante o sucesso da atividade, pois dependerá grandemente de como o aluno se adapta à situação proposta e que recursos dispõe para responder aos problemas.

Ao propor aos alunos uma variedade de questões de genética que diferem na forma como foram organizadas e na maneira como podem ser respondidas, tinha em mente observar qual seria o procedimento que eles adotariam para respondê-las, que passos dariam para alcançar a solução e que obstáculos enfrentariam nesta atividade. Frente a isto, procurei nas respostas indícios de como "raciocinam geneticamente" quando aplicam determinados conceitos na resolução de questões desta natureza. Nesta busca, obtive resultados que indicaram dificuldades na atividade que merecem as considerações a seguir.

No questionário, as duas primeiras questões são de proposições múltiplas e servem como introdução ao assunto pesquisado. Através delas dei relevância às características e aos elementos que compõem o quadro de Punnett. Optei por este tipo de questão para que os termos apresentados nas alternativas propostas evocassem no aluno a lembrança do quadro de Punnett e sua simbologia.

Estas questões poderiam dar pistas sobre a forma como o aluno aplica este recurso e os conceitos implícitos nele, transferindo-os para o contexto da resolução de um problema no qual o quadro se faz necessário. Como já foi dito em outro ponto deste estudo, muitas vezes o aluno usa o quadro de Punnett mas não compreende seu significado nem os elementos que o caracterizam (Stewart e Dale, 1989; Cavallo e Schafer, 1994; Kindfield, 1994; Cavallo, 1996).

Na análise destas questões chamou a atenção à "lógica funcionalista" que o aluno associa ao uso do quadro de Punnett. A maioria deles utiliza o quadro para resolver os problemas, mas não sabe explicar claramente porque usá-lo nesta ou naquela circunstância. Nas justificativas e nas entrevistas fui percebendo indícios desta lógica.

Neste ponto, as respostas parecem confirmar que os alunos atribuem significados confusos aos elementos do quadro de Punnett. Isto pode ser percebido comparando as respostas da primeira com a segunda questão, quanto ao que representam as letras neste diagrama. Na primeira questão a maioria associou corretamente as letras do diagrama com os alelos presentes nos gametas paternos (86%); mas na segunda, um número considerável deles confundiu as letras que

indicam o genótipo do zigoto com os gametas (35%). Nas justificativas apresentadas para determinadas alternativas, existem sentenças verdadeiras que não explicam corretamente a escolha feita.

Neste tipo de questão, quando o aluno pode escolher dentre um grupo de alternativas aquela que julga correta, a presença de termos que o aluno conhece parece evocar nele a lembrança do conceito. Assim, conceitos como alelo, gameta e genótipo podem até ser usados corretamente nas justificativas escritas, mas não são transferidos para a interpretação da simbologia do quadro de Punnett.

Ao ler as justificativas e analisar as entrevistas, percebi que os alunos estavam mais interessados na aplicabilidade do diagrama que no significado de seus elementos. Desta forma, o uso de um recurso como o quadro de Punnett acaba se reduzindo à aplicação algorítmica se o significado de seus elementos for desvinculado do contexto da RP.

Na terceira questão, busquei verificar se o aluno reconhece a simbologia usada na genética e quais as estratégias de resolução que usa na situação proposta. As respostas encontradas demonstram que a maioria dos alunos reconhece as letras usadas na questão como representação dos alelos, interpreta termos como heterozigoto, genes autossômicos e genótipo e tem capacidade de efetuar cálculos de proporcionalidade simples, como o que foi pedido na questão.

A situação proposta nesta questão é normalmente encontrada em livros e apostilas de genética do Ensino Médio. A maioria dos alunos resolveu esta situação mentalmente, indicando a resposta diretamente na folha. Outros explicaram como procederam para resolver, como por exemplo o aluno 51 e 67, que fez combinação de alelos.

Esta estratégia resulta de um raciocínio no qual o aluno, sabendo que os gametas formados precisam apresentar um gene de cada par de alelos, faz a combinação entre eles e chega à resposta correta. Ela é freqüentemente usada pelos alunos em questões que envolvem a formação de gametas. No entanto, ela funciona desde que o aluno saiba em que situações é válida, como neste caso em que o genótipo do indivíduo é conhecido e os genes estão situados em cromossomos diferentes.

Nas entrevistas, quase todos os alunos se referiam às letras como genes, trabalhando com elas mentalmente através de suas combinações, o que lhes permitiu chegar a um resultado correto. Este procedimento não garante que os

alunos compreendam corretamente o motivo pelo qual estão usando estes símbolos ou os conceitos implícitos, pois podem estar lançando mão da aplicação mecânica de algoritmos para resolver a questão, o que me parece ser o caso. Esta situação pode ajudar a explicar por que 11% dos alunos usaram o quadro de Punnett para encontrar gametas ou por que alguns alunos podem acertar a questão mesmo confundindo conceitos, como o aluno 67, que usou o termo "gameta" em vez de "alelo" ao explicar sua resposta.

Na questão 4 são dados os genótipos de duas pessoas diferentes e pedido que se determine os tipos de gametas formados e os possíveis genótipos dos descendentes. A solução envolve o raciocínio causa-efeito e, segundo a literatura, favorece a aplicação de algoritmos como a combinação de alelos e o quadro de Punnett. Talvez por isso, o percentual de acerto dos itens (a) e (b) desta questão tenha ficado próximo aos 90%. No item (c) também é possível perceber como o aluno prefere aplicar alguma destas regras algorítmicas para responder a questão (respostas tipo  $A_1$ ). No meu ponto de vista, grande parte do percentual de erros desta questão (35,5%) está ligado à forma como os alunos aplicam determinada estratégia de resolução. As entrevistas que fiz com vários deles parecem confirmar esta tendência.

Nas questões 3 e 4, quando os alunos usaram o quadro de Punnett para encontrar os gametas corretos, considerei a resposta certa e dei destaque ao uso pouco convencional deste recurso na situação, uma vez que ele foi criado com outra finalidade. Possivelmente, eles foram ensinados a usá-lo em sala de aula de forma adaptada em circunstâncias como estas. Mesmo assim, muitos montaram o quadro de forma incorreta e não reconheceram ou explicaram adequadamente o significado de seus elementos. Isto parece ter se confirmado nas respostas as quatro primeiras questões, como demonstra o procedimento do aluno 52 que ao utilizar este recurso na questão 3 e 4 e na 7(b).

A aplicação do quadro na questão 3 permitiu encontrar os gametas diretamente a partir da leitura do enunciado. No entanto, na questão 4 seu emprego não pode ser tão direto, pois primeiramente o aluno precisa concluir qual o genótipo completo dos pais para então usá-lo. Talvez em função das dificuldades de interpretação do enunciado, poucos insistiram em usá-lo nesta situação.

Questões como essas podem demonstrar como a orientação algorítmica exerce sua força na RP na genética. Nas duas questões, onde o aluno deveria

indicar os gametas, a solução poderia ser obtida por aplicação direta de um algoritmo, como a combinação de alelos. Alguns alunos, talvez por segurança, usaram o quadro de Punnett para ter certeza quanto ao resultado esperado. Assim, o percentual de acertos nestas tarefas chegou próximo aos 90%. Porém, quando deveriam determinar os genótipos dos descendentes (questão 4c) este percentual de acertos caiu para 65%. Nesta situação, o emprego direto de um algoritmo precisa ser antecedido da interpretação do enunciado da situação e da determinação do genótipo dos pais, para então usar o quadro de Punnett. Acredito que alguns alunos fizeram toda esta operação mentalmente ou de forma muito displicente, sem conferir se o resultado alcançado era compatível com os dados que possuíam.

Desta forma, parte da explicação para estas dificuldades pode ser creditada à estratégia de resolução adotada por estes alunos e parte pode ser reflexo da aplicação de conceitos abstratos e de difícil compreensão como alelo, gameta e genótipo, ou do uso inadequado da simbologia empregada nestes cruzamentos. Neste sentido, é razoável considerar a possibilidade que grande parte dos alunos utilize as letras para representar os genes, sem contudo entender seu significado correto na formação de gametas ou em um cruzamento para determinar o fenótipo ou genótipo dos descendentes. O que reforça as considerações das questões anteriores, quanto ao significado da simbologia empregada no quadro de Punnett e o uso dele apenas como recurso algorítmico na resolução de problemas.

Na quinta questão propus ao aluno a resolução de um problema classificado como efeito-causa, em função do tipo de raciocínio que envolve sua solução. Através dele, quis verificar como o aluno aplica seu conhecimento de genética frente a problemas deste tipo. Além disso, foi minha intenção observar como ele transfere este raciocínio para uma atividade na qual tem de expressar conceitos como o de cromossomos homólogos e genes alelos, através de desenhos. O fato de propor um tipo de problema estruturalmente diferente da questão anterior me permitiu compreender melhor a organização conceitual e as estratégias que os alunos empregam na solução de distintos problemas, bem como sua representação em situações comuns em aulas de genética do Ensino Médio.

Na primeira parte desta questão o aluno deveria determinar os possíveis genótipos dos descendentes em um dado cruzamento, partindo das informações disponíveis no enunciado (fenótipo dos indivíduos). Na segunda parte, sua tarefa era

desenhar o(s) cromossomo(s) envolvido(s) e localizar os alelos mencionados na questão.

Ao contabilizar as respostas da primeira parte desta questão observei um aspecto que chamou a atenção, quando comparado aos resultados encontrados na questão anterior. A literatura comenta que, de forma geral, problemas que envolvem o raciocínio *efeito-causa* são mais complexos que aqueles da questão anterior (tipo *causa-efeito*), por isso esperava que o percentual de acertos desta questão fosse menor que o da questão anterior (4c). No entanto, isto não ocorreu.

Ao examinar este fenômeno, penso que uma possível explicação para esta diferença nos números possa ser entendida a partir de duas suposições:

- Parece-me que muitos alunos ao resolverem a questão anterior, tendo obtido os gametas dos pais (itens a e b), fizeram o cruzamento para determinar o genótipo dos descendentes apenas mentalmente e sem muita atenção, deixando de conferir se o genótipo resultante deste cruzamento era compatível com os dados que possuíam. Este procedimento seria um dos motivos do número de acertos nesta questão ser menor que o verificado na questão 5. Este parece ser o caso do aluno 57 que foi entrevistado por mim.
- É possível que a resolução do problema na forma como foi proposto na questão 5, exija apenas o domínio de alguns conceitos de genética e uma estratégia de resolução semelhante àquela que o aluno está habituado a usar na solução de problemas do tipo *causa-efeito*, como afirmou Ayuso et al. (1996). Esta possibilidade explicaria porque o número de acertos nesta questão foi mais elevado que o da anterior.

Outro aspecto interessante na análise da questão 5 é a diferença entre os acertos da primeira e da segunda parte da questão. A tarefa proposta na primeira parte envolve conhecimentos do aluno para coletar, analisar e organizar os dados do problema na construção da solução. A segunda parte exige um desenho de estruturas que o aluno emprega no cotidiano das aulas de genética (cromossomos e alelos) e que freqüentemente o professor usa ao explicar o conteúdo ou que aparece nos livros didáticos. Quando comparados os dois tipos de atividades, esperava que houvesse maior dificuldade em resolver a primeira que a segunda parte. No entanto, 55 alunos (75%) acertam a primeira e apenas 10 deles acertam a segunda parte (14%). Levando em conta que todos estes 10 alunos acertaram também a primeira parte, restam 45 alunos (63%) que acertam a primeira parte da questão e erram a

segunda. Isto me leva a pensar que eles são capazes de acertar questões mais complexas caso sejam treinados para isso, mesmo não compreendendo completamente os conceitos envolvidos. Entre os alunos que responderam corretamente a primeira parte, a maioria resolveu a questão através da aplicação do quadro de Punnett.

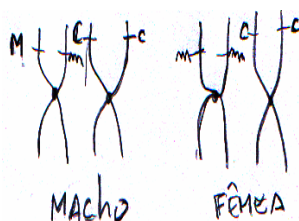
Desta forma, uma análise mais conclusiva dos resultados obtidos nas questões 3, 4 e 5 parece indicar que, para grande parte dos alunos, as estratégias de resolução de problemas em genética estão estruturadas na aplicação de algoritmos (como o quadro de Punnett), geralmente usados de maneira pouco significativa. Esta conclusão está de acordo com as idéias de Ayuso et al. (1996) quando comenta sobre a força que exercem estes recursos na atividade. Para estes autores, muitos dos problemas de genética requerem apenas que o aluno conheça pequenos truques para utilizar letras e lidar com termos simples de aplicar, como dominância e recessividade, homozigose e heterozigose.

Na segunda parte da questão 5, quando o aluno deveria desenhar os cromossomos e localizar neles os alelos envolvidos, encontrei o maior percentual de erros entre todas as questões (86%). Como a atividade analisada aqui é semelhante à solicitada nas questões seguintes (6 e 7), algumas das observações que faço sobre ela se aplicam também para as demais questões com esta proposta.

De forma genérica, notei que em muitos dos desenhos feitos pelos alunos os cromossomos são representados na sua forma duplicada e que existem dificuldades em diferenciar cromátides irmãs de cromossomos homólogos. Muitos dos erros encontrados estão associados à construção de modelos de cromossomos confusos e incorretos. Assim, no tipo de desenho mais comum os alunos localizaram alelos diferentes em cromátides irmãs e não em cromossomos homólogos; em outros desenhos aparece uma cromátide com informação e a outra sem; alelos de um mesmo par localizados na mesma cromátide, etc. Situações semelhantes a estas são retratadas na literatura através dos trabalhos de Ayuso e Banet (2002).

Em todas as questões onde esta atividade foi solicitada os desenhos do grupo B – localizando diferentes alelos em cromátides irmãs, foram os mais comuns entre todos. Esse padrão de representação se repete nas questões 6 e 7 seguintes, por isto tais desenhos foram colocados no mesmo grupo nas diferentes questões. Na questão 5 eles correspondem a 56% dos desenhos, 43,5% da questão 6 e 45% da questão 7.

Na questão 5, os alunos do grupo B apresentam o cromossomo na sua forma duplicada (figura 2) como resultado da união das cromátides através do centrômero, mas com um dos lados representando o cromossomo de origem paterna e outro de origem materna (aluno 63).



**Figura 2 - Exemplo de desenho do grupo B da Questão 5.**

A representação do cromossomo em sua forma duplicada aparece freqüentemente nos livros didáticos e é muito usada pelo professor em sala de aula. Quando precisam localizar alelos em cromossomos homólogos, os alunos confundem esta maneira de representar o cromossomo com as cromátides irmãs e localizam os alelos incorretamente, pois a imagem que lembram é a do cromossomo duplicado.

Talvez por isso, os alunos deste grupo representem os dois pares de alelos no mesmo cromossomo duplicado (alunos 26, 63 e 46) e não saibam explicar claramente o motivo pelo qual tais alelos estão localizados desta forma. Quando perguntado sobre isto na entrevista, o aluno 63 expressou que esta forma de representar o cromossomo estaria associada aos processos de divisão celular. Os alunos 26 e 52 se referiram superficialmente a termos como cromátides e cromossomos homólogos, o que poderia explicar a inconsistência de suas respostas sobre a localização dos alelos.

A falta de um entendimento claro sobre a diferença entre estas estruturas fica, a meu ver, evidenciada nas respostas da atividade e interfere diretamente na solução da tarefa. Por isso, é freqüente encontrar alunos que sabem falar isoladamente sobre determinados conceitos usados no estudo da genética, mas que não conseguem transferi-los corretamente para um contexto onde eles devem ser usados.

Em linhas gerais, a reflexão acima pode ajudar a entender o modelo de representação deste grupo nas questões seguintes, uma vez que é o mais comum nas três. Na questão 5 não foi dito ao aluno se os pares de genes deveriam ser localizados no mesmo cromossomo ou em cromossomos diferentes, por isso alguns desenharam dois pares de genes no mesmo cromossomo duplicado. Já na questão



6 os alelos deveriam ser localizados em dois cromossomos distintos (1 e 8). Na questão 7 é pedido que os genes sejam localizados apenas no cromossomo 1. Um exemplo dos desenhos do grupo das questões 6 e 7 aparecem na figura 3.

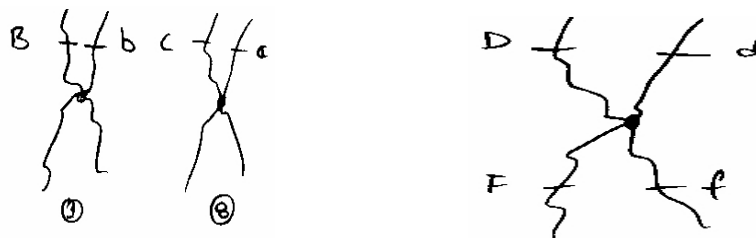


Figura 3 - Exemplos de desenhos do grupo B da Questão 6 e 7.

Os desenhos dos grupos C não seguem o mesmo padrão nas questões 5, 6 e 7, mas persiste em todos eles a dificuldade em diferenciar cromossomos homólogos de cromátides irmãs e de compreender o conceito de alelo. O que caracteriza os desenhos deste grupo na questão 5 é a representação de genes distintos (por exemplo, A e B) ocupando o mesmo locus gênico em cromossomos homólogos (alunos 34 e 57). Os desenhos dos cromossomos encontrados neste grupo aparecem em forma de um filamento único (aluno 34) ou duplicado (aluno 57) e representam 10% dos desenhos da questão (figura 4).

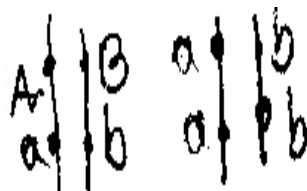


Figura 4 - Exemplo de desenho do grupo C da Questão 5.

Os desenhos do grupo C na questão 6 totalizam 7% das respostas e neles os alunos localizaram o par de alelos no mesmo cromossomo e não em homólogos (aluno 34), deixando de distinguir o alelo herdado do pai daquele herdado da mãe. Na entrevista o aluno 51 explica que, segundo sua concepção, os alelos deveriam estar na mesma cromátide, como se parte dela representasse o cromossomo de origem paterna e outra parte materna (figura 5). Concepção semelhante a esta aparece nos desenhos dos alunos que compõem o grupo D, que só aparece na questão 6 e totalizam 7% das respostas. Por isso, eles foram considerados como uma variação deste grupo C. Aqui os alunos representam em um único desenho o cromossomo 1 "unido pelo centrômero" ao cromossomo 8, com alelos diferentes situados nas cromátides irmãs. Para estes alunos parte da cromátide representa os alelos herdados do pai e parte dela aqueles herdados da mãe.

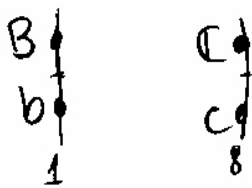


Figura 5 - Exemplo de desenho do grupo C da Questão 6.

Os desenhos do grupo C na questão 7 (figura 6) abrangem 10% das respostas e confirmam a confusão que o aluno faz entre cromossomos homólogos e cromátides irmãs. Nesta questão os alelos deveriam ser localizados em um par de homólogos (1), que foram representados como se os cromossomos fossem as "cromátides cruzadas" uma sobre a outra e unidas pelo centrômero (aluno 51).



Figura 6 - Exemplo de desenho do grupo C da Questão 7.

Os desenhos representados no grupo chamado "outros desenhos" são os que mais se distanciam do modelo correto. Neste grupo as dificuldades vão da interpretação do enunciado da questão até a representação de figuras onde os alunos não separam os alelos, localizando até quatro deles no mesmo locus (alunos 31 e 43, questão 5) ou como o aluno 67, que na questão 6 desenhou os cromossomos 1 e 8 como se fossem os "degraus da escada" que representa uma molécula de DNA (figura 7). Como não existe um único padrão de desenho neste grupo, é possível que os alunos incluídos nele tenham desde dificuldades pontuais em aplicar os conceitos de genética até aqueles com dificuldades generalizadas que erram quase todas as questões, como o aluno 28.

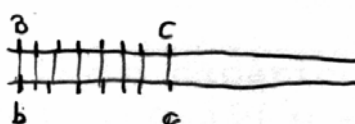


Figura 7 - Exemplo de desenho do grupo "Outros desenhos".

Durante a conversa que tive com os alunos entrevistados perguntei a alguns deles se eles percebiam diferenças entre as atividades propostas nas questões 5, 6 e 7. Desta análise concluí que, em geral, os alunos que acertam o desenho da questão 5 conseguem acertar também os desenhos das questões seguintes. Isto já era esperado e se confirmou através dos números de acertos encontrados, uma vez que o desenho proposto na questão 5 precisava ser feito após a interpretação e

organização dos dados contidos no enunciado do problema, enquanto nas questões 6 e 7 a tarefa proposta aparece de forma muito mais direta nas instruções do enunciado.

Embora a tarefa pedida aos alunos nestas questões seja a mesma – localizar os genes nos cromossomos através de desenhos, estes deveriam ser elaborados a partir de enunciados diferentes. Segundo Buteler e Gangoso (2001) isto seria suficiente para que os alunos interpretassem a questão como tarefas distintas. Atividades como das questões 6 e 7 não são muito comuns em livros didáticos e apostilas de vestibular, nem é freqüente que o professor em sala de aula realize exercícios com esta configuração.

Desta forma, ao interpretar os diferentes tipos de desenhos encontrados, fui percebendo uma série de concepções alternativas dos alunos, identificadas através dos conflitos entre a representação dos seus desenhos e as explicações dadas na entrevista. A maioria dos alunos não conseguiu estabelecer relação clara entre a localização dos genes e a forma do cromossomo desenhado e não fez distinção entre cromátides irmãs e cromossomos homólogos. Embora muitos deles sejam capazes de definir corretamente o que são genes, cromossomos ou cromátides, não parecem dominar estes conceitos a ponto de expressá-los em uma atividade concreta como a proposta nestas questões.

Nestas questões, os resultados encontrados estão de acordo com as conclusões de Ayuso e Banet (2002) quanto aos modelos de cromossomos representados pelos alunos. Também concordam com as observações feitas por Buteler e Gangoso (2001) quanto à interpretação de enunciados diferentes para a mesma atividade. No contexto da minha pesquisa, penso que talvez este aspecto possa ter relação com a organização do programa de ensino de biologia que a maioria das escolas adota. Mais especificamente, ao fato dos alunos estudarem os conceitos e estruturas do núcleo celular na primeira série do Ensino Médio e o conteúdo de genética, na terceira série. Este hiato que se forma entre uma série e outra faz aumentar a distância entre conceitos que são pré-requisitos no entendimento dos princípios da genética.

As questões 6 e 7 também revelam outros aspectos interessantes sobre o tipo de problema e as estratégias de resolução adotadas para resolvê-las. Nestas questões, propus a eles uma situação genérica, onde apresento dois pares de alelos diferentes e os cromossomos em que se localizam. Na questão 6 estes pares de

genes estão localizados em cromossomos diferentes (1 e 8) e na questão 7 eles se localizam no mesmo cromossomo (1).

Na questão 6, onde o aluno deveria formar gametas partindo das informações do enunciado, o percentual de acerto foi de 62%. O percentual de alunos que responderam incorretamente foi de 34%. Ao compará-la com as demais questões nas quais esta tarefa também foi proposta, é possível perceber a diferença entre estes percentuais. Na questão 3 e 4, este número esteve em torno dos 95% de acerto e 5% para os erros.

Penso que a explicação para este fato está na diferença de informações disponíveis para o aluno em uma situação e em outra, bem como o fato do aluno estar treinado para resolver questões como a 3 e 4 através da aplicação de algoritmos.

Na questão 6(b) as informações disponíveis não estão colocadas no contexto de um problema com o qual o aluno foi habituado a lidar, como no caso das questões 3 e 4. Para resolver esta questão, ele precisava interpretar o enunciado e lançar mão de conceitos como alelos, cromossomos homólogos e genótipo, associando-os às noções de meiose para determinar quais seriam os possíveis gametas formados. Nas entrevistas com os alunos observei que eles precisavam determinar inicialmente qual o genótipo do indivíduo para concluir sobre seus gametas, uma vez que isto não era apresentado diretamente no enunciado. Nas questões anteriores estes dados eram fornecidos diretamente no enunciado, bastando apenas organizá-los e aplicar um algoritmo para chegar à conclusão.

Analisando as respostas da questão 6(b), constatei que os alunos optaram por formar os gametas usando a combinação de alelos como estratégia de resolução. Isto faz sentido, pois este recurso é muito usado nas aulas quando se trata de determinar gametas em um indivíduo, especialmente se ele for heterozigoto ( $BbCc$ ). Entre os alunos que resolveram corretamente a questão, o genótipo do indivíduo aparece escrito no questionário junto com a estratégia escolhida para resolver a questão, geralmente a combinação de alelos feita mentalmente. Entre as respostas incorretas (grupo B) parece que a interpretação do tipo de enunciado da questão teve um papel preponderante na solução. Comparada às questões anteriores onde esta tarefa também é solicitada, aqui o percentual de erros é bastante superior (34%).

Como já comentei antes, para resolver esta questão o aluno precisava interpretar o enunciado da questão para determinar o genótipo do indivíduo ( $BbCc$ ), diferentemente do que aparece nos problemas típicos de sala de aula, para depois encontrar os gametas. Por isso, parte das dificuldades em resolver esta questão resulta da interpretação errônea do enunciado apresentado, embora não houvesse nele nenhum conceito ou informação estranhos ao aluno.

É possível que o fato de ter dito no enunciado da questão que os alelos estão situados em um cromossomo específico herdado do pai e outro da mãe, tenha provocado certa confusão no aluno quanto ao genótipo deste indivíduo. Alunos com dificuldades em diferenciar cromossomos homólogos de cromátides irmãs, de aplicar conceitos como alelos e noções de meiose estariam mais propícios a estes erros de interpretação. Nas questões anteriores (3 e 4) os genótipos dos indivíduos estão mais claramente destacados e não são evocados os pais daqueles indivíduos.

A questão 7 apresentava um diferencial em relação à anterior, pois os genes estavam localizados em um único cromossomo. Assim, ao formarem os gametas deste indivíduo, os alunos precisavam ter isto em mente para responder corretamente a questão. Este aspecto, somado às características discutidas anteriormente, deve ter colaborado para aumentar o percentual de erros para mais de 70%.

Nesta questão merece destaque a interpretação que a maioria dos alunos deu ao enunciado. Não interpretando corretamente o enunciado da questão, eles combinaram os alelos como se estivessem localizados em cromossomos distintos, o que explica o grande número de respostas do grupo B.

Os alunos deste grupo não perceberam que a estratégia de combinar alelos para determinar gametas não pode ser usada quando os alelos estiverem situados no mesmo cromossomo; mesmo entre aqueles que sabiam disso, como é possível perceber na entrevista com o aluno 57, a informação parece não ter sido considerada relevante para a resposta. Além disso, para que essa resposta fosse correta o aluno precisava considerar a possibilidade de ocorrência de permutação, o que não foi o caso deste grupo.

De forma geral, o fato de criar uma situação na qual o aluno deve formar gametas partindo de alelos que não são apresentados juntos para compor o genótipo de um indivíduo, parece ter dificultado o entendimento e a aplicação direta de algoritmos para se chegar à solução correta do problema, pois é necessário

interpretar o enunciado da questão primeiro. Isto aparece mais claramente no diálogo que tive com o aluno 26, que afirmou que situações como esta, em que "*as letrinhas não vem juntas*" são mais complexas de resolver que a apresentada na questão 4 onde, para formar os gametas, o genótipo é dado diretamente no enunciado da questão. Acredito que este tipo de estratégia deva ser melhor explorada nos livros didáticos e aulas de genética no Ensino Médio, como forma de preparar o aluno para resolver problemas de genética que exijam mais do que a aplicação direta de algoritmos pouco compreendidos por eles.

Entre os alunos que responderam corretamente a questão 7 (item b), somente dois justificaram suas respostas apontando a possibilidade de ocorrência de permutação entre genes localizados no mesmo cromossomo, o que deve ser considerada a resposta mais apropriada para a questão. Um deles acertou todas as questões propostas, o que pode ser indicativo de que ele dispõe de bons recursos cognitivos e que sabe como e em que circunstâncias deve usá-los. Nas outras respostas aceitas como corretas (grupo  $A_1$ ), considerei que os alunos apontaram os gametas corretos, caso não haja permutação entre os genes considerados.

A título de conclusão desta parte, penso que a análise destes resultados aponta inúmeras dificuldades na aplicação de conceitos de genética mendeliana na resolução de problemas, envolvendo os processos de meiose, modelos de cromossomo, mecanismo de segregação independente ou não dos cromossomos e diferenciação entre estruturas como cromátides irmãs e cromossomos homólogos. Muitos alunos retêm na memória determinados conceitos de genética e passam a usá-los sem compreender seu verdadeiro significado, auxiliados diretamente pela aplicação de algoritmos na resolução de problemas. Todavia, não conseguem transferi-los para situações nas quais tais conceitos são exigidos em uma determinada tarefa.

A análise das respostas dos alunos também indica forte dependência da aplicação de algoritmos, como forma dominante de demonstrar seu conhecimento procedimental ao resolver as questões. Mudanças na estrutura ou no tipo de problemas propostos colocaram em evidência esta dificuldade e, mesmo entre os que usaram estratégias e algoritmos para respondê-los, notei que isto não fora feito de maneira inteiramente correta e claramente compreensível. Acrescente a esta situação as dificuldades na interpretação do enunciado das questões e o resultado pode ser um ensino em genética onde a aprendizagem dos conhecimentos

conceituais se dissocia dos conhecimentos procedimentais. Desta forma, a RP em lugar de facilitar a construção dos conhecimentos sobre a herança biológica, acentua uma tendência à memorização de conceitos e aplicação de algoritmos, limitando bastante a possibilidade do aluno aprender a partir dela.

Pensando um pouco nos diversos aspectos discutidos anteriormente, apresento a seguir alternativas pedagógicas possíveis no tratamento desta atividade na genética do Ensino Médio. Tais considerações exprimem, na minha concepção, maneiras de fazer avançar este recurso tão importante para o ensino de genética e apontam possibilidades de futuras pesquisas sobre o tema.

## **5.2 - Considerações finais sobre o assunto**

Durante minha pesquisa procurei entender quais os passos que os alunos do Ensino Médio dão para resolver problemas de genética, como aplicam os conceitos básicos e que dificuldades encontram nesta tarefa. O interesse em estudar esta temática nasceu de situações pedagógicas que fui experimentando como professor de biologia nesta série de ensino.

Para mim, a RP em genética constitui-se em uma estratégia pedagógica importante para, entre outras coisas, auxiliar o aluno a compreender conceitos e aplicar definições teóricas em situações de aprendizagem concreta.

Através desta pesquisa encontrei algumas das respostas às questões propostas inicialmente. Elas dizem respeito às dificuldades dos alunos em usar estratégias criteriosamente, como forma de facilitar a compreensão a respeito dos conceitos aplicados em genética e capacitá-los a resolver problemas de forma significativa. O questionário contendo determinados problemas e a entrevista foram os instrumentos usados para identificar as estratégias de resolução mais comuns e para compreender como eles aplicam determinados conceitos.

Ao analisar os resultados, percebi a variedade de informações que surgiram daí e a complexidade dos assuntos envolvidos. Cada aspecto analisado evocava uma série de outras situações, de forma que pinçar este ou aquele item, destacar esta ou aquela fala se tornou um procedimento difícil, uma vez que muitas das dificuldades dos alunos interagem entre si nas diferentes situações.

A análise apresentada anteriormente indicou que os alunos, de maneira geral, lançam mão de recursos algorítmicos como principal estratégia de resolução e que o fazem sem compreender claramente o contexto e o motivo pelo qual devem aplicá-los. Indicou também que determinados conceitos básicos em genética são conhecidos e usados mais por força da memorização de suas definições do que pela compreensão de seu significado. Posso concluir com isto que existe, no contexto desta pesquisa, uma distância razoável entre os conhecimentos procedimentais e conceituais na RP em genética mendeliana. Esta distância limita a capacidade do aluno para responder de forma crítica aos problemas e torna a estratégia de resolução uma aplicação direta de algoritmos e conceitos memorizados.

Alguns dos fatores que contribuem para isto estão associados às dificuldades já mencionadas, como a interpretação do enunciado do problema, a construção de modelos incorretos de cromossomos, a aplicação de conceitos memorizados e pouco compreendidos como genes e alelos, cromossomos homólogos e cromátides irmãs ou do processo da segregação destes na meiose. Frente a este quadro, penso que é interessante apresentar algumas alternativas pedagógicas que possam colaborar na superação de algumas destas dificuldades.

Algumas destas alternativas dizem respeito à questão estrutural do currículo de biologia do Ensino Médio; outras são mais pontuais e abordam aspectos do processo de ensino e aprendizagem em genética neste nível educacional.

Em geral, os programas de ensino de biologia desvinculam os conteúdos sobre o núcleo e a divisão celular dos conteúdos de genética, criando um hiato pedagógico que dificulta a construção dos pré-requisitos necessários ao estudo da genética.

O aluno estuda na primeira série do Ensino Médio a mitose e a meiose, a estrutura e função do DNA e do RNA dissociadas do comportamento dos cromossomos e genes e depois vai precisar destes fundamentos na terceira série para entender as bases da genética mendeliana. Como tais conteúdos estão desvinculados de estratégias como a RP na primeira série, acabam sendo memorizados e podem ser esquecidos, pois é difícil para o aluno entender a funcionalidade de assuntos tão abstratos nesta série. Uma das conseqüências diretas deste distanciamento é que o quadro de Punnett acaba sendo usado na terceira série apenas como ferramenta para resolver determinadas questões em genética, sem que o aluno compreenda que a simbologia nele empregada tem



relação com o estudo da meiose e com a segregação independente dos cromossomos.

Uma alternativa para minimizar esta dificuldade pode estar na transferência destes conteúdos e sua organização no programa de ensino de genética da terceira série. Talvez seja possível reavaliar a prioridade de alguns tópicos incluídos no currículo de genética do Ensino Médio, de tal forma que se abra espaço no programa para a inclusão de alguns dos aspectos aqui discutidos de maneira mais efetiva para o aluno. Isto poderia aproximar estes conteúdos considerados pré-requisitos do estudo dos conceitos básicos de genética e potencializar atividades que aplicam tais conceitos como a resolução de problemas.

Esta possibilidade de reorganização curricular quanto a determinados conteúdos do ensino de biologia precisa também ser acompanhada por alternativas pedagógicas mais específicas no processo de ensino e aprendizagem de genética.

Quanto aos tipos de problemas e às estratégias de resolução, as possibilidades para superar as dificuldades resultam de um processo no qual a RP deva ser usada com muito critério pelo professor para ensinar genética e muita dedicação do aluno para aprender a partir dela.

Acredito que os problemas devem ser propostos pelo professor seguindo uma hierarquia de dificuldade, levando em conta os conhecimentos prévios dos alunos, as dificuldades em lidar com inúmeros conceitos abstratos e os objetivos educacionais a serem alcançados. O professor precisa saber quando e como usar exercícios e/ou problemas; que tipo de problema deve propor e que dinâmica empregar para adequar e motivar o aluno no caminho do resultado esperado. Essa intermediação é importante para permitir que o aluno vá superando o uso de algoritmos aplicados sem a compreensão que o contexto exige.

É também essencial que o professor vá discutindo com o aluno os procedimentos necessários para resolver a questão proposta, permitindo que ele tome consciência dos passos que deu para alcançar os resultados e dos conceitos que estão envolvidos. Símbolos, diagramas e desenhos precisam ser apresentados em uma linguagem que o aluno consiga compreender, estabelecer relações com outros conhecimentos e armazenar em seus esquemas cognitivos.

Na medida em que os conhecimentos sobre os procedimentos de resolução e os conceitos envolvidos forem se aprofundando, o professor pode ir substituindo exercícios por problemas que exijam soluções diferentes, problemas do tipo efeito-

causa por outros na configuração causa-efeito e sugerindo problemas que envolvam pequenas pesquisas e criação de hipóteses na sua solução. A exposição do aluno a situações problemáticas variáveis pode ajudá-lo a superar o uso de algoritmos de forma pouco significativa.

O erro nesta atividade deve ser utilizado como uma forma de aprendizado, quando o professor junto com o aluno distingue a fonte da dificuldade e organiza uma ação que permita sua recuperação. O trabalho orientado em grupo pode ajudar a socializar os conhecimentos e nele um aluno explica para o outro e aclara suas próprias idéias. Isto favorece a interação dos alunos com a atividade e motiva o aluno a interpretar enunciados e discutir com colegas os procedimentos, conceitos usados e seu resultado.

Estes procedimentos favorecem também a superação de outra dificuldade, detectada ao analisar os resultados dos problemas propostos: a memorização de conceitos. Este fator limita muito a capacidade do aluno de estabelecer relações entre idéias, conceitos e informações científicas. Isto ficou evidente pela dificuldade em transferir conceitos como genes e alelos, cromátides irmãs e cromossomos homólogos para situações nas quais eles deveriam ser aplicados, como no caso dos desenhos dos cromossomos.

Um caminho para contornar tais dificuldades poderia ser a adequação de atividades pouco convencionais nas aulas de genética, como pedir que os alunos representem uma situação estudada através de desenhos ou colagem de figuras que descrevem a própria situação. Ou ainda, construindo as estruturas envolvidas através do uso de massa de modelagem, por exemplo. Isto ajudaria o professor a detectar possíveis concepções alternativas dos alunos e trabalhar a partir delas para modificar a compreensão de conceitos que não foram bem aprendidos.

Diversificar o tipo de atividade usada para construir e aplicar conceitos em genética pode favorecer sua organização na memória de longo prazo do aluno. No entanto, é preciso que estes conceitos sejam constantemente evocados através de atividades que representem pequenos desafios pedagógicos, como criar uma situação problemática que deva ser resolvida pela turma através da interação entre o conhecimento científico e uma ação concreta para resolvê-la.

Contextualizar determinados conceitos em aula, discutindo sobre a maneira como ele foi se modificando ao longo do tempo e como está inserido em uma forma de pensar da comunidade científica da época, pode ajudar o aluno a estabelecer

relações mais concretas e seguras sobre sua definição e levá-lo a criar vínculos com as informações que ele já detém sobre conhecimentos correlatos.

A meu ver todos estes são fatores que podem colaborar, em certa medida, para superar a memorização de conceitos abstratos e pouco compreendidos pelo aluno, quando competentemente organizados e estabelecidos no planejamento didático do professor. Este planejamento deve servir de suporte ao professor na preparação e execução criteriosa desta atividade.

Assim, um dos aspectos mais desafiantes e importantes no fazer didático do professor de genética consiste em ensinar os alunos a resolver problemas, buscando um equilíbrio entre a realização de exercícios e a proposição de problemas. Para tanto, alguns critérios devem ser levados em conta neste trabalho. Eles são apontados em Pozo (1998) e abrangem desde a proposição do problema, o momento da resolução e a avaliação da atividade. Adaptei alguns deles ao ensino de genética e os utilizo aqui como resumo de algumas alternativas pedagógicas que podem ajudar a tratar algumas das dificuldades identificadas nesta pesquisa.

Ao propor um problema de genética o professor deve procurar escolher e adequar o tipo de problema e a informação proporcionada no enunciado aos objetivos da tarefa proposta, alternando em diferentes momentos problemas com formatos mais ou menos abertos em função destes objetivos.

Enquanto o aluno resolve os problemas cabe ao professor habituá-lo a adotar suas próprias decisões sobre o processo de resolução, refletindo com ele sobre esse processo e dando-lhe autonomia crescente na tomada de decisões. Pode, neste espaço, dar as informações necessárias à resolução através de perguntas que dirige à classe e procurar não ficar somente respondendo as perguntas dos alunos. Na perspectiva de um trabalho coletivo, pode fomentar a cooperação entre os alunos através da resolução de diferentes problemas em pequenos grupos e posteriormente, incentivar a discussão com toda classe sobre cada problema, comparando as soluções ou caminhos de resolução alternativos.

A avaliação da atividade não deve ser um episódio conclusivo no processo, pois precisa ser realizada em paralelo à execução das tarefas. Ao avaliar, o professor deve estar atento às diferenças psico-pedagógicas em suas turmas. Elas podem ser muito úteis no gerenciamento das dificuldades destacadas nesta pesquisa. Por isso, é interessante avaliar mais o processo de resolução seguido pelo aluno do que a correção final da resposta obtida, considerando mais a reflexão e a

profundidade das soluções do que a rapidez com que são obtidas. Pode valorizar também o grau em que o processo de resolução envolveu uma tomada de consciência do aluno sobre os passos que deu para alcançar a resposta final, o que pode vir associado a uma auto-avaliação do seu desempenho na atividade proposta.

Sobretudo, acredito que o professor precisa estar identificado com a estratégia que pretende desenvolver e se sinta motivado a realizá-la de maneira significativa. Esta dinâmica positiva certamente terá repercussões no comportamento e no desejo dos alunos em participar e aprender genética a partir dela.

No começo do primeiro capítulo fiz referência ao fato de que a RP pode despertar o interesse do aluno, desenvolver sua criatividade e seu raciocínio, além de estimular associações com diversos tipos de conhecimentos escolares ou não. Acredito que o professor deva ser o agente deste processo, na medida em que cria uma coerência entre a metodologia empregada na atividade e a proposta de problemas que associem domínio conceitual e procedimental, levando em conta as idéias prévias que o aluno traz consigo.

Mas para que isto se torne possível é preciso levar em conta também que a RP precisa se transformar em objeto de estudo da prática docente, pois sem uma didática organizada para promover o conhecimento procedimental e conceitual o aluno não terá êxito neste processo. Então, cabe perguntar: de que maneira o professor deve ser preparado para organizar e gerenciar esta atividade, visando desenvolver um processo crítico nos alunos? De que meios dispõe para isto? Quais são os limites e as reais potencialidades da RP como uma maneira de aprender genética significativamente? Em que medida o currículo de biologia no Ensino Médio, pela sua estruturação, favorece ou obstrui o desenvolvimento desta atividade em outras áreas da biologia? Todas estas são perguntas que, a meu ver, este estudo não dá conta de responder e que podem indicar a necessidade de futuras pesquisas na área de RP em genética.

Uma das motivações que me levam a seguir neste caminho e perseguir tais respostas decorrem do desejo de diminuir a distância entre o resultado das pesquisas em RP e o cotidiano da sala de aula.

Muitas vezes quando realizava este trabalho, pensava nas colocações de Gangoso (1999) quanto ao impacto destes estudos na educação, por conta da diversidade de enfoques da área e das dificuldades na comparação dos resultados

das pesquisas; pensava nas observações de Costa e Moreira (1997a) quanto à resistência dos alunos à tarefa de resolver determinados problemas, vinculada às inúmeras dificuldades que enfrentam nesta atividade nas disciplinas de ciências (física, química e biologia). Por tudo isto, como experimento cotidianamente a desafiante missão de ensinar biologia no Ensino Médio, gostaria que estas páginas pudessem ajudar o leitor a refletir sobre a complexidade desta prática no cotidiano escolar e servissem para aproximar a distância entre o real e o possível na sala de aula.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYUSO, E.; BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, [Barcelona], v. 20, n. 1, p. 133-57, 2002.

AYUSO, E.; BANET, E.; ABELLÁN, T. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? **Enseñanza de las Ciencias**, [Barcelona], v. 14, n. 2, p. 127-142, 1996.

BANET, E.; AYUSO, E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, [Barcelona], v. 13, n. 2, p. 137-153, 1995.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais** - Ensino Médio: conhecimentos de Biologia. Brasília: SEMTEC, 2000. 360p.

BUGALLO RODRÍGUEZ, A. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, [Barcelona], v. 13, n. 3, p. 379-385, 1995.

BUTELER, L.; GANGOSO, Z. Diferentes enunciados del mismo problema: ¿problemas diferentes? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, dez. 2001. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: ago. 2004.

CANTIELLO, A.P.; TRIVELATO, S.F. Desempenho em provas vestibulares: levantamento diagnóstico da aprendizagem conceitual em Biologia. In: Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia", 7º EPEB, 2000, São Paulo. **Coletânea**. São Paulo: FEUSP, 2000. p.569-572.

\_\_\_\_\_. O desempenho dos estudantes do ensino médio em relação ao conceito de herança biológica a partir das provas vestibulares da FUVEST. In: Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia", 9º EPEB, 2004, São Paulo. **Caderno de Resumos**. São Paulo: FEUSP, 2004. p.160-161.

CAVALLO, A.L. Meaningful learning, reasoning ability, and students' understanding and problem solving of topics in genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, [s.l.], v. 33, n. 6, p.625-656, 1996.

CAVALLO, A.L.; SCHAFER, L.E. Relationships between students' meaningful learning orientation and their understanding of genetics topics. **Journal of Research in Science Teaching**, [s.l.], v. 31, n. 4, p.393-418, 1994.

COSTA, S.S.C.; MOREIRA, M.A. Resolução de problemas III: fatores que influenciam na resolução de problemas em sala de aula. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, ago. 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: fev. 2004.

\_\_\_\_\_. Resolução de problemas IV: estratégias para resolução de problemas. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, dez. 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: fev. 2004.

ESCUADERO, C.; FLORES, S.G. Resolución de problemas en nivel medio: un cambio cognitivo e social. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, ago. 1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: mar. 2004.

FINLEY, F.N.; STEWART, J.; WILLIAM, Y. Teachers' perceptions of important and difficult science content. **Science Education**, [s.l.], v. 66, n. 4, p.531-538, 1982.

GANGOSO, Z. Investigaciones en resolución de problemas en Ciencias. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, mar. 1999. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: dez. 2003.

GIL PÉREZ, D.; FURIÓ MÁS, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; GUIASOLA, J.; GONZÁLES, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M.; PESSOA DE CARVALHO, A.M. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, [Barcelona], v. 17, n. 2, p.311-320, 1999.

GRIFFITHS, A.J.F.; MILLER, J.H.; SUZUKI, D.T.; LEWOTIN, R.C.; GELBART, W.M. **Introdução à Genética**. 7ª. Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

GUIMARÃES, F.G.; BORGES, O.N. A resolução rápida de questões está relacionada a uma estrutura metacognitiva bem desenvolvida? In: Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia", 7º EPEB, 2000, São Paulo. **Coletânea**. São Paulo: FEUSP, 2000. p.596-599.

KINDFIELD, A.C.H. Understanding a basic biological process: expert and novice models of meiosis. **Science Education**, [s.l.], v. 78, n. 3, p.255-283, 1994.

LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance: do students see any relationship? **International Journal of Science Education**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.177-195, 2000.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EDUSP, 2001.

MACIEL, C.M.; NASCIMENTO, T.G.; CAVALCANTI, D.P.; SOUZA, V.B.; PORTO, F.C.S.; FERREIRA, M.S. Estudo dirigido sobre o papel do RNA no controle da síntese de proteínas. In: Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia", 7º EPEB, 2000, São Paulo. **Coletânea**. São Paulo: FEUSP, 2000. p.833.

MARBACH-Ad, G. Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. **Journal of Biological Education**, [s.l.], v. 35, n. 4, p.183-189, 2001.

MARRERO, A.R.; MAESTRELLI, S.R.P. Qual a relação existente entre DNA, cromossomos e genes? Conceitos identificados entre os alunos das fases iniciais de cursos da área de saúde da UFSC. In: Congresso Nacional de Genética, 47º, Águas de Lindóia. **Anais**. São Paulo, 2001. 1 CD-ROM.

POZO, Juan Ignacio (Org.). **A solução de problemas**: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artmed, 1998. 177p.

SIGÜENZA MOLINA, A.F. Formación de modelos mentales en la genética. **Enseñanza de las Ciencias**, [Barcelona], v. 18, n. 3, p.439-450, 2000.

SIGÜENZA MOLINA, A.F.; SÁEZ, M.J. Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la Biología. **Enseñanza de las Ciencias**. [Barcelona], v. 8, n. 3, p.223-230, 1990.

SILVEIRA, Amélia (Coord.). **Roteiro básico para apresentação e editoração de teses, dissertações e monografias**. 2ª. Edição. Blumenau: EDIFURB, 2004. 217p.

STEWART, J. Two aspects of meaningful problem solving in science. **Science Education**, [s.l], v. 66, n. 1, p.734-749, 1982.

\_\_\_\_\_. Student problem solving in high school genetics. **Science Education**, [s.l], v. 67, n. 1, p.523-540, 1983.

STEWART, J. Potential learning outcomes from solving genetics problems: a typology of problems. **Science Education**. [s.l], v. 72, n. 2, p.237-254, 1988.

STEWART, J.; DALE, M. High school students' understanding of chromosome/gene behavior during meiosis. **Science Education**. [s.l], v. 73, n. 4, p.501-521, 1989.

STEWART, J.; VAN KIRK, J. Understanding and problem-solving in classical genetics. **International Journal of Science Education**. [s.l], v. 12, n. 5, p.575-588, 1990.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987. 175p.

WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, J.; DRIVER, R. Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**. [Barcelona], v. 16, n. 1, p.43-61, 1998.



## ANEXOS

## ANEXO 1 - MODELO DO QUESTIONÁRIO-PILOTO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

## TESTE DE SONDAGEM

NOME:..... IDADE:.....  
 ESCOLA:..... TURMA:.....  
 Naturalidade:..... Estado:.....  
 Livro didático adotado ou de referência:.....

## Parte A:

1 - Analise as seguintes sentenças e assinale (V) verdadeiro ou (F) falso nos parênteses:

- "O alelo **A** domina sobre **a** e não permite que **a** se expresse" ( );
- "**a** é o alelo que não se expressa" ( );
- "O alelo **a** não se expressa porque **A** é mais forte que ele" ( );
- "O alelo **a** só se expressa em dose dupla" ( );
- "**A** só se expressa em dose dupla" ( );
- "**A** só se expressa em dose única" ( );
- "**A** sempre se expressa" ( );
- "O alelo **A** anula o efeito do alelo **a**" ( );
- "O alelo **A** inibe o efeito do alelo **a**" ( );
- "O alelo **a** não faz proteína" ( );
- "O alelo **A** pode fazer uma proteína normal" ( );
- "O alelo **a** pode fazer uma proteína anormal" ( );
- "O alelo **A** pode fazer uma proteína anormal" ( );
- "O alelo **a** pode fazer uma proteína normal" ( );
- "Os alelos dominantes são os mais comuns e freqüentes na população em geral" ( );
- "Genes recessivos sempre causam doenças" ( );
- "Genes recessivos geralmente causam doenças" ( );
- "Há muitas doenças condicionadas por genes recessivos" ( );
- "Há muitas doenças condicionadas por genes dominantes" ( );
- "A maioria das doenças são causadas por genes recessivos" ( );
- "O gene que produz melanina (pigmento que dá cor à pele das pessoas) só está presente nas células da pele" ( );
- "O genes que produz o hormônio testosterona não está presente nas células da pele das pessoas" ( );
- "O gene que produz o hormônio insulina está presente em todas as células do corpo humano" ( );
- "Os cromossomos **X** e **Y** têm muitos genes diferentes" ( );
- "O cromossomo **X** tem os mesmos genes que o cromossomo **Y**" ( ).
- "O cromossomo **X** tem genes que não existem no cromossomo **Y**" ( ).
- "O cromossomo **Y** tem genes que não existem no cromossomo **X**" ( ).

## Parte B:

2 - Para que serve o quadro representado abaixo? Quando utilizamos esse quadro?

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

O que significa **A** e **a**?

3. Um homem é heterozigoto **AaBb** para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes. Que proporção de seus espermatozoides será **ab**?

R.:

4. Dê 3 exemplos de genótipo:

- .....
- .....
- .....

5. Dê 3 exemplos de fenótipo:

- .....
- .....
- .....

6. Responda, analisando o seguinte cruzamento: **AAbb x aaBB**

a) Em relação a estes dois pares de genes, como podem ser os gametas desses indivíduos?

R.:

b) Quais são os possíveis genótipos de seus descendentes?

7. Um homem tem o alelo "B" no cromossomo 1 herdado de seu pai e o alelo "b" no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o alelo "C" e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o alelo "c".

a) Faça um desenho dos cromossomos e localize neles os genes citados.

b) Com relação a estes genes, como serão os gametas que este homem pode formar?  
R:

8. Um outro homem tem os alelos "D" e "F" no cromossomo 1 herdado de seu pai e os alelos "d" e "f" no cromossomo 1 herdado de sua mãe.

a) Faça um desenho do cromossomo e localize os genes citados.

b) Com relação a estes genes, como serão os gametas que este homem poderá formar?  
R:

9. Um organismo diplóide fictício "X" tem 30 genes. **Quantos** alelos ele terá se:

a) for **heterozigoto** para todos os genes?.....

b) for **homozigoto** para todos os genes?.....

c) for **heterozigoto para 20 genes e homozigotos para 10 genes?**.....

10. Uma célula diplóide de um organismo **AaBb** sofre meiose. Assinale os genótipos que podem ser encontrados em suas células-filhas.

AB( ); ab( ); Ab( ); aB( ); AA( ); BB( ); Aa( ); Bb( ); aa( ); bb( ).

11. Dado o heredograma abaixo, responda:

a) qual a característica dominante (normal ou afetado pela doença)? Justifique sua resposta.

R.:

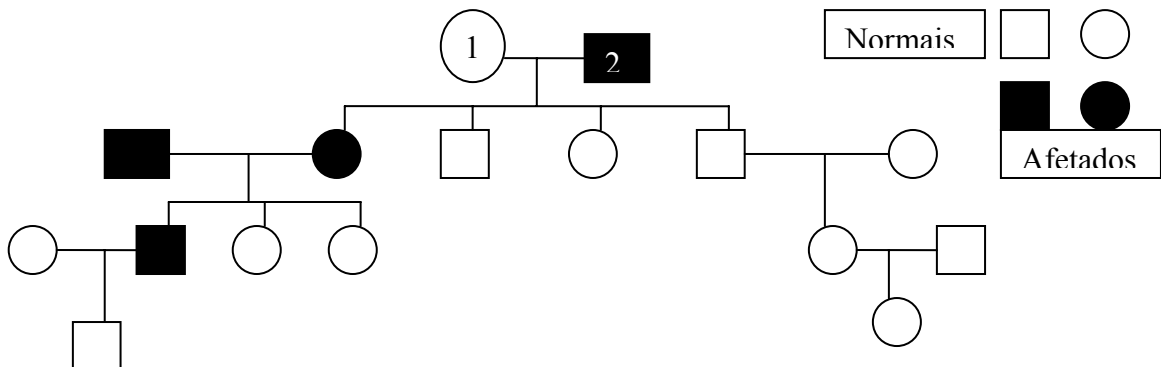
b) como serão os gametas produzidos pelos indivíduos normais?

R.:

c) como serão os gametas produzidos pelos indivíduos afetados?

R.:

d) determine no heredograma os genótipos de todas as pessoas possíveis.



**Parte C:**

1. Em um animal existem duas cores para pelagem: cinza e marrom. Animais marrons, cruzados com animais cinza, originam somente animais marrons. Cruzando-se cinza com cinza, todos serão cinza. Qual o tipo de herança da cor da pelagem?

- a) Cinza é condicionado pelo alelo **A**, e marrom por seu alelo **a**.
- b) Marrom é condicionado por "**A**", e cinza por seu alelo **a**.
- c) Há co-dominância entre "**A**" e "**a**".
- d) "**A**" e "**a**" não são alelos.
- e) Nada se pode concluir dos cruzamentos.

2. Do cruzamento de um casal de ratos de cauda média nasceram ratinhos de cauda média e um ratinho de cauda longa. Foram feitas, então, várias suposições a respeito da transmissão desse caráter. Assinale a que lhe parecer mais correta:

- a) Cauda média é dominante sobre cauda longa.
- b) Ambos os pais são homozigotos.
- c) Ambos os pais são heterozigotos.
- d) Cauda longa é dominante sobre cauda média.
- e) As suposições **a** e **c** são aceitáveis.

3. Ordene a coluna da direita de acordo com a da esquerda de maneira correta:

- a. Gene recessivo ( ) Unidade de transmissão hereditária.
- b. Fenótipo ( ) Patrimônio genético de um indivíduo.
- c. Gene ( ) Genes que ocupam o mesmo loco em cromossomos homólogos.
- d. Gene alelo ( ) Aspectos externos (morfológicos ou funcionais) de um indivíduo.
- e. genótipo ( ) Só manifesta o caráter quando estiver em dose dupla.

4. Um pássaro de penas brancas comendo cenoura em grande quantidade passa a ter cor alaranjada. A mudança na cor das penas é devida a:

- a) uma mutação somática.                      b) uma mutação gênica.                      C) alterações no genótipo e fenótipo.  
d) alterações apenas no fenótipo.                      E) alterações apenas no genótipo.

5. Uma cirurgia plástica corretiva pode ser considerada:

- a) uma interferência no genoma.                      B) uma mutação dirigida.                      C) uma mudança genotípica.  
d) uma alteração no fenótipo.                      e) uma alteração genotípica e fenotípica.

6. Em cobaias, a cor preta é dominante em relação à cor branca. O cruzamento de dois indivíduos produziu 10 descendentes pretos e 10 descendentes brancos. O provável genótipo dos genitores é:

- a) AA e Aa.                      b) Aa e Aa.                      c) Aa e aa.                      d) aa e aa.                      e) AA e AA.

7. Uma *Drosophila* fêmea com asas longas originou uma prole constituída de 119 indivíduos com asas longas e 41 indivíduos com asas vestigiais. Os genótipos da fêmea e do macho que originaram essa descendência são, respectivamente:

- a) Aa e aa.                      b) AA e aa.                      c) Aa e Aa.                      d) Aa e AA.                      e) AA e Aa.

8. Uma planta vermelha (**A**) foi cruzada com duas plantas (**B** e **C**) também vermelhas. O cruzamento da planta A com a planta B produziu 8 plantinhas, todas vermelhas; o cruzamento da planta A com a planta C produziu 6 plantinhas vermelhas e 2 brancas. A análise desses resultados permite concluir que:

- a) a cor vermelha é dominante, A e C são homozigotos.  
b) a cor vermelha é dominante, A e B são homozigotos.  
c) a cor vermelha é dominante, A e C são heterozigotos.  
d) a cor vermelha é recessiva, A e C são homozigotos.  
e) a cor vermelha é recessiva, B e C são heterozigotos.

## ANEXO 2 - MODELO DO QUESTIONÁRIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CFM/CED/CCB/CTC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA  
MESTRANDO: Lucio Ely R. Silvério

### TESTE DE SONDAGEM

**NOME:** \_\_\_\_\_ **IDADE:** \_\_\_\_\_ ANOS

**ESCOLA:** \_\_\_\_\_ **TURMA:** \_\_\_\_\_

**Natural de:** \_\_\_\_\_ **Estado:** \_\_\_\_\_

**Usa algum livro didático de consulta? Qual:** \_\_\_\_\_

**Escola onde concluiu o ensino fundamental:** \_\_\_\_\_

Caro aluno:

Este questionário se compõe de 7 questões com diferentes problemas de genética. Sua finalidade é identificar as estratégias e os recursos cognitivos empregados pelos alunos do E.M., na resolução de problemas em genética mendeliana. É muito importante que você responda as questões individualmente e com muita atenção. Obrigado por sua valorosa colaboração!

### QUESTÕES:

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett e responda as duas questões seguintes interpretando este esquema:

$\sigma^{\circ}$			
$\varphi$			
$B$			
$b$			

Figura 1- Quadro de Punnett

1. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (**B**) e (**b**) representam no quadro?

- a) Cromossomos;
- b) Alelos;
- c) Características;
- d) Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

---



---



---

2. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?

- a) Cromossomos homólogos;
- b) Genótipos do zigoto;
- c) Características;
- d) Gametas;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

---



---

3. Analise a seguinte situação e responda:

"Um homem é heterozigoto (AaBb) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".

Em relação ao genótipo, que **proporção de seus espermatozoides** se espera que sejam **ab**?

Demonstre como chegou à resposta escolhida.

---



---



---

4. Analise a seguinte situação e responda:

"Uma mulher é **AA** em relação a um determinado locus gênico e **bb** em relação a outro. Seu marido é **aa** em relação ao primeiro locus e **BB** em relação ao segundo". Em relação a esses *loci* gênicos:

a) Que **tipos de gametas** a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

---

---

b) E o marido, que **tipos de gametas** pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

---

---

c) Como poderão ser os **genótipos de seus descendentes**? Mostre como chegou a esta conclusão.

---

---

5. Analise a seguinte situação e responda:

"Em besouros, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".

a) Quais os **possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes** de um cruzamento entre um besouro que é heterozigoto para ambas as características com outro besouro sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.

---

---

---

b) Represente através de **desenhos**, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e **localize** neles os genes para as características citadas.

6. Analise a seguinte situação sobre a distribuição hipotética de determinados genes em uma pessoa:

"Um homem tem o **alelo B** no cromossomo 1 herdado de seu pai e o **alelo b** no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o **alelo C** e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o **alelo c**".

a) Faça então, um **desenho dos cromossomos** e **localize** neles os genes citados na situação acima.

b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

---

---

7. Analise a seguinte situação sobre a distribuição hipotética de determinados genes em uma outra pessoa:

"Um outro homem tem os **alelos "D"** e **"F"** no cromossomo 1 herdado de seu pai e os **alelos "d"** e **"f"** no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um **desenho do cromossomo** e **localize** os alelos citados.

b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

---

---

## ANEXO 3 - TABELAS DE RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO DOS ALUNOS

### Questão 01 e 02-

**Objetivos:** Estas questões visam identificar como o aluno caracteriza os elementos que compõem o quadro de Punnett.

### Questão 01-

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett abaixo e responda as questões seguintes interpretando este esquema:

♂ +	<b>B</b>	<b>b</b>
<b>B</b>	BB	Bb
<b>b</b>	Bb	bb

Figura 1-Quadro de Punnett

1. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (**B**) e (**b**) representam no quadro?

- a) Cromossomos;
- b) Alelos;
- c) Características;
- d) Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta.

TABELA 1 - Distribuição das respostas

ALTERNATIVAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
A	33	1,5%
B (correta)	Todos (menos A-C-D)	86,0%
C	16-17-19-21-28-66	8,5%
D	35-48-54	4,0%

### Questão 02-

2. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras **BB**, **Bb** e **bb** representam no quadro?

- a) Cromossomos homólogos;
- b) Genótipos do zigoto;
- c) Características;
- d) Gametas;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta.

TABELA 2 - Distribuição das respostas

ALTERNATIVAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
A	19-61	3,0%
B (correta)	Todos (menos A-C-D)	53,5%
C	11-12-25-34-57-59	8,5%
D	2-8-10-13-14-17-18-21-23-28-29-30-31-40-41-43-46-50-51-55-64-65-66-67-70	35,0%

### Questão 3 -

**Objetivo da questão:** Verificar se o aluno reconhece a simbologia usada nos problemas de genética e identificar as estratégias de resolução em um problema que envolva segregação independente de genes na formação de gametas.

3. Analise a seguinte situação e responda:

"Um homem é heterozigoto (**AaBb**) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".

Em relação ao genótipo, que proporção de seus espermatozóides se espera que sejam **ab**?

Demonstre como chegou à resposta escolhida.

### Respostas:

A - "1/4 ou 25%": resposta direta ou através da combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "1/4 ou 25%": através do uso do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes gametas;

C - Não respondeu.

**TABELA 3 - Distribuição das respostas**

RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
A	Todos (menos A <sub>1</sub> -B-C)	86,0%
A <sub>1</sub>	29-32-34-35-40-41-43-52	11,0%
B	09	1,5%
C	64	1,5%

**Questão 4 -**

**Objetivo da questão:** Identificar as estratégias para resolução de um problema envolvendo a produção de gametas em dois indivíduos distintos e a determinação dos possíveis genótipos de seus descendentes

**4. Analise a seguinte situação e responda:**

"Uma mulher é AA em relação a um determinado locus gênico e bb em relação a outro. Seu marido é aa em relação ao primeiro locus e BB em relação ao segundo". Em relação a esses loci gênicos:

a) Que tipos de gametas a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

**Respostas:**

A - "Ab": resposta direta ou através da combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "Ab": através do uso do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes gametas;

**TABELA 4 – Distribuição das respostas**

RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
A	Todos (menos A <sub>1</sub> -B)	90,0%
A <sub>1</sub>	51-52-70	4,5%
B	12-28-43-59-62	5,5%

b) E o marido, que tipos de gametas pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

**Respostas:**

A - "aB": resposta direta ou através da combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "aB": através do uso do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes gametas.

**TABELA 5 - Distribuição das respostas**

RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
A	Todos (menos A <sub>1</sub> -B)	87,0%
A <sub>1</sub>	51-52-70	4,5%
B	12-28-42-43-59-62	8,5%

c) Como poderão ser os genótipos de seus descendentes? Mostre como chegou a esta conclusão.

**Respostas:**

A - "AaBb": resposta direta ou via combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "AaBb": através do uso do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes genótipos.

**TABELA 6 – Distribuição das respostas**

RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL TOTAL
A	01-09-12-13-14-15-23-26-30-33-36-45-48-49-50-56-66-67-71	28,0%
A <sub>1</sub>	05-06-16-17-18-19-20-21-22-24-25-27-31-43-44-46-47-52-53-54-55-61-62-63-64-65	36,5%
B	02-03-04-07-08-11-28-29-32-34-35-37-38-39-40-41-42-51-57-58-59-60-68-69-70	35,5%

**Questão 05 -**

**Objetivos da questão:** Trata-se de um problema do tipo efeito-causa adaptado de Stewart e Dale (1989). Através dele, procurei identificar as estratégias de resolução quando o aluno deve trabalhar com duas características genéticas distintas, aplicar conceitos como genótipo, fenótipo, heterozigose e homozigose, dominância e recessividade; e representar estruturas como cromossomos e genes alelos. Busquei entender como organizam estes conceitos, pedindo que representassem através de desenhos os cromossomos e localizassem neles os alelos envolvidos na situação proposta.

**5. Analise a seguinte situação e responda:**

**"Em besouros, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".**

**a) Quais os possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes de um cruzamento entre um besouro que é heterozigoto para ambas as características com outro besouro sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.**

**Respostas:**

A - "MmCc, Mmcc, mmCc, mmcc"; "Asas com manchas, antenas longas ou curtas; asas sem manchas e antenas longas ou curtas": resposta direta ou por combinação de alelos (correta);

A<sub>1</sub> - "MmCc, Mmcc, mmCc, mmcc"; "Asas com manchas, antenas longas ou curtas; asas sem manchas e antenas longas ou curtas": através do quadro de Punnett (correta);

B - Outras respostas com diferentes genótipos ou fenótipos;

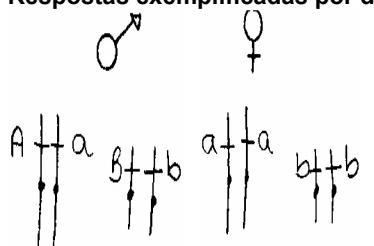
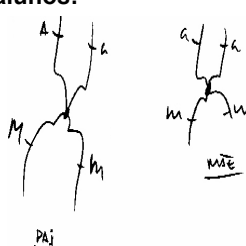
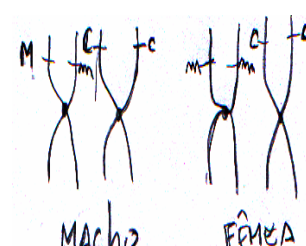
C - Não responderam.

**TABELA 7 - Distribuição das respostas**

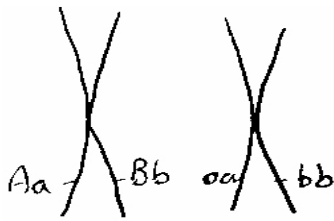
RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
A	13-19-23-26-33-36-42-44-50-57-63-64-66-67-71	21%
A <sub>1</sub>	Todos (menos A-B-C)	56,5%
B	02-03-04-12-18-28-34-40-41-51-59-60-62-65	19,5%
C	32-45	3,0%

**b) Represente através de desenhos, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e localize neles os genes para as características citadas.**

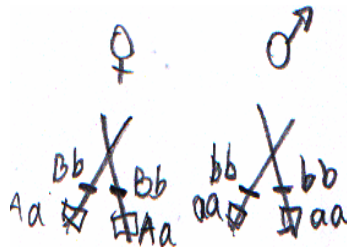
**Respostas exemplificadas por desenhos dos alunos:**

**Desenho A:** correto (aluno 47)**Desenho B:** alelos diferentes localizados em cromátides irmãs (alunos 46 e 60)**Desenho C:** alelos distintos no mesmo locus em cromossomos homólogos (aluno 34)





**Outros desenhos:** alelos localizados incorretamente - 4 alelos por locus (aluno 31)



**Outros desenhos:** alelos dispostos incorretamente (aluno 43)

**TABELA 8 - Distribuição das respostas**

RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
Desenho A	07-13-22-23-36-44-47-48-49-71	14,0%
Desenho B	01-02-06-08-09-10-11-12-14-15-16-17-18-19-20-24-26-27-30-33-37-39-40-41-42-45-46-52-53-55-56-58-59-60-61-63-65-67-69-70	56,0%
Desenho C	05-29-34-38-57-64-68	10,0%
Outros desenhos	21-25-28-31-43-62	8,5%
Não responderam	03-04-32-35-50-51-54-66	11,5%

**Questão 6 e 7 -**

**Objetivos das questões:** Identificar como o aluno representa alelos em cromossomos através de desenhos (6a e 7a), se ele estabelece uma relação entre seu desenho, os conceitos envolvidos e as informações dadas na questão. Observar de que forma estas informações são usadas para a resolução de uma questão envolvendo a formação de gametas em um indivíduo (6b e 7b).

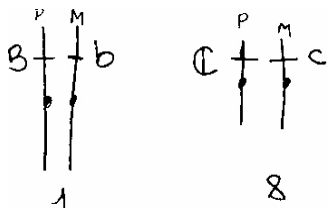
**Questão 6 -**

**6. Analise a seguinte situação sobre a distribuição hipotética de determinados genes em uma pessoa:**

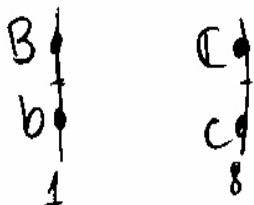
"Um homem tem o alelo B no cromossomo 1 herdado de seu pai e o alelo b no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o alelo C e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o alelo c".

a) Faça então, um desenho dos cromossomos e localize neles os genes citados na situação acima.

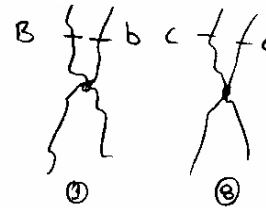
Respostas com exemplos de desenhos dos alunos:



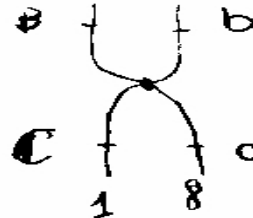
**Desenho A:** correto (aluno 47)



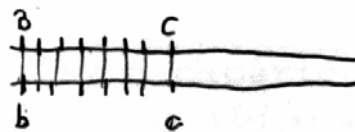
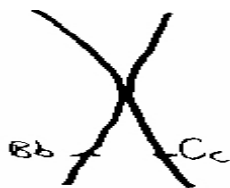
**Desenho C:** par de alelos localizados no mesmo cromossomo (aluno 34)



**Desenho B:** cromossomos com alelos diferentes nas cromátides irmãs (aluno 46)



**Desenho D:** cromossomos 1 e 8 representados em um só desenho e com alelos diferentes nas cromátides irmãs (aluno 42)



**Outros desenhos:** alelos ocupando o mesmo loco e com dois alelos em uma só cromátide (aluno 31); cromossomos representados na forma da molécula de DNA (aluno 67)

**TABELA 9 - Distribuição das respostas**

RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
Desenho A	01-09-13-14-21-22-23-27-36-44-45-47-48-49-52-53-59-60-64-71	28,0%
Desenho B	03-04-06-10-12-15-16-17-18-19-20-24-26-28-29-30-37-39-43-46-50-55-56-57-58-61-62-63-66-69-70	43,5%
Desenho C	05-25-34-51-68	7,0%
Desenho D	02-08-33-40-42	7,0%
Outros desenhos	07-11-31-35-38-41-54-65-67	13,0%
Não responderam	32	1,5%

b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os gametas que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

**Respostas:**

A - "BC, Bc, bC, bc": resposta direta ou através da combinação de alelos (correta);

B - Outras respostas com diferentes gametas;

C - Não responderam.

**TABELA 10 - Distribuição das respostas**

RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
A	Todos (menos B-C)	62,0%
B	01-02-04-06-08-09-15-17-19-20-25-28-29-34-37-38-40-41-42-43-51-59-69-70	34,0%
C	26-32-62	4,0%

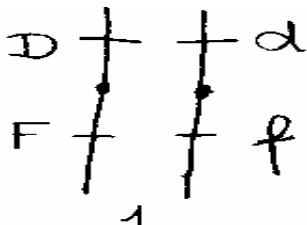
**Questão 07 -**

7. Analise a seguinte situação sobre a distribuição hipotética de determinados genes em uma outra pessoa:

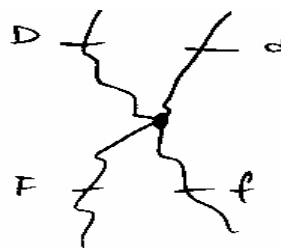
"Um outro homem tem os alelos "D" e "F" no cromossomo 1 herdado de seu pai e os alelos "d" e "f" no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um desenho do cromossomo e localize os alelos citados.

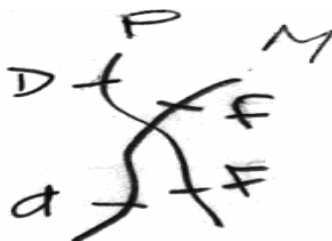
Respostas com exemplos de desenhos dos alunos:



**Desenho A:** correto (aluno 47)



**Desenho B:** cromossomo com alelos diferentes nas cromátides irmãs (aluno 46)



**Desenho C:** cromossomo com alelos diferentes nas cromátides irmãs (aluno 51)



**Outros desenhos:** alelos localizados incorretamente no mesmo locus gênico (alunos 31e 41)

**TABELA 11 - Distribuição das respostas**

RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
A	01-07-09-13-14-21-22-23-27-36-38-44-45-47-48-49-52-53-59-64-71	29,5%
B	02-03-05-06-08-10-11-12-15-16-18-19-20-24-26-28-30-37-39-42-43-46-50-56-58-61-62-63-65-66-69-70	45,0%
C	17-29-35-40-51-57-60	10,0%
Outros desenhos	04-25-31-33-34-41-54-55-67-68	14,0%
Não responderam	32	1,5%

**b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os gametas que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.**

**Respostas:**

A - "DF, Df, dF, df": resposta levando em conta a possibilidade de ocorrência de "crossing-over" (correta);

A<sub>1</sub> - "DF, df": resposta direta (correta);

B - "DF, Df, dF, df": resposta através de combinação de alelos, não leva em conta a possibilidade de "permutação";

C - Outras respostas com diferentes gametas;

D - Não responderam.

**TABELA 12 - Distribuição das respostas**

RESPOSTAS	NÚMERO DO ALUNO	PERCENTUAL
A	39-44	3,0%
A <sub>1</sub>	06-10-12-15-22-29-36-48-49-52-53-56-69	18,0%
B	01-05-07-11-13-16-17-18-19-20-21-23-24-25-27-28-31-33-37-38-45-46-47-50-55-58-63-64-66-67-68-70-71	46,5%
C	02-03-04-08-09-14-34-35-40-41-42-43-51-54-57-59-60-65	25,5%
D	26-30-32-61-62	7,0%

## ANEXO 4 - ROTEIROS DAS ENTREVISTAS

### Aluno 18 – 17 anos (3ªA)

#### Perguntas:

##### Questão 2–

(E): Na questão 2 você justificou desta forma: 'eu não guardo muito o nome de algumas coisas' (leio a justificativa escrita pelo aluno). Você não tinha muita certeza se eram gametas (assinalado na alternativa)?

##### Questão 4–

(E): Aqui (na letra c) você justificou dizendo: 'eu montei o quadro de Punnett e montei os genótipos' (leio a justificativa da questão no questionário). Como você não montou na folha, eu queria saber se você montou em uma outra folha para chegar nessa conclusão.

##### Questão 5–

(E): Explica o teu desenho (na questão 5b). Qual é o do pai e qual é o da mãe?

(E): tem diferença entre eles aqui no desenho 5, um veio do pai e outro da mãe, ou são todos iguais?

##### Questão 6–

Entrevistador (E): queria que você comparasse esse desenho da questão 5 (letra b) com o da questão 6 (letra a). Esse é o cromossomo 1 e esse o 8? (mostro o desenho)

(E): aqui os cromossomos aparecem duplicados e unidos. Os alunos desenham os cromossomos na forma de um 'X' sempre unidos? (mostro o desenho 06)

(E): você vê diferença ou semelhança entre esse desenho da questão 6 e aquele da questão anterior (5)? (mostro os desenhos)

##### Questão 7-

(E): O que você quis explicar com esse teu desenho (07)?

(E): olhando para distribuição dos alelos, tem diferença entre o desenho 7 e o 6?

(E): aqui, no desenho 06 você pôs 'Bb' em um cromossomo e 'Cc' noutro, por que aqui no desenho 07 colocou 'Dd' e 'Ff' em um só desenho de cromossomo?

(E): Quanto aos gametas, na questão 6 você formou os gametas assim (indica no questionário), qual é o genótipo dele?

### Aluno 26 – 18 anos (3ªA)

#### Perguntas:

##### Questão 4–

(E): como você resolveu esta questão (letra c)? Você pensou em usar, por exemplo, o quadro de Punnett para resolver?

##### Questão 5–

(E): Aqui na 5a, você concluiu a resposta direta? Não precisou usar outro recurso? A justificativa para não usar é a mesma da questão anterior ou você fez em uma outra folha?

(E): você podia explicar um pouco o teu desenho (letra b)?

(E): Eu queria comparar esse desenho com o outro, para ver se tem diferença ou não, com o da questão 6 (descreve a questão)

##### Questão 6–

(E): você fez um esqueminha aqui do lado, explique seu desenho. (indico o desenho e o esquema feito pelo aluno)

(E): nesta questão 6, pede para dizer quais são os gametas desse homem, você disse 'não lembro'... Por que? os gametas desse homem, você disse 'não lembro'... Por que? Não deu tempo ou você não sabe formar os gametas? Como na questão 4, você formou os gametas...

##### Questão 7–

(E): Fale um pouco sobre este desenho (letra a).

(E): Você vê diferença ou semelhança entre esse desenho da questão 7 e esse da questão 6?

(E): na questão 7b você justificou a resposta dizendo 'não lembro', por que?

(E): Uma questão como essa (7b) para formar gametas, seria mais complicada do que uma situação como a retratada na

### Aluno 51 – 17 anos (3ªC)

#### Perguntas:

##### Questão 3–

(E): Como você resolveu a questão 3? Como formou os gametas?

##### Questão 4–

(E): aqui (na letra 'a' e 'b') você preferiu montar um quadro de Punnett, o professor mostrou em aula que podia ser usado o quadro para fazer isso?

(E): aqui (na letra 'c') você escreveu ao lado do quadro de Punnett: 'não me lembro mais como se faz', por que? Neste caso, para achar o genótipo é mais difícil que para achar gametas?

##### Questão 5–

(E): como é que você resolveu essa questão (letra 'a')?

(E): o que você pensou quando tentava resolver esta questão (letra 'b')? Onde estão os cromossomos?

**Questão 6–**

(E): esse aqui é um cromossomo?(indico o desenho da questão 6)

**Questão 7-**

(E): comparando o desenho da questão 07 com o da 06, você vê diferença entre esse e aquele da questão anterior?

(E): e nos gametas? (letra 'b')

(E):- É comum a gente aprender a ver o cromossomo com aspecto de 'X'?

(E): é mais fácil resolver igual ao problema da questão 04 do que assim como na questão 06?

**Aluno 52 – 17 anos (3ªA)****Perguntas:****Questão 3-**

**Entrevistador (E):** Por que você usa o quadro de Punnett para resolver este tipo de problema da questão 3? Foi ensinado desse jeito?

(E): O ocorreu para usar uma "genealogia" para resolver esta questão (questão 4c)?

(E): por que você pôs um "X" no quadro Punnett ao lado? Resolveu abandonar...? (indico o desenho)

(E): você nota a diferença de usar o quadro nesta situação (4a e 4b) e nesta outra (4c)? qual é então?

**Questão 5–**

(E): o que você falava ali (na questão 4c), você fez aqui? Isso que você fala de 'juntar' é isso aqui, não é? (na resposta da questão 5a)

(E): explique no teu desenho (questão 5b), qual é o cromossomo do pai e da mãe. (E): eu queria que você identificasse qual é o cromossomo do pai e qual é da mãe!

(E): você vê diferença, neste desenho aqui, entre o cromossomo do pai e o da mãe?

(E): aqui (na questão 05, letra a) você tirou o genótipo direto do problema ou fez o desenho primeiro (questão 05, letra b)?

(E): Comparando esse desenho (desenho da questão 05) com esse aqui (da questão 06)... Você consegue notar semelhança ou diferença?

**Questão 7–**

(E): Olhando um pouquinho este desenho (da questão 7a). Eu estou querendo comparar estes três desenhos (da questão 5, 6 e 7) para ver se há diferença ou semelhança entre eles. (mostro os 3 desenhos para ele)

(E): dá para comparar este desenho (questão 7) com o da questão 6?

(E): uma última questão... você pôs uma interrogação aqui do lado da questão (6b e 7b)... o que era?

(E): No caso, isso aqui (questão 7b) é diferente disso aqui (questão 6b)? como é que você respondeu essa questão, com gametas diferentes (apontando a resposta 6b)?

**Aluno 57 – 17 anos (3ªA)****Perguntas:****QUESTÃO 1 e 2–**

(E): aqui você assinalou 'b'(alelos). Pode dizer por que?

(E): na questão 2 justificou dizendo que 'cada alelo representa uma característica...', então, isso aqui das letras isoladas do quadro (figura 1), são alelos e isso aqui (letras juntas) são características, confirmas isto?

**Questão 3–**

(E): aqui você deu os gametas, como chegou nessa conclusão?

**Questão 4–**

(E): aqui na questão 4c quando fala do genótipo dos descendentes, você não usou o quadro de Punnett, por que?

(E): Como você chegou neste tipo de resposta, com estes genótipos?

**Questão 5–**

(E): esta questão (5a) é um problema que pede genótipo (descreve a questão). Este tipo de problema, com esse enunciado, é mais complicado que o anterior?

(E): Explique seu desenho na questão 5b. Qual é o alelo herdado do pai e qual é o da mãe? Este desenho do cromossomo parece um 'K'.

(E): normalmente você representa um cromossomo assim com a forma de um 'X'?

**Questão 6-**

(E): como você explicaria o teu desenho (questão 06)?

(E): os cromossomos sempre aparecem na forma de 'X' por que eles são ligados?

(E): depois desta questão vem a de formar gametas. Como é que você formou gametas aqui (na questão 6b), de maneira semelhante ao da questão 4?

**Questão 7–**

(E): comparando esse desenho com o desenho 6, ele é semelhante ao anterior?

(E): há diferença entre esta situação (questão 7) e aquela da questão 6?

(E): para formar gametas na questão 7b, qual é o genótipo desse indivíduo aqui?

**Aluno 63 – 17 anos (3ªA)****Perguntas:****Questão 3–**

(E): como é que você chegou nessa conclusão? Como você fez para chegar aqui? (descrevo a questão)

**Questão 4 –**

(E): nesta questão (letra c), você usou o quadro de Punnett para resolver. Este recurso ajuda a resolver esse tipo de questão?

**Questão 5–**

(E): aqui você não usou o quadro de Punnett para resolver (a questão 5a)...

(E): nesta situação, você tem o desenho, explique seu desenho.

(E): nestes dois indivíduos qual é o cromossomo de origem materna e paterna? (E): por que os cromos aparecem unidos, já que eles são de origem paterna e de origem materna? (indico no desenho)

(E): eu vou pedir para você comparar os desenhos (5 com 6), aí a gente vai trocando umas idéias...

**Questão 6-**

(E): explique seu desenho nesta questão 6a. Aqui você pos mais informação que no anterior...

**Questão 7-**

(E): Explique seu desenho para gente.(indico o desenho da questão 7)

(E): Qual o motivo para você fazer o desenho do cromossomo nesta forma de "X".

(E): você vê semelhança ou diferença desse daqui (desenho 7) com o desenho 6 ou com desenho 5, comparando?

**Aluno 67 – 18 anos (3ªB)****Perguntas:****Questão 1 e 2-**

(E): Na questão 2 você respondeu justificando: 'porque eu aprendi assim', o que você quis dizer?

(E): Outra coisa, o que seriam essas letras que estão fora do quadro?

**Questão 3–**

(E): quando se pede quais são os gametas, você me deu a resposta direta. Como você fez para chegar nessa conclusão?

(E): outros alunos usaram um 'esquema', que é o quadro de Punnett, você não costuma usá-lo nesta situação?

(E): vocês aprenderam a usar o quadro para formar gametas, o professor em sala deu exemplo disso?

(E): vocês tiveram em aula, exemplo para achar gametas usando aquele quadrinho lá?

**Questão 4-**

(E): Aqui também (letra c) você não usou o quadro?

**Questão 5–**

(E): como é que chegou nessa resposta aqui (questão 5a)? Foi à mesma idéia anterior? Não te confunde se não fizer o quadro?

(E): O que você pensou para desenhar assim?(referindo-se a questão 5b) Explica um pouco o teu desenho(E): você sempre representa os cromossomos assim, como um 'X'?

## ANEXO 5 - TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS

### ALUNO 18 (3ªA)

#### Questão 2-

(E): Na questão 2 você justificou desta forma: 'eu não guardo muito o nome de algumas coisas' (leio a justificativa escrita pelo aluno). Você não tinha muita certeza se eram gametas (assinalado na alternativa)?

(A): Não, só ali na alternativa...

#### Questão 3-

(E): como você não pôs aqui, eu queria entender como conseguiu fazer para pegar uma pessoa que é 'AaBb' e descobrir os gametas dela.

(A): eu montei aquele quadro...é de Punnett. Eu dividi as letrinhas...eu montei. Eu fiz assim (escreveu como foi na folha de questionário): 'AB', 'Ab', 'aB', 'ab' de um lado e do outro...e, cruzando em proporção, acho que essa é resposta certa, né?

(E): é comum o professor usar aquele quadro ao ensinar para facilitar que o aluno encontre os gametas?

(A): no começo ele faz...ai ele já mostra, depois de um tempo, de tanto fazer, mostra o macete...o duplo heterozigoto cruzado vai dar 25% de cada um. Ai, já não precisa fazer mais...direto assim (faria o que chamei de combinação de alelos).

(E): mas é comum o professor usar o quadro de Punnett, então?

(A): é! Se tiver alguma dificuldade, ele volta e faz o quadro.

#### Questão 4-

(E): Aqui (na letra c) você justificou dizendo: 'eu montei o quadro de Punnett e montei os genótipos' (leio a justificativa da questão no questionário). Como você não montou na folha, eu queria saber se você montou em uma outra folha para chegar nessa conclusão.

(A): eu acho que foi na carteira...

(E): então dá para usar o quadro para descobrir qual os genótipos em um cruzamento...?

A: sim...

(E): O quadro é usado para achar gametas e também para descobrir o genótipo dos descendentes, é isso?

(A): é... mas não é ... Bom, se eu montasse esse quadro ficaria (escreveu parte do quadro na folha do questionário)...daria... é dupla, né...100% de certeza!

#### Questão 5-

(E): Explica o teu desenho (na questão 5b). Qual é o do pai e qual é o da mãe?

(A): é lógico que eles podem estar em outras posições... sempre separa um 'a' do outro e 'A' do 'a'... é que aqui diz o cruzamento do besouro que é heterozigoto...

(E): esse aqui (desenho 5b) é um cromossomo (lido no sentido 'A' para 'B') ou ele vai para cá (cruzando a outra cromátide)?

(A): ele faz assim... é esse aqui (de cima para baixo, 'A' para 'B') não se cruzam... e estão unidos pelo centrômero...

(E): tem diferença entre esses dois cromossomos daqui (indicando os cromossomos do desenho 5)?

(A): na verdade, eles são fitas de DNA, que só forma cromossomos em determinadas ocasiões, né... eu acho que é quando vai fazer a meiose... aí eles se unem e condensam, ficam altamente unidos...

(E): tem diferença entre eles aqui no desenho 5, um veio do pai e outro da mãe, ou são todos iguais?

(A): teria que montar um quadro para ver... os pais, os avós... aí a gente poderia determinar quem vem de quem...

#### Questão 6-

Entrevistador (E): queria que você comparasse esse desenho da questão 5 (letra b) com o da questão 6 (letra a). Esse é o cromossomo 1 e esse o 8? (mostro o desenho)

(A): hum, hum...

(E): um veio do pai e outro veio da mãe? (mostro o desenho)

(A): sim, aí dá para gente ver pela questão, né! O pai é 'B' alguma coisa e a mãe é 'b' alguma coisa...(falando do cromossomo 1, questão 06). A mesma coisa com esse outro...(mostra o cromossomo 8)

(E): aqui os cromossomos aparecem duplicados e unidos. Os alunos desenharam os cromossomos na forma de um 'X', sempre unidos? (mostro o desenho 06)

(A): é, normalmente a gente desenha assim, porque tá subentendido que eles que eles tão fazendo meiose, né!

(E): você vê diferença ou semelhança entre esse desenho da questão 6 e aquele da questão anterior (5)? (mostro os desenhos)

(A): aqui (no desenho 5) eles vêm com esse tamanho porque não especificou o cromossomo, mas aqui diz que é do 1 ao 8 e tem uma diferença de tamanho...

(E): existe diferença de tamanho entre os cromossomos, eles não são todos iguais?

(A): não, não são...

#### Questão 7-

(E): O que você quis explicar com esse teu desenho (07)?

(A): eu quis retratar a situação...

(E): então isso aqui é o cromossomo herdado do pai? (aponto o desenho, indicando a direção de 'D' para 'F')

(A): são os alelos do pai e os alelos da mãe... (indicando corretamente os alelos)

(E): olhando para distribuição dos alelos, tem diferença entre o desenho 7 e o 6?

(A): não entendi a pergunta...

- (E): aqui, no desenho 06 você pôs 'Bb' em um cromossomo e 'Cc' noutro, por que aqui no desenho 07 colocou 'Dd' e 'Ff' em um só desenho de cromossomo?
- (A): porque especifica que tá no cromossomo 1, não falou que tá em um outro cromossomo...
- (E): essa poderia ser uma diferença, então?
- (A): quando não avisa em que cromossomo está o gene, pode interpretar como quiser...
- (E): quando não avisa, então, poderia interpretar assim como na questão 06?
- (A): poderia interpretar assim... é mais comum...na questão 05 não te diz...eu fiz assim porque não se identificou...(o número do cromossomo na questão 05).
- (E): quando não diz no enunciado, é porque a característica está em cromossomo separado?
- (A): é!
- (E): Quanto aos gametas, na questão 6 você formou os gametas assim (indica no questionário), qual é o genótipo dele?
- (A): é 'BbCc'... aí, eu montei o quadro de Punnett para ver o que dava, mas preferi fazer a combinação...
- (E): E aqui, na questão 7b? qual o genótipo dele?
- (A): 'DdFf'... eu acho que a pergunta é a mesma...
- (E): se estiver no mesmo cromossomo, faz diferença para formar os gametas?
- (A): eu não sei... eu acho que (pausa)...
- (E): a pergunta é: como pode formar o gameta 'dF' e 'dF'?
- (A): talvez daria para formar no descendente dele... Porque ele poderia fazer... como é que é o nome daquele processo que inverte? (crossing-over, permutação? Indaga o entrevistador) é, troca...
- (E): E 'crossing-over' você sabe o que é?
- (A): é, eles fazem trocas, entre eles... aí poderia formar um, não poderia...? nele não, no descendente!

### ALUNO 26 (3ªA)

#### Questão 4-

(E): como você resolveu esta questão (letra c)? Você pensou em usar, por exemplo, o quadro de Punnett para resolver?

(A): Não, justamente porque eles são homocigotos; tem como resolver, a gente aprende assim combinando as letras.

#### Questão 5-

(E): Aqui na 5a, você concluiu a resposta direta? Não precisou usar outro recurso? A justificativa para não usar é a mesma da questão anterior ou você fez em uma outra folha?

(A): não. Essa daí eu fiz... não sei, eu acho que não é costume...eu faço o quadro. Nesta daqui (indicou a questão 5a), eu fiz direto porque o indivíduo é 'Ab' e é 50% de cada um... fiz direto (só combinando...)

(E): você podia explicar um pouco o teu desenho (letra b)?

(A): essa é a representação do cromossomo.

(E): o cromossomo tem sempre esse jeito aqui, de um 'X'?

(A): é, sim...

(E): o que é herdado da mãe e do pai em um deles e no outro? Seu desenho é na direção 'A' para 'a' (indicando no desenho) ou isto tudo é um cromossomo só? (referindo-se ao desenho todo)

(A): não isto é um cromossomo e isso são as cromátides...(indicando corretamente no desenho)

(E): você falou nas cromátides, o que são elas?

(A): o cromossomo é formado pelas cromátides e, pois e agora... ligados pelo ...'centrômero'.

(E): no teu desenho o 'A' e o 'B' estão em uma cromátide e o 'a' e 'b' outra cromátide? de cima para baixo, é assim?

(A): é em 'X', só que não assim um sobre o outro, também não é assim, 'A' com 'b' e 'a' com 'B'...não. É 'A' com 'B' e 'a' com 'b'...

(E): Eu queria comparar esse desenho com o outro, para ver se tem diferença ou não, com o da questão 6 (descreve a questão)

#### Questão 6-

(E): você fez um esqueminha aqui do lado, explique seu desenho. (indico o desenho e o esquema feito pelo aluno)

(A): então... é para localizar qual é do pai e da mãe...

(E): o cromossomo 1 é esse aqui, que tem 'B' e 'b' e o 8, que tem 'C' e 'c'? (indico no desenho a localização dos alelos)

(A): Certo...

(E): aqui vale a mesma explicação que você deu no anterior? você vê diferença entre esta situação da questão 5 e essa da questão 6?

(A): lógico, é o cromossomo... são características diferentes, cromossomos diferentes!

(E): como você falou antes, os cromossomos têm cromátides e quando você desenha as cromátides estão sempre unidas pelo centrômero?

(A): hum, hum...

(E): e por que normalmente o cromossomo tem essa forma, a gente desenha o cromossomo com essa forma de 'X'?

(A): Porque sua cromátide tá compactada, é como a gente aprende no desenho...



(E): nesta questão 6, pede para dizer quais são os gametas desse homem, você disse 'não lembro'... Por que? os gametas desse homem, você disse 'não lembro'... Por que? Não deu tempo ou você não sabe formar os gametas? Como na questão 4, você formou os gametas...

(A): sim mas... porque... aqui tava diferente...

(E): eu pergunto: nesta situação aqui (questão 4) quando te dou estas informações, é mais fácil ou mais difícil formar gametas?

(A): é mais difícil, porque aqui (questão 6) tem os cromossomos que são diferentes, e lá tem as letras direto, né!

(E): é a mesma situação da questão 7b, onde escreveu 'não lembro'?

(A): (risos...) como eu falei nesse caso, penso que é!

#### **Questão 7–**

(E): Fale um pouco sobre este desenho (letra a).

(A): Sim, uma cromátide traz as características do pai e outra da mãe...

(E): elas estão sempre unidas, dando esse jeito de um 'X' para o cromossomo? Qual é o cromossomo que veio do pai e qual é o que veio da mãe, nesta situação? (indica o desenho)

(A): é 'D' com 'F' (indica no desenho o cromossomo paterno: a esquerda, de cima para baixo)...

(E): Você vê diferença ou semelhança entre esse desenho da questão 7 e esse da questão 6?

(A): A diferença fica explícita, porque aqui (no desenho 7) a gente tem genes diferentes localizados no mesmo cromossomo e aqui (no desenho 6) em cromossomos diferentes...

(E): na questão 7b você justificou a resposta dizendo 'não lembro', por que?

(A): eu acho que é mais por preguiça... aqui tem uma situação que é bem óbvia, tá bem explícita a coisa... já dá... é saber tirar os gametas daí...

(E): Se você tivesse que formar agora – não importa se está certo ou errado - como seriam os gametas? Qual o genótipo desse homem (da questão 7b)?

(A): o genótipo é 'DdFf'...

(E): e quais os gametas que ele poderia formar?

(A): um com a característica 'Dd' e 'Ff'...

(E): Uma questão como essa (7b) para formar gametas, seria mais complicada do que uma situação como a retratada na questão 4?

(A): é. Em uma situação que não vem as letrinhas juntas dos alelos é mais difícil...

(E): e problemas deste tipo aqui da questão 5 comparados com o da questão 4, são mais complicados ou mais simples de resolver?

(A): bom aí, na questão 5 seria mais difícil. Aqui na questão 4 é simples. A questão 5 é mais complexa... dá para resolver, mas seria mais trabalhoso... sim.

### **ALUNO 51 (3ªC)**

#### **Questão 3–**

(E): Como você resolveu a questão 3? Como formou os gametas?

(A): eu fiz 'de cabeça'...

(E): o que significa isso?

(A): eu fui fazendo, juntando 'AB', depois pega outro 'A' com 'b' que sobrou, depois 'a' com 'B' e 'a' com 'b'...

(E): você foi combinando os alelos?

(A): isso...

#### **Questão 4–**

(E): aqui (na letra 'a' e 'b') você preferiu montar um quadro de Punnett, o professor mostrou em aula que podia ser usado o quadro para fazer isso?

(A): podia. Com o tempo, como a gente ia fazendo muito e já consegue fazer de cabeça, assim!

(E): você fez mais para confirmar?

(A): isso!

(E): aqui (na letra 'c') você escreveu ao lado do quadro de Punnett: 'não me lembro mais como se faz', por que? Neste caso, para achar o genótipo é mais difícil que para achar gametas?

(A): não sei... (por que?)... eu não lembro mais dessa matéria...

(E): O professor fez isso em aula?

(A): não sei...

#### **Questão 5–**

(E): como é que você resolveu essa questão (letra 'a')?

(A): eu peguei cada característica... fui tentando fazer combinação... eu não me lembrava como é que fazia no quadrinho... aí eu fiz assim...

(E): esse tipo de questão é mais complicado que a anterior (questão 4)?

(A): é tudo complicado... quando tem um monte assim é mais difícil...

(E): o que você pensou quando tentava resolver esta questão (letra 'b')? Onde estão os cromossomos?

(A): aqui está o do pai (indicou o desenho mais a esquerda na folha) e aqui (à direita da folha de desenho) o da mãe...

(E): e o cromossomo tem essa forma de um 'X'?

(A): isso... não, é feito de DNA... é..., eu acho que tinha que ter um par para cada um...

(E): estou tentando entender esse desenho em forma de 'X'.

(A): Porque tem duas fitas de DNA...elas são em hélice e vão se enrolando... e aqui é só um pedaço (referindo-se ao cromossomo. Em seguida, desenhou um pedaço do DNA para mostrar a fita dupla ao lado do desenho da questão)

(E): mas os cromossomos não são individuais e o DNA?

(A): ah, não. É que o cromossomo já é todo enroladinho, né?

(E): os genes estão localizados nele (cromossomo), mas você não localizou. Você teve dificuldades para localizá-los aqui?

(A): a chutei...

(E): mas na questão 6 você fez...

(A): é que na hora eu só fiz o 'risquinho'...

#### **Questão 6-**

(E): esse aqui é um cromossomo (indico o cromossomo 1)? Explica o teu desenho.

(A): não, é uma parte. Devia ter colocado o 'b' na outra...

(E): faz aqui como é que deveria ser...

(A): pausa... o aluno desenha a nova representação ao lado direito do desenho original.

(E): por que você acha que 'b' devia estar abaixo do 'B' e do mesmo lado?

(A): porque daí aqui seria do pai (com os alelos B e b) e aqui seria o da mãe, uma fitinha... (indica a outra cromátide)

(E): então, do lado esquerdo do desenho seria do pai e do lado direito do desenho da mãe?

(A): hum, hum, isso mesmo...

(E): por que o 'C' está no lado de cá do desenho (lado esquerdo do cromossomo 8) e o 'c' no lado de lá embaixo? (lado direito do mesmo cromossomo)

(A): ah, não sei...é complicado... eu acho que devia ser como aquele outro que eu fiz... (indicando o novo desenho feito ao lado do original).

#### **Questão 7-**

(E): comparando o desenho da questão 07 com o da 06, você vê diferença entre esse e aquele da questão anterior?

(A): é diferente a situação... é diferente, porque ali (questão 06) são dois cromossomos e aqui (questão 07) é tudo no mesmo cromossomo!

(E): e nos gametas? (letra 'b')

(A): daí eu juntei tudo...

(E): Qual o genótipo desse homem?

(A):...(pausa)

(E): explique o teu desenho.

(A): eu acho que eu coloquei assim, que essa linha daqui era toda da mãe ou do pai...(indicando no desenho que as cromátides se cruzam)

(E): então, você estava pensando...

(A): que aqui era do pai e aqui era da mãe, fazendo um 'X'...(indicando no desenho)

(E): então, na verdade, no teu cromossomo desenhado o do pai era 'DF' e o outro lado, que tem 'df' é o da mãe, cruzando assim? (indico no desenho)

(A): hum, hum... acho que é isto!

(E): no que você pensou para separar estes alelos ('DF') e colocar um de cada lado?

(A): pode ser, né? Porque eles têm que ficar localizados no mesmo lugar, assim no mesmo cromossomo...(referindo-se ao fato de 'DF' terem de ficar na mesma cromátide)

(E): quando você foi fazer não lembrou disso?

(A): não, não...

(E):- É comum a gente aprender a ver o cromossomo com aspecto de 'X'?

(A): isso a gente vê mais pelo livro, mas o professor ensina porque faz esse tipo de desenho em sala...

(E): você acha complicado fazer isso? É mais difícil pedir que o aluno faça um problema com desenho?

(A): isso, é...

(E): é mais fácil resolver igual ao problema da questão 04 do que assim como na questão 06?

(A): os dois são complicados...

(E) questão com problema que pede desenho é mais complicada do que o outro tipo de problema?

(A): sim...

(E): faz o aluno pensar mais, esse tipo de questão?

(A): faz, hum,hum...

### **ALUNO 52 (3ªA)**

#### **Questão 3-**

**Entrevistador (E):** Por que você usa o quadro de Punnett para resolver este tipo de problema da questão 3? Foi ensinado desse jeito?

**Aluno (A):** foi ensinado, agora já sei responder direto!

(E): está no livro assim?

(A): ha, não me lembro!

**Questão 4-**

(E): O ocorreu para usar uma "genealogia" para resolver esta questão (questão 4c)?

(A): ... para mim, na minha cabeça é melhor para visualizar...

(E): por que você pôs um "X" no quadro Punnett ao lado? Resolveu abandonar...? (indico o desenho)

(A): ...eu não lembro mais!

(E): falando deste quadro. O resultado que está aqui (dentro do quadro) você considera o gameta ou o genótipo?

(A): ... eu tava tentando juntar os dois!

(E): você nota a diferença de usar o quadro nesta situação (4a e 4b) e nesta outra (4c)? qual é então?

(A): em cima (4a e 4b) é para encontrar os gametas de uma pessoa só... e, aqui eu acho que não dá para usar, por que tem que combinar os 2 gametas de duas pessoas. Eu acho que não é para esse caso!

**Questão 5-**

(E): o que você falava ali (na questão 4c), você fez aqui? Isso que você fala de 'juntar' é isso aqui, não é? (na resposta da questão 5a)

(A): Hum, hum (pausa). Ah aqui, foi, é! Hum, hum...

(E): explique no teu desenho (questão 5b), qual é o cromossomo do pai e da mãe.

(A): são 'cromossomos alelos'. Ah, são cromossomos homólogos...ai, um alelo fica em um cromossomo e outro fica no outro. Como ele era heterozigoto...Mas olha só, não diz qual o gene de cada um deles (macho ou fêmea)...

(E): eu queria que você identificasse qual é o cromossomo do pai e qual é da mãe!

(A): ah, eu acho que... eu não me lembro...!(pausa longa)

(E): você vê diferença, neste desenho aqui, entre o cromossomo do pai e o da mãe?

(A): é que aqui é homozigoto...ah, não lembro qual que é! O aluno escreveu a palavra 'mãe' em um dos desenhos.

(E): aqui (na questão 05, letra a) você tirou o genótipo direto do problema ou fez o desenho primeiro (questão 05, letra b)?

(A): eu acho que eu desenhei antes!

(E): uma das coisas que você falou sobre o desenho foi de cromossomo homólogo. Você sabe o que é cromossomo homólogo?

(A): é... um que veio da mãe e outro que veio do pai, que tem as características são as mesmas...

**Questão 6-**

(E): Um pouquinho mais de desenho... (questão 6a)

(A): ... esse eu não lembrava direito como é que é!

(E): esse você fez até melhor... fez até a meiose ali do lado... Você poderia explicar o teu desenho (pausa)...

(A): aqui já fala qual é o herdado do pai e da mãe, só tinha mesmo que desenhar. Aqui mesmo já fala qual que é o cromossomo herdado do pai..... que veio do pai, ai, troquei...não! Ah, não. aqui fala qual o herdado da mãe, 'b' e 'c'...

(E): Comparando esse desenho (desenho da questão 05) com esse aqui (da questão 06)... Você consegue notar semelhança ou diferença?

(A): olha, eu não vejo... provavelmente eu acho que tratou de duas características diferentes... (aqui no desenho 5)... duas características que mostram o alelo no cromossomo... para localizar (nas asas do besouro) .

(E): Uma diferença poderia ser esta? Aqui tem duas características (no desenho 05) e no seguinte tem só uma?

(A): (pausa)...

**Questão 7-**

(E): Olhando um pouquinho este desenho (da questão 7a). Eu estou querendo comparar estes três desenhos (da questão 5, 6 e 7) para ver se há diferença ou semelhança entre eles. (mostro os 3 desenhos para ele)

(A): Na posição dos alelos que ta aqui... Eu acho que no desenho 5, eu desenhei a variante da mãe e a variante do pai, mas são dois cromossomos...

(E): E como é que está aqui neste desenho 7? (aponto o desenho)

(A): aqui veio um cromossomo da mãe e outro do pai (apontando o desenho), mas são genes diferentes do outro desenho e só um cromossomo...

(E): dá para comparar este desenho (questão 7) com o da questão 6?

(A): (pausa) a mesma coisa que aqui (no desenho da questão 6)...aqui ele falou de características diferentes... não lembro...eu acho que...(ta!)

(E): uma última questão... você pôs uma interrogação aqui do lado da questão (6b e 7b)... o que era?

(A): era aquela diferença na hora da divisão... eu não lembrava, aqui (questão 7b)... dividia, separava um alelo (separava o 'D' do 'F')... é, separava assim ('DF') no mesmo cromossomo... continuavam no mesmo cromossomo.

(E): No caso, isso aqui (questão 7b) é diferente disso aqui (questão 6b)? como é que você respondeu essa questão, com gametas diferentes (apontando a resposta 6b)?

(A): Cada um ta em um... separa...(separa assim, 'B'...? do 'b'...)

(E): Como é que você pensou para juntar isso aqui (7B)?

(A): ah, porque é isso que não dava jeito...(se referindo a interrogação ao lado da questão)... porque aqui (questão 6b) os gametas tão em cromossomo diferentes e aqui (na questão 7b) estão no mesmo cromossomo...lá tinha que ver as combinações que davam, são quatro...

(E): essas combinações de alelos são uma das maneiras de formar gametas, mas lá na questão 4 você usou o quadro de Punnett para achar os gametas. Você poderia ter feito dessa forma aqui?

(A): é...

(E): Mas na tua cabeça, em alguns momentos é mais fácil usar o quadro de Punnett para chegar nos gametas, do que essas combinações?

(A): é...

(E): Faz a tentativa para chegar próximo...?

(A): eu acho que vai dar a mesma coisa...(a conclusão não é compreensível...)

### ALUNO 57 (3<sup>o</sup>C)

#### QUESTÃO 1 e 2-

(E): aqui você assinalou 'b'(alelos). Pode dizer por que?

(A): olha...(pausa).

(E): na questão 2 justificou dizendo que 'cada alelo representa uma característica...', então, isso aqui das letras isoladas do quadro (figura 1), são alelos e isso aqui (letras juntas) são características, confirmas isto?

(A): confirmo!

#### Questão 3-

(E): aqui você deu os gametas, como chegou nessa conclusão?

(A): eu só peguei um do 'a' e um do 'b', fiz as combinações possíveis...

#### Questão 4-

(E): aqui na questão 4c quando fala do genótipo dos descendentes, você não usou o quadro de Punnett, por que?

(A): Porque é um cruzamento simplesinho... já vai automático, já...

(E): Como você chegou neste tipo de resposta, com estes genótipos?

(A): Como o cruzamento era simples, eu fiz direto. É quase automático esse tipo de cruzamento...é só juntar os gametas do pai e da mãe.

#### Questão 5-

(E): esta questão (5a) é um problema que pede genótipo (descreve a questão). Este tipo de problema, com esse enunciado, é mais complicado que o anterior?

(A): é...

(E): Por que?

(A): Porque faz mais cruzamento aqui, mais possibilidade de dar... Na questão 4 é mais simples de fazer...

(E): o fato de eu não dizer a letra?

(A): isso é tranquilo...o aluno pensa um pouco mais...

(E): você usou Punnett aqui?

(A): ta mais ou menos aqui...só que eu não fiz...a lógica é aquela...

(E): Explique seu desenho na questão 5b. Qual é o alelo herdado do pai e qual é o da mãe? Este desenho do cromossomo parece um 'K'.

(A): é um 'X', é um cromossomo...

(E): normalmente você representa um cromossomo assim com a forma de um 'X'?

(A): é mais ou menos isso...

(E): Por que você não identificou os genes do lado de cá? (mostrando o desenho do aluno onde aparece o cromossomo sem os genes)

(A): eu acho que não coloquei porque podem ser várias possibilidades... eu só representei a besouro 'ab' que é no mesmo cromossomo...

(E): como é que colocarias agora?

(A): pois é, são várias possibilidades (e disse: 'AB', 'Ab', 'aB', 'ab')...eu não saberia dizer direito!

(E): você estava pensando nos gametas quando representou no desenho e não nos genes?

(A): é, eu acho que é isso!

#### Questão 6-

(E): como você explicaria o teu desenho (questão 06)?

(A): só desenhei os cromossomos e coloquei os alelos, só isso!

(E): esses cromossomos são de um homem só?

(A): é, né...

(E): e, por que no do besouro não poderia fazer assim? Você consegue ver semelhança entre isso aqui (desenho da questão 06) e isso aqui (desenho da questão 05)?

(A): sim... hum, hum...

(E): você acha que é por que eu te digo, aqui na questão 06, que os genes estão no cromossomo 1 e no 8, e lá na questão 05 não digo nada?

(A): não, não é por isso...lá dá um monte de coisa, aqui (no desenho 06) é só colocar os alelos, as letrinhas...

(E): os cromossomos sempre aparecem na forma de 'X' por que eles são ligados?

(A): isso aqui tudo é um cromossomo...(referindo-se ao cromossomo 1)

(E): depois desta questão vem a de formar gametas. Como é que você formou gametas aqui (na questão 6b), de maneira semelhante ao da questão 4?

(A): foi, só combinando aqui (apontando o desenho)!

#### Questão 7-

(E): comparando esse desenho com o desenho 6, ele é semelhante ao anterior?

(A): agora que eu to vendo, acho que não deveria ser assim o meu desenho...

(E): e como deveria ser?

- (A): aqui diz que é só um cromossomo, né?... agora eu acho que faria assim...(fez um novo desenho na folha de questionário, ao lado do original)
- (E): há diferença entre esta situação (questão 7) e aquela da questão 6?
- (A): há, aqui tem 4 estão todos no mesmo cromossomo e no desenho 6 são dois cromossomos diferentes!
- (E): na hora, não te veio à cabeça essa idéia, não?
- (A): não, daí já fiz igual aqui...
- (E): você acha que é por causa do que? Pressa...?
- (A): queria terminar!
- (E): para formar gametas na questão 7b, qual é o genótipo desse indivíduo aqui?
- (A): 'DdFf'.
- (E): isso fez você concluir que os gametas seriam dessa forma?
- (A): pois é, tá diferente...é que eu fui pegando um daqui e juntando com outro dali...
- (E): se você tivesse que fazer os gametas baseados neste (novo) desenho que você fez, como seriam?
- (A): ah, não sei se tá certo... 'DF', 'Df','dF', 'df'.

### ALUNO 63 (3ªA)

#### Questão 3-

- (E): como é que você chegou nessa conclusão? Como você fez para chegar aqui? (descrevo a questão)
- (A): no caso, ele pode formar gametas pela combinação de cada um dos alelos... dava quatro opções, e o alelo pedido era uma delas...

#### Questão 4 -

- (E): nesta questão (letra c), você usou o quadro de Punnett para resolver. Este recurso ajuda a resolver esse tipo de questão?
- (A): eu me sinto mais segura, sabe...mesmo aqui que é 'A' com 'a' e 'B' com 'b' (nos gametas do quadro que ela fez) e só pode dar 'AaBb', eu vendo...
- (E): o que você fez foi juntar as partes, então?
- (A): sim...
- (E): Por que você fez assim?
- (A): Porque eu acho mais complicado fazer o quadro todo (referindo-se ao quadro contendo os dois genes juntos)... eu acho mais fácil fazer assim...
- (E): você pensa nesta ferramenta (Punnett) para achar gametas?
- (A): eu acho que não... nunca vi...

#### Questão 5-

- (E): aqui você não usou o quadro de Punnett para resolver (a questão 5a)...
- (A): eu acho que eu não fiz porque não tinha espaço, mas eu fiz na carteira...porque eu sempre faço... eu ia fazer, mas não vi espaço...
- (E): nesta situação, você tem o desenho, explique seu desenho.
- (A): sei lá, porque eles estão em locus diferentes...daí fiz o besouro que é 'Mm', eu fiz os alelos no mesmo locus e o 'Cc' também porque estão no mesmo cromossomo...
- (E): esse aqui é o macho e aquele a fêmea? (indico o desenho)
- (A): é!
- (E): nestes dois indivíduos qual é o cromossomo de origem materna e paterna?
- (A): não está dizendo aqui no problema, eu sempre faço o primeiro de origem paterna, no caso aqui na fêmea o 'M' e o 'C' de origem paterna, o outro de origem materna...(referindo-se ao primeiro desenho, onde um a cromátide representaria o cromossomo de origem paterna e a outra, o cromossomo de origem materna).
- (E): por que os cromos aparecem unidos, já que eles são de origem paterna e de origem materna? (indico no desenho)
- (A): por que depois da duplicação tem a...(pausa) o pareamento, uma coisa assim, que daí eles se juntam para fazer a divisão celular e depois eles se separam, acaba... na real, eu não sei bem porque separam, porque se juntam, pois depois vão se separar de novo... mas, assim também tem aquele negócio de 'crossing-over'.
- (E): eu vou pedir para você comparar os desenhos (5 com 6), aí a gente vai trocando umas idéias...

#### Questão 6-

- (E): explique seu desenho nesta questão 6a. Aqui você pos mais informação que no anterior...
- (A): Tá. Aqui tá dizendo os cromossomos, então eu botei os números (1 e 8) no desenho para ficar claro na questão... e botei o paterno e materno, porque ali já tava dizendo na questão...
- (E): essa seria uma diferença entre o desenho 5 e o desenho 6?
- (A): aqui (no desenho 5) não tá pedindo o paterno e materno (P e M)... por isso eu nem botei, se não seria uma confusão minha... e ali como já tá dizendo eu botei para ficar...(tá).

#### Questão 7-

- (E): Explique seu desenho para gente.(indico o desenho da questão 7)
- (A): Os dois alelos estão no mesmo cromossomo, devem estar desenhados no mesmo desenho... no do pai, o homem é homozigoto, eu botei 'D' e 'F' em uma coisinha só (referindo-se à cromátide esquerda, identificada com a letra 'p')...e a mãe, é heterozigoto...eu botei 'd' e 'f'. (referindo-se à cromátide identificada pela letra 'm')
- (E): Qual o motivo para você fazer o desenho do cromossomo nesta forma de "X".
- (A): Porque quando pede o paterno e materno, eu sempre faço assim, porque daí dá para mostrar o paterno e materno no mesmo cromossomo... porque se eu fizesse só aquele 'fiozinho' assim (referindo-se ao desenho do

cromossomo na forma de um filamento único) eu não sei fazer os dois juntos... como na questão 5, até daria para fazer, só o fiozinho, o centrômero assim... e bota o alelo...

(E): você vê semelhança ou diferença desse daqui (desenho 7) com o desenho 6 ou com desenho 5, comparando?

(A): eu acho que tem algum errado, porque eu fiz a mesma coisa, nos três...eu tive o mesmo pensamento nos três... só que esse aí...(pausa)

(E): eu te pergunto: são as mesmas situações?

(A): eu acho que não...tanto que eu fiquei na dúvida...vou botar assim mesmo... mas eu acho... eu tenho dúvida nessa daqui (questão 7a)... não sei, tenho uma dessas que... eu não lembro, sabe.

### **ALUNO 67 (3ªB)**

#### **Questão 1 e 2-**

(E): Na questão 2 você respondeu justificando: 'porque eu aprendi assim', o que você quis dizer?

(A): acho que essas letras são gametas, assim quando passa os gametas do indivíduo... sei lá.

(E): Outra coisa, o que seriam essas letras que estão fora do quadro?

(A): hum, representaria os alelos...

(E): Então, esse alelo com esse (indico o quadro da questão 2) daria esse aqui, que seriam os gametas?...

(A): é...(pausa)

#### **Questão 3-**

(E): quando se pede quais são os gametas, você me deu a resposta direta. Como você fez para chegar nessa conclusão?

(A): são dois gametas, esse aqui é o 'A' ou o 'a', e aqui que dá o 'B' ou o 'b'... esse aqui é  $\frac{1}{2}$  (o aluno mostrou a resposta no questionário) e aqui também é  $\frac{1}{2}$ ...multiplicando dá  $\frac{1}{4}$ ...

(E): outros alunos usaram um 'esquema', que é o quadro de Punnett, você não costuma usá-lo nesta situação?

(A): não, eu faço direto...

(E): vocês aprenderam a usar o quadro para formar gametas, o professor em sala deu exemplo disso?

(A): hum, hum... não eu não lembro, tipo... só que lá é mais trabalhoso... não é possível fazer aquilo sempre...é mais rápido assim...eu acho que é perda de tempo...

(E): vocês tiveram em aula, exemplo para achar gametas usando aquele quadrinho lá?

(A): hum, hum...

#### **Questão 4-**

(E): Aqui também (letra c) você não usou o quadro?

(A): eu não gosto de usar o quadro... eu prefiro fazer assim direto.

#### **Questão 5-**

(E): como é que chegou nessa resposta aqui (questão 5a)? Foi à mesma idéia anterior? Não te confunde se não fizer o quadro?

(A): Não, as vezes atrapalha um pouquinho, mas geralmente não...só quando é muito complicado...

(E): aqui também, o professor trabalha com o quadro de Punnett para resolver essa questão?

(A): em sala sim...

(E): O que você pensou para desenhar assim?(referindo-se a questão 5b) Explica um pouco o teu desenho.

(A): na real eu não entendi este problema direito...

(E): vamos ler juntos aqui a questão...(leio a questão com o aluno e mostro novamente seu desenho)

(A): eu não escrevi isso aqui direito porque não lembrava, não sabia se era assim mesmo ou se era 'A' e 'b' em um dos... negocinho aqui, os cromossomos. Aí pensei em fazer o macho que é 'AaBb' e o outro 'aabb'.

(E): você sempre representa os cromossomos assim, como um 'X'?

(A): é... de um e de outro.

(E): e por que eles estão duplicados?

(A): bem, porque são dois genes em um (referindo-se ao 'Aa' e 'Bb') e dois no outro ('aa' e 'bb')...

#### **Questão 6-**

(E): você pode explicar seu desenho? Por que está diferente do modelo da questão anterior (5b)?

(A): eu pensava em mostrar os cromossomos como um pedaço do DNA. Então contei cada risquinho como um cromossomo e escrevi os alelos no cromossomo 1 e depois no 8.

(E): se fosse como na questão 5, como você desenharia?

(A): o aluno faz um novo desenho à direita do desenho original.

(E): você entendeu bem a questão para fazer o desenho?

(A): para falar a verdade, não! Por isso pensei no DNA. Se fosse responder agora faria assim (indicando o novo desenho feito).

Depois disto a gravação foi interrompida, com partes da fala deste aluno não muito claras!  
(INTERROMPE-SE A GRAVAÇÃO PODE PROBLEMAS TÉCNICOS?!!)

## ANEXO 6 - QUESTIONÁRIO DOS ALUNOS ENTREVISTADOS

## Aluno 18

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CFM/CED/CCB/CTC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA  
MESTRANDO: Lucio Ely R. Silvério

## TESTE DE SONDAGEM

NOME: \_\_\_\_\_ IDADE: 17 ANOS  
ESCOLA: Colégio de Aplicações TURMA: 3ª A  
Natural de: Florianópolis Estado: Santa Catarina  
Usa algum livro didático de consulta? Qual: Não  
Escola onde concluiu o ensino fundamental: Colégio de Aplicações

Caro aluno:

Este questionário se compõe de 7 questões com diferentes problemas de genética. Sua finalidade é identificar as estratégias e os recursos cognitivos empregados pelos alunos do E.M., na resolução de problemas em genética mendeliana. É muito importante que você responda as questões individualmente e com muita atenção. Obrigado por sua valerosa colaboração!

## QUESTÕES:

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett e responda as duas questões seguintes interpretando este esquema:

	♂	B	b
♀			
B		BB	Bb
b		Bb	bb

Figura 1 - Quadro de Punnett

1. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (B) e (b) representam no quadro?

- a) Cromossomos;  
 b) Alelos;  
 c) Características;  
 d) Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Porque eu aprendi desse jeito.

2. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?

- a) Cromossomos homólogos;  
 b) Genótipos do zigoto;  
 c) Características;  
 d) Gametas;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Eu não guardo muito o nome de algumas coisas. Nesse caso eu não sei se respondi certo, só sei que consigo resolver problemas deste tipo.

3. Analise a seguinte situação e responda:

"Um homem é heterozigoto (AaBb) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".

Em relação ao genótipo, que **proporção de seus espermatozoides** se espera que sejam **ab**?

Demostre como chegou à resposta escolhida.

25%. Eu pensei que quando ele produz espermatozoides, os alelos A, a, B e b devem formar "parcs" novos para se juntarem com as "novas parcs" que a mãe irá produzir. Neste caso o  $\sigma^7$  produzio: AB 25%, Ab 25%, aB 25% e ab 25%.

4. Analise a seguinte situação e responda:

"Uma mulher é **AA** em relação a um determinado locus gênico e **bb** em relação a outro. Seu marido é **aa** em relação ao primeiro locus e **BB** em relação ao segundo". Em relação a esses loci gênicos:

a) Que **tipos de gametas** a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

Ab somente. Isso só acontece quando o indivíduo é duplohomozigoto.

b) E o marido, que **tipos de gametas** pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

aB somente. Isso só acontece quando o indivíduo é duplohomozigoto.

c) Como poderão ser os **genótipos de seus descendentes**? Mostre como chegou a esta conclusão.

AaBb. Eu montei o quadrado de Punnett e montei os genótipos.

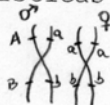
5. Analise a seguinte situação e responda:

"Em abelhas, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".

a) Quais os **possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes** de um cruzamento entre uma abelha que é heterozigota para ambas as características com outra abelha sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.

AaBb; Aabb; aaBb e aabb. Montei o quadro de Punnett com as características obtidas na questão: AaBb e aabb.

b) Represente através de **desenhos**, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e **localize** neles os genes para as características citadas.

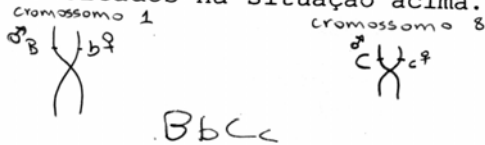




6. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos numa pessoa:

"Um homem tem o **alelo B** no cromossomo 1 herdado de seu pai e o **alelo b** no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o **alelo C** e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o **alelo c**".

a) Faça então, um **desenho dos cromossomos** e **localize** neles os genes citados na situação acima.



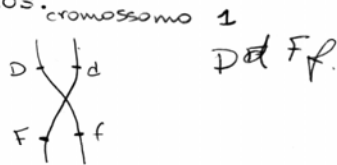
b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

BC, Bc, bC e bc. Formei as combinações possíveis de se formar com os dois alelos.

7. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos em uma outra pessoa:

"Um outro homem tem os **alelos "D" e "F"** no cromossomo 1 herdado de seu pai e os **alelos "d" e "f"** no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um **desenho do cromossomo** e **localize** os alelos citados.



b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

DF, Df, dF e df. Formei as combinações possíveis de se formar com os dois alelos. O raciocínio é o mesmo da questão 6, letra "b".

## Aluno 26

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CFM/CED/CCB/CTC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA  
MESTRANDO: Lucio Ely R. Silvério

TESTE DE SONDAGEM

NOME: \_\_\_\_\_ IDADE: 18 ANOS  
 ESCOLA: Colégio de Aplicação TURMA: 3ºA  
 Natural de: Florianópolis Estado: SC  
 Usa algum livro didático de consulta? Qual: Sônia Lopez  
 Escola onde concluiu o ensino fundamental: Colégio de Aplicação

Caro aluno:

Este questionário se compõe de 7 questões com diferentes problemas de genética. Sua finalidade é identificar as estratégias e os recursos cognitivos empregados pelos alunos do E.M., na resolução de problemas em genética mendeliana. É muito importante que você responda as questões individualmente e com muita atenção. Obrigado por sua valiosa colaboração!

**QUESTÕES:**

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett e responda as duas questões seguintes interpretando este esquema:

	$\sigma$	<b>B</b>	<b>b</b>
$\varphi$	<b>B</b>	BB	Bb
	<b>b</b>	Bb	bb

Figura 1 - Quadro de Punnett

1. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (**B**) e (**b**) representam no quadro?

- a) Cromossomos;  
 b) Alelos;  
 c) Características;  
 d) Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

São a localização do gene no cromossomo

2. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?

- a) Cromossomos homólogos;  
 b) Genótipos do zigoto;  
 c) Características;  
 d) Gametas;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Um alelo "lindo" do pai, com outro da mãe, formam o genótipo do indivíduo

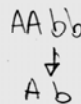
3. Analise a seguinte situação e responda:  
 "Um homem é heterozigoto (AaBb) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".  
 Em relação ao genótipo, que **proporção de seus espermatozoides** se espera que sejam **ab**?  
 Demonstre como chegou à resposta escolhida.

$\frac{1}{4}$ , pois temos 50% de ocorrência para "a" e 50% para "b", sendo assim:  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

4. Analise a seguinte situação e responda:  
 "Uma mulher é **AA** em relação a um determinado locus gênico e **bb** em relação a outro. Seu marido é **aa** em relação ao primeiro locus e **BB** em relação ao segundo". Em relação a esses loci gênicos:

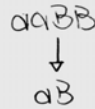
a) Que **tipos de gametas** a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

Ab. Como ela é homocigota acaba fornecendo um tipo de alelo



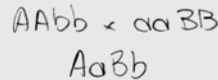
b) E o marido, que **tipos de gametas** pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

aB. Como ele é homocigoto, acaba fornecendo um tipo de alelo.



c) Como poderão ser os **genótipos de seus descendentes**? Mostre como chegou a esta conclusão.

AaBb. São os alelos que podem fornecer



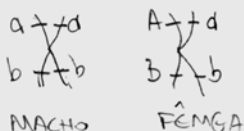
5. Analise a seguinte situação e responda:  
 "Em abelhas, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".

a) Quais os **possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes** de um cruzamento entre uma abelha que é heterozigota para ambas as características com outra abelha sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.

AaBb x aabb

- aabb - sem manchas, asas curtas
- AaBb - com manchas, asas longas
- aaBb - sem manchas, asas longas
- Aabb - com manchas, asas curtas

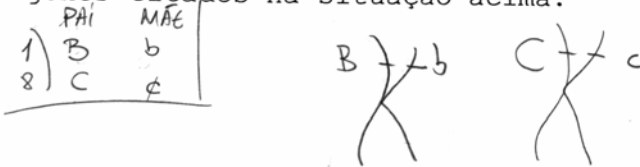
b) Represente através de **desenhos**, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e **localize** neles os genes para as características citadas.



6. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos numa pessoa:

"Um homem tem o **alelo B** no cromossomo 1 herdado de seu pai e o **alelo b** no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o **alelo C** e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o **alelo c**".

a) Faça então, um **desenho dos cromossomos** e **localize** neles os genes citados na situação acima.



b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

Não lembro

---

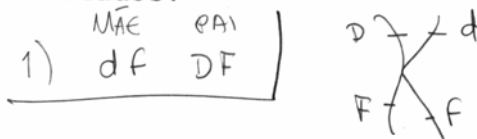


---

7. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos em uma outra pessoa:

"Um outro homem tem os **alelos "D"** e **"F"** no cromossomo 1 herdado de seu pai e os **alelos "d"** e **"f"** no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um **desenho do cromossomo** e **localize** os alelos citados.



b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

Não lembro

---



---

## Aluno 51

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CFM/CED/CCB/CTC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA  
MESTRANDO: Lucio Ely R. Silvério

TESTE DE SONDAGEM

NOME: \_\_\_\_\_ IDADE: 17 ANOS  
ESCOLA: Colégio de Aplicações TURMA: 3ºC  
Natural de: Florianópolis Estado: SC  
Usa algum livro didático de consulta? Qual: BIO vol. 3 Sonia Lopes  
Escola onde concluiu o ensino fundamental: Autonomia

Caro aluno:

Este questionário se compõe de 7 questões com diferentes problemas de genética. Sua finalidade é identificar as estratégias e os recursos cognitivos empregados pelos alunos do E.M., na resolução de problemas em genética mendeliana. É muito importante que você responda as questões individualmente e com muita atenção. Obrigado por sua valerosa colaboração!

**QUESTÕES:**

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett e responda as duas questões seguintes interpretando este esquema:

♂	B	b
♀	B	b
	BB	Bb
	Bb	bb

Figura 1 - Quadro de Punnett

1. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (B) e (b) representam no quadro?

- a) Cromossomos;  
 b) Alelos;  
 c) Características;  
 d) Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Porque são os resultados esperados, as características de cada indivíduo gerado, e sua forma de representá-las características é dado pelo alelo.

2. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?

- a) Cromossomos homólogos;  
 b) Genótipos do zigoto;  
 c) Características;  
 d) Gametas;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Porque os gametas são formados, vindo um alelo do pai e um da mãe.

3. Analise a seguinte situação e responda:

"Um homem é heterozigoto (AaBb) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".

Em relação ao genótipo, que **proporção de seus espermatozoides** se espera que sejam **ab**?

Demonstre como chegou à resposta escolhida.

Formando os gametas possíveis deste indivíduo, nos deparamos com 04 alternativas, sendo somente uma que nós deseja. Proporção 1/4.  
gametas: AB, Ab, aB, ab.      AaBb

4. Analise a seguinte situação e responda:

"Uma mulher é AA em relação a um determinado locus gênico e bb em relação a outro. Seu marido é aa em relação ao primeiro locus e BB em relação ao segundo". Em relação a esses loci gênicos:

a) Que **tipos de gametas** a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

100% Ab.

	b	b
A	Ab	Ab
A	Ab	Ab

b) E o marido, que **tipos de gametas** pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

100% aB

	B	B
a	aB	aB
a	aB	aB

c) Como poderão ser os **genótipos de seus descendentes**? Mostre como chegou a esta conclusão.

Ab x aB

	a	B
A	Aa	AB
b	ab	bB

*não me lembro mais como se faz...*

5. Analise a seguinte situação e responda:

"Em abelhas, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".

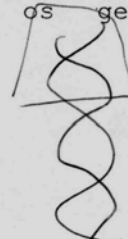
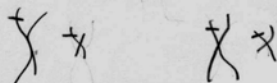
a) Quais os **possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes** de um cruzamento entre uma abelha que é heterozigota para ambas as características com outra abelha sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.

MmLl x mmll  
Ll, Ll, ll, ll  
Mm, Mm, mm, mm

2 filhotes com asa manchada e antena longa e 2 filhotes com asa sem mancha e antena curta

M → asa c/mancha  
m → s/mancha  
L → antena longa  
l → curta → antena curta

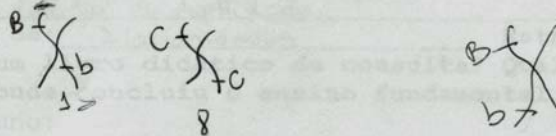
b) Represente através de **desenhos**, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e **localize** neles os genes para as características citadas.



6. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos numa pessoa:

"Um homem tem o **alelo B** no cromossomo 1 herdado de seu pai e o **alelo b** no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o **alelo C** e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o **alelo c**".

a) Faça então, um **desenho dos cromossomos** e **localize** neles os genes citados na situação acima.



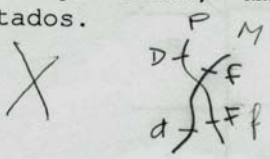
b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

BbCc poderá formar BCbC BCbc  
BcBc BCbc

7. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos em uma outra pessoa:

"Um outro homem tem os **alelos "D" e "F"** no cromossomo 1 herdado de seu pai e os **alelos "d" e "f"** no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um **desenho do cromossomo** e **localize** os alelos citados.



b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

DdFf formando DdFF  
gametas

## Aluno 52

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CFM/CED/CCB/CTC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA  
MESTRANDO: Lucio Ely R. Silvério

TESTE DE SONDAGEM

NOME: \_\_\_\_\_ IDADE: 17 ANOS  
ESCOLA: Colégio de Aplicações TURMA: 3A  
Natural de: Florianópolis Estado: SC  
Usa algum livro didático de consulta? Qual: Sônia Lopes / Bio  
Escola onde concluiu o ensino fundamental: Colégio de Aplicações  
Caro aluno:

Este questionário se compõe de 7 questões com diferentes problemas de genética. Sua finalidade é identificar as estratégias e os recursos cognitivos empregados pelos alunos do E.M., na resolução de problemas em genética mendeliana. É muito importante que você responda as questões individualmente e com muita atenção. Obrigado por sua valerosa colaboração!

**QUESTÕES:**

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett e responda as duas questões seguintes interpretando este esquema:

$\sigma$	<b>B</b>	<b>b</b>
$\varphi$		
<b>B</b>	BB	Bb
<b>b</b>	Bb	bb

Figura 1 - Quadro de Punnett

1. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (**B**) e (**b**) representam no quadro?

- a) Cromossomos;  
 b) Alelos;  
 c) Características;  
 d) Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

pois B e b, são variações de um mesmo caráter e estão localizados nos cromossomos homólogos.

2. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?

- a) Cromossomos homólogos;  
 b) Genótipos do zigoto;  
 c) Características;  
 d) Gametas;



Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

São combinações que determinam a variação da característica.

3. Analise a seguinte situação e responda:

"Um homem é heterozigoto (AaBb) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".

Em relação ao genótipo, que **proporção de seus espermatozoides** se espera que sejam **ab**?

Demonstre como chegou à resposta escolhida.

→ AB, Ab, aB, ab

A proporção esperada para este genótipo é 1/4 ou 25%

	B	b
A	AB	Ab
a	aB	ab

4. Analise a seguinte situação e responda:

"Uma mulher é **AA** em relação a um determinado locus gênico e **bb** em relação a outro. Seu marido é **aa** em relação ao primeiro locus e **BB** em relação ao segundo". Em relação a esses loci gênicos:

a) Que **tipos de gametas** a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

Somente Ab / Resposta pelo quadro de Punnett

	b	b
A	Ab	Ab
A	Ab	Ab

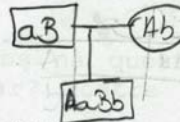
b) E o marido, que **tipos de gametas** pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

Somente aB / Resposta pelo quadro de Punnett

	B	B
a	aB	aB
a	aB	aB

c) Como poderão ser os **genótipos de seus descendentes**? Mostre como chegou a esta conclusão.

AaBb → AB, Ab, aB, ab



	A	a
B	AB	aB
b	Ab	ab

5. Analise a seguinte situação e responda:

"Em abelhas, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".

a) Quais os **possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes** de um cruzamento entre uma abelha que é heterozigota para ambas as características com outra abelha sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.

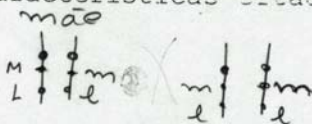
Asas - MM e Mm - mancha antenas - Ll e ll - longas  
mm - sem mancha ll - curtas

genótipos → MmLl, mmLl, Mmll, Mmll  
fenótipos → 1/2 mancha longa, 1/2 sem mancha longa, 1/2 mancha curta, 1/2 sem mancha curta

	M	m
m	Mm	mm
m	Mm	mm

	L	l
l	Ll	ll
l	Ll	ll

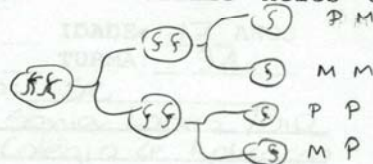
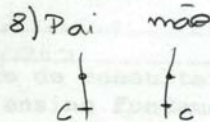
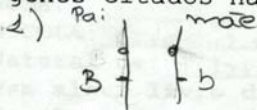
b) Represente através de **desenhos**, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e **localize** neles os genes para as características citadas.



6. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos numa pessoa:

"Um homem tem o **alelo B** no cromossomo 1 herdado de seu pai e o **alelo b** no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o **alelo C** e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o **alelo c**".

a) Faça então, um **desenho dos cromossomos** e **localize** neles os genes citados na situação acima.



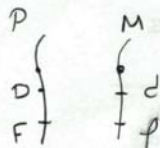
b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

→ BC, Bc, bC, bc, combinando todas as variações que ele possui, na meiose qualquer uma delas pode "ficar junto"!

7. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos em uma outra pessoa:

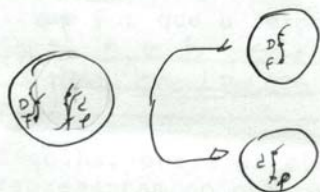
"Um outro homem tem os **alelos "D" e "F"** no cromossomo 1 herdado de seu pai e os **alelos "d" e "f"** no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um **desenho do cromossomo** e **localize** os alelos citados.



b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

DF e df, pois estão no mesmo cromossomo não se dividem!



## Aluno 57

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CFM/CED/CCB/CTC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA  
MESTRANDO: Lucio Ely R. Silvério

TESTE DE SONDAGEM

NOME: \_\_\_\_\_ IDADE: 18 ANOS  
ESCOLA: COLÉGIO DE APLICAÇÃO TURMA: 3°C  
Natural de: FLORIMÓPOLIS Estado: SC  
Usa algum livro didático de consulta? Qual: NÃO  
Escola onde concluiu o ensino fundamental: APLICAÇÃO

Caro aluno:

Este questionário se compõe de 7 questões com diferentes problemas de genética. Sua finalidade é identificar as estratégias e os recursos cognitivos empregados pelos alunos do E.M., na resolução de problemas em genética mendeliana. É muito importante que você responda as questões individualmente e com muita atenção. Obrigado por sua valorosa colaboração!

**QUESTÕES:**

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett e responda as duas questões seguintes interpretando este esquema:

	♂	B	b
♀			
B		BB	Bb
b		Bb	bb

Figura 1 - Quadro de Punnett

1. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (B) e (b) representam no quadro?
- Cromossomos;
  - Alelos;
  - Características;
  - Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Não sei dizer

2. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?
- Cromossomos homólogos;
  - Genótipos do zigoto;
  - Características;
  - Gametas;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Porque cada alelo representa uma característica e existe uma relação de dominância entre eles.

3. Analise a seguinte situação e responda:

"Um homem é heterozigoto ( $AaBb$ ) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".

Em relação ao genótipo, que **proporção de seus espermatozoides** se espera que sejam **ab**?

Demonstre como chegou à resposta escolhida.

$AaBb$   

$AB$	$Ab$	$aB$	$ab$	$\frac{1}{4}$	Esses são os possíveis gametas formados e $\frac{1}{4}$ deles podem ser $ab$
------	------	------	------	---------------	--

4. Analise a seguinte situação e responda:

"Uma mulher é **AA** em relação a um determinado locus gênico e **bb** em relação a outro. Seu marido é **aa** em relação ao primeiro locus e **BB** em relação ao segundo". Em relação a esses *loci* gênicos:

a) Que **tipos de gametas** a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

$AB$   
 $bb$

b) E o marido, que **tipos de gametas** pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

$aa$   
 $BB$

c) Como poderão ser os **genótipos de seus descendentes**? Mostre como chegou a esta conclusão.

$Ab$  x  $aB$       Os descendentes tem que ter um alelo da mãe e outro do pai  
 $AB$   $ab$

5. Analise a seguinte situação e responda:

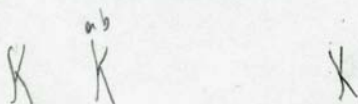
"Em abelhas, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".

a) Quais os **possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes** de um cruzamento entre uma abelha que é heterozigota para ambas as características com outra abelha sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.

$AaBb$  x  $aabb$   

$AB$	$Ab$	$aB$	$ab$	$\frac{1}{4}$ asas manchas, antenas longas	$\frac{1}{4}$ asas sem manchas
$AB$	$Ab$	$aB$	$ab$	$\frac{1}{4}$ " " , antenas curtas	antenas longas
$ab$	$aB$	$aabb$	$aabb$		$\frac{1}{4}$ asas manchadas antenas curtas

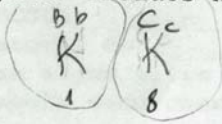
b) Represente através de **desenhos**, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e **localize** neles os genes para as características citadas.



6. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos numa pessoa:

"Um homem tem o **alelo B** no cromossomo 1 herdado de seu pai e o **alelo b** no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o **alelo C** e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o **alelo c**".

a) Faça então, um **desenho dos cromossomos** e **localize** neles os genes citados na situação acima.



$BbCc$

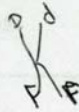
b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

$BC Bc bC bc$  tem que pegar um alelo de cada cromossomo

7. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos em uma outra pessoa:

"Um outro homem tem os **alelos "D" e "F"** no cromossomo 1 herdado de seu pai e os **alelos "d" e "f"** no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um **desenho do cromossomo** e **localize** os alelos citados.



$DdFf$

b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

$Dd DF DF FF$  mesma coisa que a questão 6.

$DF DF df df$

## Aluno 63

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CFM/CED/CCB/CTC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA  
MESTRANDO: Lucio Ely R. Silvério

TESTE DE SONDAAGEM

NOME: \_\_\_\_\_ IDADE: 17 ANOS  
 ESCOLA: Colégio de Aplicação TURMA: 3ªA  
 Natural de: Florianópolis Estado: Santa Catarina  
 Usa algum livro didático de consulta? Qual: Sônia Lopes.  
 Escola onde concluiu o ensino fundamental: Colégio de Aplicação

Caro aluno:

Este questionário se compõe de 7 questões com diferentes problemas de genética. Sua finalidade é identificar as estratégias e os recursos cognitivos empregados pelos alunos do E.M., na resolução de problemas em genética mendeliana. É muito importante que você responda as questões individualmente e com muita atenção. Obrigado por sua valorosa colaboração!

**QUESTÕES:**

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett e responda as duas questões seguintes interpretando este esquema:

	$\sigma$	<b>B</b>	<b>b</b>
$\varphi$	<b>B</b>	BB	Bb
<b>b</b>	<b>b</b>	Bb	bb

Figura 1 - Quadro de Punnett

1. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (**B**) e (**b**) representam no quadro?

- a) Cromossomos;  
 b) Alelos;  
 c) Características;  
 d) Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Porque são diferentes genes que irão determinar diferentes características.

2. Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?

- a) Cromossomos homólogos;  
 c) Genótipos do zigoto;  
 b) Características;  
 d) Gametas;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

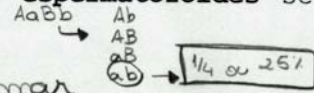
a cigota dará origem a uma nova vida. O quadrado de Punnett mostra o cruzamento e as possíveis filhotes.

3. Analise a seguinte situação e responda:

"Um homem é heterozigoto (AaBb) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".

Em relação ao genótipo, que **proporção de seus espermatozoides** se espera que sejam **ab**?

Demonstre como chegou à resposta escolhida.



Este homem tem a possibilidade de formar quatro diferentes tipos de espermatozoides. Para que seja ab será uma opção em quatro, ou 25%.

4. Analise a seguinte situação e responda:

"Uma mulher é **AA** em relação a um determinado locus gênico e **bb** em relação a outro. Seu marido é **aa** em relação ao primeiro locus e **BB** em relação ao segundo". Em relação a esses loci gênicos:

a) Que **tipos de gametas** a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

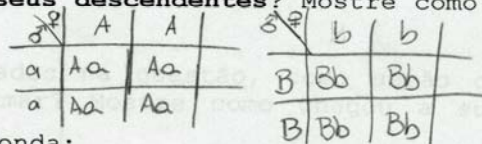
Ab - pois ela é homocigota para as duas características.

b) E o marido, que **tipos de gametas** pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

aB - pelo mesmo motivo da questão anterior.

c) Como poderão ser os **genótipos de seus descendentes**? Mostre como chegou a esta conclusão.

todos serão AaBb pois será a mistura das características dos pais.



5. Analise a seguinte situação e responda:

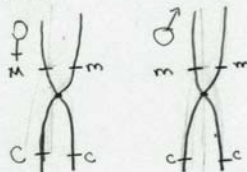
"Em abelhas, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".

a) Quais os **possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes** de um cruzamento entre uma abelha que é heterozigota para ambas as características com outra abelha sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.

MmCC → asa c/mancha e antena longa  
Mmcc → " " " curta  
mmCC → " s/ " " longa  
mmcc → " " " curta

asa → mancha → MM - Mm  
 s/ " → mm  
 antena → longa → CC - Cc  
 curta → cc

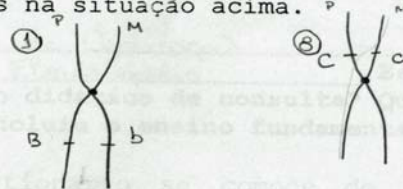
b) Represente através de **desenhos**, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e **localize** neles os genes para as características citadas.



6. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos numa pessoa:

"Um homem tem o **alelo B** no cromossomo 1 herdado de seu pai e o **alelo b** no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o **alelo C** e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o **alelo c**".

a) Faça então, um **desenho dos cromossomos** e **localize** neles os genes citados na situação acima.



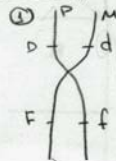
b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

$\sigma^{\text{♂}} BbCc \rightarrow$   $\begin{matrix} (Bc) \\ (bC) \end{matrix}$   $\begin{matrix} (bC) \\ (Bc) \end{matrix}$  formará estes 4 gametas porque é um indivíduo heterozigoto.

7. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos em uma outra pessoa:

"Um outro homem tem os **alelos "D"** e **"F"** no cromossomo 1 herdado de seu pai e os **alelos "d"** e **"f"** no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um **desenho do cromossomo** e **localize** os alelos citados.



b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

$\sigma^{\text{♂}} DdFf \rightarrow$   $\begin{matrix} Df & df \\ DF & dF \end{matrix}$  mesmo motivo da questão anterior, porém aqui, os genes estarão em um mesmo cromossomo.

d) Gametas.  
 porque por que a resposta que você escolheu é correta:  
 que os alelos D e F que não têm as mesmas diferenças entre si.  
 e) Entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?  
 C) Genótipos homocigotos;  
 D) Fenótipos do zigoto;  
 E) Características;  
 B) Gametas;



## Aluno 67

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CFM/CED/CCB/CTC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA  
MESTRANDO: Lucio Ely R. Silvério

TESTE DE SONDAGEM

NOME: \_\_\_\_\_ IDADE: 18 ANOS  
ESCOLA: Colégio de Aplicação TURMA: 308  
Natural de: Florianópolis Estado: SC  
Usa algum livro didático de consulta? Qual: \_\_\_\_\_  
Escola onde concluiu o ensino fundamental: Colégio de Aplicação

Caro aluno:

Este questionário se compõe de 7 questões com diferentes problemas de genética. Sua finalidade é identificar as estratégias e os recursos cognitivos empregados pelos alunos do E.M., na resolução de problemas em genética mendeliana. É muito importante que você responda as questões individualmente e com muita atenção. Obrigado por sua valorosa colaboração!

**QUESTÕES:**

Observe a figura 1 abaixo, onde aparece representado o quadro de Punnett e responda as duas questões seguintes interpretando este esquema:

$\sigma$	<b>B</b>	<b>b</b>
$\rho$	<b>B</b>	<b>b</b>
	BB	Bb
	Bb	bb

Figura 1 - Quadro de Punnett

- Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras (**B**) e (**b**) representam no quadro?
  - Cromossomos;
  - Alelos;
  - Características;
  - Zigotos;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Porque eu aprendi assim

- Escolha, entre as alternativas abaixo, o que as letras BB, Bb e bb representam no quadro?
  - Cromossomos homólogos;
  - Genótipos do zigoto;
  - Características;
  - Gametas;

Explique por que a resposta que você escolheu é correta:

Porque eu aprendi assim

3. Analise a seguinte situação e responda:

"Um homem é heterozigoto (AaBb) para genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes".

Em relação ao genótipo, que **proporção de seus espermatozoides** se espera que sejam **ab**?

Demonstre como chegou à resposta escolhida.

$AB \rightarrow \frac{1}{4}$   
 $Ab \rightarrow \frac{1}{4}$   
 $aB \rightarrow \frac{1}{4}$   
 $ab \rightarrow \frac{1}{4}$

$A \quad B$   
 $a \frac{1}{2} \quad b \frac{1}{2}$

$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

$\frac{1}{4}$  ou 25%

4. Analise a seguinte situação e responda:

"Uma mulher é **AA** em relação a um determinado locus gênico e **bb** em relação a outro. Seu marido é **aa** em relação ao primeiro locus e **BB** em relação ao segundo". Em relação a esses loci gênicos:

a) Que **tipos de gametas** a mulher pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

$AAbb \rightarrow b \ 100\%$   $Ab \ 100\%$   
 $\hookrightarrow A \ 100\%$

b) E o marido, que **tipos de gametas** pode formar? Mostre como chegou a esta conclusão.

$aaBB \rightarrow B \ 100\%$   $aB \ 100\%$   
 $\hookrightarrow a \ 100\%$

c) Como poderão ser os **genótipos de seus descendentes**? Mostre como chegou a esta conclusão.

$AAbb \times aaBB \rightarrow AaBb$   
 $Ab \quad aB$

5. Analise a seguinte situação e responda:

"Em abelhas, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas".

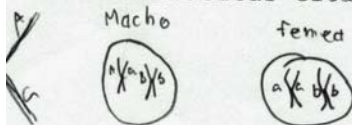
a) Quais os **possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes** de um cruzamento entre uma abelha que é heterozigota para ambas as características com outra abelha sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a esta conclusão.

$Asas \text{ com Manchas} \rightarrow AA \text{ ou } Aa$   
 $Antenas \text{ longas} \rightarrow BB \text{ ou } Bb$

$AaBb \times aabb \rightarrow$

$AaBb$	$\times$	$aabb$	$\rightarrow$	$AaBb \rightarrow \frac{1}{4} \rightarrow 25\%$
$AaBb$		$aabb$		$Aabb \rightarrow \frac{1}{4} \rightarrow 25\%$
$AaBb$		$aabb$		$aABb \rightarrow \frac{1}{4} \rightarrow 25\%$
$AaBb$		$aabb$		$aabb \rightarrow \frac{1}{4} \rightarrow 25\%$

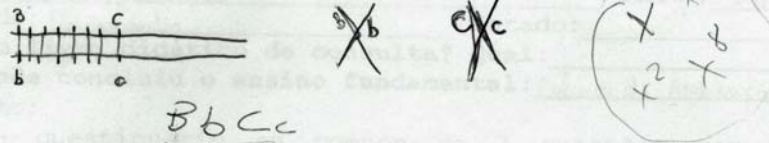
b) Represente através de **desenhos**, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e **localize** neles os genes para as características citadas.



6. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos numa pessoa:

"Um homem tem o **alelo B** no cromossomo 1 herdado de seu pai e o **alelo b** no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o **alelo C** e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o **alelo c**".

a) Faça então, um **desenho dos cromossomos** e **localize** neles os genes citados na situação acima.



BbCc

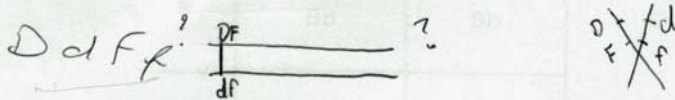
b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

BbCc → BC → 1/4  
bC → 1/4  
bC → 1/4  
bc → 1/4

7. analise a seguinte situação sobre a distribuição de alelos em uma outra pessoa:

"Um outro homem tem os **alelos "D" e "F"** no cromossomo 1 herdado de seu pai e os **alelos "d" e "f"** no cromossomo 1 herdado de sua mãe".

a) Faça então, um **desenho do cromossomo** e **localize** os alelos citados.



b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os **gametas** que este homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

DdFf → DF → 1/4  
dF → 1/4  
dF → 1/4  
dF → 1/4