

O SIMULADOR STARGENETICS NA APRENDIZAGEM DA HEREDITARIEDADE

Relatório de projeto

Anabela Costa Abreu

Trabalho realizado sob a orientação de

Professor Doutor Filipe Santos, Instituto Politécnico de Leiria

Leiria, junho de 2014

Mestrado em Ciências da Educação – Especialização em Utilização Pedagógica das TIC

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS SOCIAIS

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LEIRIA

Ao Pedro, à Maria e à Joana

AGRADECIMENTOS

Todos temos objetivos que só podem ser alcançados mediante a colaboração de pessoas que nos incentivam, desafiam e acompanham durante a concretização de um projeto. A elas quero deixar o meu agradecimento.

Ao meu orientador, Professor Filipe Santos, por todo o seu apoio, incentivo e disponibilidade. Foram as suas múltiplas sugestões, revisões de textos e ensinamentos, sempre preciosos e oportunos, que permitiram dar forma e sentido ao meu trabalho.

Às Professoras Rita Cadima, Isabel Pereira e Carla Freire, pela sua disponibilidade.

Aos alunos participantes, pelo empenho, interesse e envolvimento nas tarefas. Foram eles que permitiram concretizar este projeto.

Às minhas colegas de grupo que, direta ou indiretamente, me ajudaram a realizar este projeto.

À Catarina, à Guida, à Lurdes e à Rosita, pela ajuda na revisão dos textos.

À minha mãe e aos meus sogros, que me facilitaram a tarefa de mãe.

À Isabelinha, minha amiga, pelo apoio e pela sua completa disponibilidade e cooperação.

Ao Zé, meu amigo, por toda a sua disponibilidade e apoio técnico.

À Maria e à Joana, duas meninas fantásticas, que sempre souberam compreender e aceitar as ausências da mãe. Serão sempre a razão das minhas causas!

Ao Pedro, pela presença, compreensão e ajuda. Obrigada por seres sempre o meu porto de abrigo!

RESUMO

As atuais orientações curriculares de Biologia do 12º ano pedem uma gestão entre teoria e prática, recorrendo a laboratórios, de forma a ter conteúdos de biologia mais próximos da realidade física dos fenómenos. No entanto, certas atividades laboratoriais dos conteúdos curriculares do 12º ano são difíceis de operacionalizar, como é o caso das experiências genéticas que envolvem a mosca *Drosophila*, onde os alunos cometem erros de manuseamento (deixando-as morrer ou fugir) e onde aparecem variáveis parasitas, para além de serem atividades que se estendem no tempo, deixando pouca margem para abordar outros conteúdos.

Contudo, existe um corpo crescente de literatura que mostra que os simuladores em computador dão um contributo valioso para ultrapassar muitas limitações laboratoriais, oferecendo ambientes de aprendizagem baseados em laboratórios virtuais. Neste sentido, este trabalho procura averiguar se atividades práticas baseadas na resolução de problemas com exploração do simulador StarGenetics, proporcionam aos alunos um ambiente de aprendizagem construtivista e facilitador da compreensão dos conceitos de hereditariedade. Assente em princípios construtivistas, tal estratégia colocou o aluno num papel ativo e a professora num papel de facilitadora. Para atingir os objetivos da investigação, utilizou-se uma metodologia de cariz qualitativo, operacionalizada num estudo de caso, com alunos de uma turma do 12º ano de biologia, da escola Básica e Secundária de Ourém.

Os resultados sugerem que a estratégia pedagógica utilizada contribuiu para que os alunos construíssem conhecimento e desconstruíssem pré-conceitos errados. A interação estabelecida com o simulador sugere que este, enquanto tecnologia mediadora, é relevante para colocar o aluno no centro da aprendizagem, oferecendo motivação e facilitação da aprendizagem.

Palavras chave

Aprendizagem Baseada em Problemas, Construtivismo, *Drosophilas*, Hereditariedade, Laboratório Virtual, Simulador.

ABSTRACT

The current curriculum guidelines for 12th year biology require a juggling between theory and practice, using laboratories in order to have the content of biology closer to the physical reality of phenomena. However, certain laboratory activities from the 12th year curriculum content are difficult to operationalize, as is the case with the genetic experiments that involve the *Drosophila* fly, where the students commit errors in the handling (letting them die or get away) and where parasite variables appear, not to mention being activities that take up a lot of time, leaving very little room to approach other content.

However, there is a growing body of literature that shows that computer simulations provide a valuable contribution to overcoming many laboratory limitations, offering learning environments based on virtual laboratories. In this sense, this paper seeks to determine whether practical activities based on problem solving using the simulator StarGenetics provide the students with a learning environment that is constructivist and also facilitates the comprehension of the concept of heredity. Based on a constructivist approach, this strategy has placed the student in an active role and the teacher in the role of facilitator. To achieve the research objectives, a qualitative methodology was used, implemented in a case study involving 12th year Biology students who attend Escola Básica e Secundária de Ourém.

The results suggest that the pedagogical strategy used helped the students build knowledge as well as deconstruct incorrect preconceptions. The interaction established with the simulator suggests that it is in fact relevant as a technological mediator in the placement of the student at the center of learning, offering both motivation and facilitation in learning.

Keywords

Problem Based Learning, Constructivism, *Drosophila*, Heredity, Virtual Laboratory, Simulator.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract.....	v
Índice geral	vi
Índice de figuras	ix
Índice de tabelas	xi
Abreviaturas.....	xii
Capítulo I – Introdução.....	1
1. Contextualização do estudo	1
2. Questão e objetivos de investigação	4
3. Estrutura da investigação.....	5
Capítulo II – Ensino da biologia.....	6
1. Enquadramento normativo e orientações curriculares no ensino da biologia	6
2. O construtivismo e a construção do conhecimento	9
3. Aprendizagem baseada em problemas como metodologia de ensino	11
Capítulo III – Ambientes de aprendizagem construtivistas.....	13
1. Laboratórios enquanto ambientes de aprendizagem.....	13
1.1. Trabalho laboratorial no ensino das ciências.....	14
1.2. Tipos de laboratórios de sala de aula.....	15
1.3. Vantagens e desvantagens dos vários tipos de laboratórios de sala de aula....	18
2. Simulações enquanto ambientes de aprendizagem virtuais.....	21
2.1. Modelos e simulações educativas	21
2.2. Tipos de simulações	23
2.3. Vantagens e desvantagens das simulações	24
2.4. Simulações em sala de aula em cenários construtivistas.....	25
2.5. Os simuladores na ABP	27

2.6. Simuladores na biologia	28
Capítulo IV – Projeto de intervenção	29
1. Caracterização do contexto	29
2. Objetivos de aprendizagem e metodologias	30
3. A escolha do simulador	31
4. Estratégia pedagógica	33
5. Conceção das fichas de trabalho	35
Capítulo V – Metodologia	43
1. Opções metodológicas	43
1.1. Investigação qualitativa	43
1.2. Estudo de caso	45
2. Instrumentos de recolha de dados	46
3. Técnicas de análise e tratamento de dados	49
3.1. Análise de conteúdo	49
4. Credibilidade da investigação	50
5. Princípios éticos	51
Capítulo VI – Apresentação dos dados e discussão dos resultados	53
1. Atividade 1	53
2. Atividade 2	54
3. Atividade 3	61
4. Atividade 4	71
5. Análise das perceções dos alunos	74
Capítulo VII – Conclusões	77
1. Conclusões do estudo	77
2. Limitações do estudo	80
3. Trabalho futuro	81
Bibliografia	82

Anexos.....	1
Anexo 1 – Caracterização da turma.....	Erro! Marcador não definido.
Anexo 2 – Mails trocados com o MIT.....	2
Anexo 3 – Questionário relativo à familiarização com o simulador	5
Anexo 4 – Ficha de trabalho da atividade 1 e 2.....	6
Anexo 5 – Ficha de trabalho da atividade 3	7
Anexo 6 – Ficha de trabalho da atividade 4	8
Anexo 7 – Questionário.....	9
Anexo 8 – Pedido de autorização	10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Laboratório real de ciências (IESJM, n.d.).	16
Figura 2 – Arquitetura geral de um laboratório de acesso remoto (figura adaptada a partir de Calvo, Zulueta, López & Gangoiti, 2012).	16
Figura 3 – Vídeo educativo de uma reação química (“Addition reaction-animation”, 2010).	18
Figura 4 – Interface de um laboratório virtual de eletroforese (Universidade Minho, 2013).	18
Figura 5 – Modelo matemático de um fenómeno físico: atração gravítica entre dois corpos.	21
Figura 6 – Simulação relativa à criação de um tornado (o aluno não manipula variáveis) (“A 48 hour computer simulation of Typhoon Mawar using the Weather Research and Forecasting model”, 2005).	23
Figura 7 – Simulação de órbitas gravitacionais (University of Colorado, 2011).	23
Figura 8 – Interface do simulador StarGenetics (Massachusetts Institute of Technology, 2013).	31
Figura 9 – Folha de cálculo em Excel que serve de base aos exercícios utilizados no simulador (Massachusetts Institute of Technology, 2013). O docente altera/configura variáveis disponibilizadas em tabelas e organizadas em separadores.	32
Figura 10 – Esquema com a planificação dos conteúdos abordados na unidade curricular Património Genético.	34
Figura 11 – Mapa de conceitos representativo de um conhecimento construído, com base em conhecimentos já adquiridos, e do conhecimento desconstruído.	37
Figura 12 – Mapa de conceitos representativo de um conhecimento construído, com base em conhecimentos já adquiridos, e do conhecimento desconstruído para a atividade 2.	38
Figura 13 – Mapa de conceitos representativo de um conhecimento construído, com base em conhecimentos já adquiridos, e dos conceitos desconstruídos para a atividade 3.	40
Figura 14 – Mapa de conceitos representativo de um conhecimento construído, com base em conhecimentos já adquiridos, e dos conceitos desconstruídos para a atividade 3.	41

Figura 15 – Mapa de conceitos representativo dos grupos que evidenciaram construção e desconstrução de conhecimento na atividade 2.....	57
Figura 16 – Mapa de conceitos representativo dos grupos que evidenciaram construção de conhecimento e desconstrução de conhecimento na atividade 3.....	65
Figura 17 – Mapa de conceitos representativo dos grupos que evidenciaram construção e desconstrução de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem “Compreende a ligação ao sexo da característica cor dos olhos na <i>Drosophila</i> ”.	67
Gráfico 1 – Respostas dos alunos à questão “A motivação para o estudo do tema foi maior com a utilização do simulador”.....	74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Conteúdos curriculares e objetivos de aprendizagem.....	30
Tabela 2 – Tabela síntese para a análise de conteúdo.	50
Tabela 3 – Síntese dos resultados obtidos nas gravações áudio/vídeo sobre “Transmissão de uma característica hereditária – monoibridismo”.....	53
Tabela 4 – Apresentação e análise dos dados do grupo 1 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.	55
Tabela 5 – Apresentação e análise dos dados do grupo 2 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.	55
Tabela 6 – Apresentação e análise dos dados do grupo 3 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.	56
Tabela 7 – Apresentação e análise dos dados do grupo 4 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.	56
Tabela 8 – Análise das respostas às questões da ficha de trabalho da atividade 1 e 2...	60
Tabela 9 – Análise das respostas à questão 11.2 da ficha de avaliação, que avalia o conceito “cruzamento com o homozigótico recessivo – cruzamento teste”. ...	61
Tabela 10 – Apresentação e análise dos dados do grupo 1 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.	62
Tabela 11 – Apresentação e análise dos dados do grupo 2 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.	63
Tabela 12 – Apresentação e análise dos dados do grupo 3 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.	63
Tabela 13 – Apresentação e análise dos dados do grupo 4 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.	64
Tabela 14 – Análise das respostas às questões da ficha de trabalho da atividade 3.....	69
Tabela 15 - Análise das respostas às questões da ficha de avaliação, que avaliavam a transmissão de características ligadas ao sexo.	71
Tabela 16 – Classificação obtida pelos grupos na ficha de trabalho realizada na atividade 4.	72

ABREVIATURAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
MIT	Massachusetts Institute of Technology
QC	Quadro de Cruzamento
TIC	Tecnologias da Informação e da Comunicação
ZDP	Zona de Desenvolvimento Potencial

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

O **Património Genético** é uma unidade curricular do 12º ano onde os alunos costumam apresentar diversas dificuldades. Algumas das razões que se podem apontar para essas dificuldades são de natureza metodológica, relacionadas com a falta de atividades experimentais e o facto de os conteúdos serem abordados quase sempre de uma forma tradicional, com recurso ao manual e à resolução de exercícios no quadro. Estes fatores podem contribuir para que os alunos apresentem dificuldades ao nível da compreensão dos conceitos e dos fenómenos probabilísticos que os conteúdos envolvem pois, tal como refere Sved (2010), os conceitos de genética não são facilmente aprendidos a partir apenas das aulas, mesmo utilizando livros muito bons. Assim, e segundo Martins, Fiolhais & Paiva (2003) uma das razões para que os alunos não se interessem muito pela ciência está relacionada com a forma muito pouco motivadora com que é apresentada. Frequentemente os alunos contactam com conceitos abstratos, pouco óbvios, tendo a componente prática uma importância fundamental para complementar e compreender esses conceitos, ajudando os alunos a apreender a ligação da biologia com o real.

No ensino das ciências de carácter experimental em geral, e da biologia em particular, é muito importante a observação direta de fenómenos, o reconhecimento de evidências e consequências naturais, a capacidade de interligar conhecimentos e desenvolver novos pensamentos, apoiados na interdependência entre conhecimento científico e aplicação prática do conhecimento. Deste modo, as atividades experimentais assumem um papel fundamental como instrumentos pedagógicos relevantes, e até mesmo essenciais, na exploração de determinados conteúdos programáticos, sendo, como referem Fiolhais & Trindade (2003) responsabilidade dos docentes proporcionar aos alunos experiências de aprendizagem eficazes, combater as dificuldades mais comuns e atualizar os instrumentos pedagógicos utilizados.

Nessa perspetiva, uma atividade experimental que é realizada para estudar a transmissão das características hereditárias utiliza o material vivo *Drosophila*

melanogaster, vulgarmente conhecida como mosca da fruta. No entanto, efetuar cruzamentos com as moscas é uma atividade experimental de difícil realização pela morosidade da experiência (em que o fator tempo incompatibiliza o cumprimento dos programas com atividades experimentais), pela dificuldade no controlo de variáveis e pela fuga e morte das moscas, levando a que os conteúdos sejam abordados sem a realização da referida atividade. Ainda assim, o Programa Nacional de Biologia 12º Ano (2004), considera que devem ser desenvolvidas dinâmicas de aprendizagem diversificadas, organizadas numa perspetiva de resolução de problemas, centradas nos alunos, nomeadamente as que pressupõem experimentação.

Outra alternativa aos métodos tradicionais do ensino das ciências encontra-se frequentemente ligada às Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC). Como refere Vilatte (2005) citado por Valente et al. (n.d.), cada vez mais os alunos estão motivados para as tecnologias informáticas e menos motivados para os métodos tradicionais de ensino. As TIC são consideradas ferramentas poderosas para apoiar o processo de aprendizagem (Jonassen, 1999; Smeets, 2005, citados por Mikropoulos & Natsis, 2011), **podendo facilitar aos alunos a descoberta, a resolução de problemas e a aprendizagem de conceitos.**

A exploração pedagógica e as funcionalidades das características tecnológicas das TIC permitem-lhes contribuir para o processo de aprendizagem, na medida em que proporcionam a existência de tarefas de forma a que tanto alunos como professores participem no processo de aprendizagem, existindo ação e *feedback* através de cenários educacionais e atividades de aprendizagem baseadas em modelos teóricos, assim como processos que suportam a criação de modelos mentais (Mikropoulos & Natsis, 2011). Assim, a biologia é uma das áreas em que o processo de ensino-aprendizagem pode beneficiar com a sua utilização, **tornando possíveis experiências não viáveis ou de difícil execução em laboratório.**

Adicionalmente, e como sugere Jonassen (2007) as TIC, para além de oferecerem notáveis possibilidades de aperfeiçoamento do processo ensino-aprendizagem, promovem também uma abordagem construtivista, se usadas como ferramentas cognitivas, isto é, se integradas em ambientes de aprendizagem centrados no aluno, ricos em interação com o material e com os outros intervenientes, que apelem ao

raciocínio, à tomada de decisão e à resolução de problemas. Deste modo, cabe ao professor ser capaz de encontrar formas de juntar os métodos de ensino aos ambientes de aprendizagem com recurso às TIC e, tendo por base as suas potencialidades e o que se conhece atualmente sobre como aprender, ensinar os alunos a aprender.

Atualmente são muitos os recursos informáticos disponíveis que podem auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. Um desses recursos são as simulações de computador, como forma de introduzir mudanças nas abordagens metodológicas. Rutten, Joolingen & Veen, (2012) mencionam que a utilização de simulações de computador pode melhorar os processos de ensino tradicionais, sobretudo quando estão envolvidas atividades de laboratório. Segundo Teodoro (1997) a sua utilização cuidadosa pode facilitar a compreensão dos fenómenos e até a realização das experiências reais. As simulações são ferramentas que permitem ao aluno manipular variáveis, formular e testar hipóteses, analisar os resultados, raciocinar e construir/reconstruir conceitos. As simulações, apesar de poderem ser aplicadas a diferentes filosofias educativas, adequam-se a uma abordagem construtivista, como defendem as pedagogias atuais do ensino das ciências.

A biologia é uma ciência experimental e segundo Abdulwahed & Nagy (2009) é aceite que nas ciências um dos objetivos mais importantes da utilização dos laboratórios é ajudar os estudantes a compreender conceitos e a construir novo conhecimento. Na impossibilidade de realizar as atividades experimentais reais, colocou-se como hipótese recorrer a um simulador, enquanto simulação de um laboratório (laboratório virtual) para a realização de experiências (também elas virtuais), relacionadas com a transmissão de características hereditárias.

Deste modo, decidiu-se utilizar a aplicação StarGenetics, um simulador de cruzamentos de genética, que possibilita aos alunos a realização de experiências virtuais e a construção de conceitos de genética. Este simulador, desenvolvido pela Faculdade de Biologia do Massachusetts Institute of Technology (MIT), foi escolhido porque permite que os alunos realizem experiências de cruzamentos que substituem na “perfeição” as reais (do ponto de vista dos conteúdos a abordar), sem os contratempos de uma experiência *in vivo*.

2. QUESTÃO E OBJETIVOS DE INVESTIGAÇÃO

Se durante muitos anos o ensino foi centrado no professor, baseado na realização de atividades de mecanização, sendo a memorização a capacidade mais importante a ser desenvolvida nos alunos, atualmente a ênfase da educação passa a ser a construção do conhecimento realizada pelo aluno de maneira significativa e o professor o facilitador desse processo de construção (Valente et al., n.d.).

Nesse sentido, é interessante investigar se é pertinente do ponto de vista pedagógico a elaboração de um conjunto de atividades de aprendizagem, aplicadas no decorrer da unidade curricular **Património Genético**, que irão permitir ao aluno envolver-se ativamente na construção do conhecimento, utilizando uma abordagem pedagógica baseada na resolução de problemas com recurso ao simulador.

Assim, colocou-se como questão de investigação: **Explorar simuladores a partir de atividades baseadas em resolução de problemas proporciona aos alunos um ambiente de aprendizagem construtivista e facilitador da compreensão dos conceitos de hereditariedade?**

Em conformidade com a questão de investigação definiram-se os seguintes objetivos:

Objetivos principais:

- i. Descrever a construção do conhecimento dos alunos aquando da resolução de problemas usando o simulador.
- ii. Descrever a utilização/interação com o simulador aquando da resolução dos problemas.

Objetivo secundário:

- iii. Conhecer as perceções dos alunos acerca da metodologia utilizada (atividades baseadas em resolução de problemas com simulador).

3. ESTRUTURA DA INVESTIGAÇÃO

Considerando o tema em estudo e a investigação realizada, organizou-se o relatório em sete capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se a introdução, que se encontra dividida em três subcapítulos: a contextualização do estudo, com a definição do problema e a pertinência do trabalho realizado; a questão e os objetivos da investigação e, por último, a estrutura da investigação.

O segundo capítulo, "Ensino da Biologia", permite justificar as opções tomadas ao nível das atividades e metodologias desenvolvidas. Apresenta-se a revisão da literatura sobre as orientações curriculares para o ensino da biologia e a teoria de aprendizagem construtivista. Por último, é abordada a aprendizagem baseada em problemas como metodologia de ensino-aprendizagem.

O terceiro capítulo, "Ambientes de Aprendizagem Construtivistas", continua a ser dedicado ao enquadramento teórico, e serve para fundamentar as escolhas efetuadas ao nível da tecnologia multimédia utilizada, das atividades desenvolvidas e respetiva sequência. Apresentam-se os laboratórios escolares enquanto ambientes de aprendizagem e as simulações enquanto ambientes de aprendizagem virtuais.

No quarto capítulo, "Projeto de Intervenção", caracterizam-se os participantes, apresenta-se e fundamenta-se a estratégia pedagógica implementada.

No quinto capítulo são apresentadas e justificadas as opções metodológicas adotadas, apresentam-se os instrumentos de recolha de dados utilizados e as técnicas de tratamento desses mesmos dados.

No sexto capítulo são apresentados, analisados e discutidos os dados recolhidos, tendo em conta a questão e os objetivos de investigação.

O sétimo capítulo apresenta as principais conclusões da investigação, as limitações do estudo e as sugestões para trabalhos futuros.

Por último, apresenta-se a bibliografia, seguida dos anexos. Dada a quantidade de dados obtidos, optou-se por incluir no CD-ROM, apenso ao relatório, os anexos com as transcrições dos diálogos dos alunos e com as respostas às questões das fichas de trabalho e do teste de avaliação (desde o anexo 8 ao anexo 14).

CAPÍTULO II – ENSINO DA BIOLOGIA

Existem razões de ordem pedagógica que justificam a pertinência desta investigação e que serão abordadas de acordo com a seguinte sequência: as orientações curriculares para o ensino da biologia; as teorias de aprendizagem aplicadas ao ensino, nomeadamente a aquisição do conhecimento na perspetiva do construtivismo e, por último, a aprendizagem baseada em problemas como metodologia de ensino-aprendizagem.

1. ENQUADRAMENTO NORMATIVO E ORIENTAÇÕES CURRICULARES NO ENSINO DA BIOLOGIA

A forma como o Homem tem utilizado os conhecimentos de biologia ao longo dos tempos determinou o modo como se relacionou com a sua própria espécie e com o meio ambiente, o que permite atribuir à biologia um papel relevante na construção da sociedade e da cultura, pelo que não poderá deixar de ser uma componente essencial na educação dos cidadãos. Assim, o ensino da biologia deve permitir que o aluno compreenda aspetos da natureza da própria ciência e da construção do conhecimento científico, que leva ao conhecimento biológico, graças à utilização dos métodos de investigação científica.

A disciplina de biologia do 12º ano constitui uma das opções da componente de formação específica do curso científico-humanístico de ciências e tecnologias, com programa nacional. Visa o aprofundamento dos saberes construídos nas disciplinas estruturantes do curso, de modo a alargar o espectro de conhecimentos e competências dos alunos, perspetivando também as suas opções de prosseguimento de estudos a nível superior. De acordo com o Programa Nacional de Biologia 12º Ano (2004), a educação em biologia tem como propósitos essenciais promover a educação científica dos alunos, de modo a que fiquem preparados para enfrentar questões científico-tecnológicas que a sociedade lhes coloca, que sejam capazes de ponderar criticamente os argumentos em causa, de modo a formularem juízos responsáveis e, assim, participarem nos processos de tomada de decisão.

Numa perspetiva mais genérica, a Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei 49/2005 de 30 agosto), apresenta os objetivos do ensino básico e secundário, determinando que o ensino secundário deve, entre outros, “assegurar o desenvolvimento do

raciocínio, da reflexão e da curiosidade científica e o aprofundamento dos elementos fundamentais de uma cultura humanística, artística, científica e técnica, que constituam suporte cognitivo e metodológico apropriado para o eventual prosseguimento de estudos e para a inserção na vida ativa” (Artigo 9.º, alínea a)). Deve também “fomentar a aquisição e aplicação de um saber cada vez mais aprofundado, assente no estudo, na reflexão crítica, na observação e na experimentação” (Artigo 9.º, alínea c)).

Tendo por base os objetivos definidos pela lei de bases para o ensino secundário, o programa de biologia do 12º ano estabelece finalidades para a formação dos alunos, das quais se destaca a **construção** e o **aprofundamento** de conhecimentos de biologia úteis para o desenvolvimento de competências que permitam o exercício de uma cidadania responsável, a aprendizagem ao longo da vida e a decisão sobre o prosseguimento de estudos relacionados com esta área do saber (“Programa Nacional de Biologia 12º Ano”, 2004).

De acordo com o Decreto - Lei nº 139/2012 de 5 julho, a organização e a gestão do currículo dos ensinos básico e secundário subordinam-se a princípios orientadores, dos quais se destacam dois: “**Favorecimento da integração das dimensões teórica e prática dos conhecimentos, através da valorização da aprendizagem experimental**” (Artigo 3.º, alínea j)) e “**Utilização das tecnologias de informação e comunicação nas diversas componentes curriculares**” (Artigo 3.º, alínea o)). Esta visão está de acordo com as orientações do Programa Nacional de Biologia 12º Ano (2004) uma vez que, e por forma a desenvolver competências nos domínios conceptual, procedimental e atitudinal, as abordagens metodológicas utilizadas, deverão ter em conta os seguintes aspetos: (i) **centrar os processos de ensino nos alunos**¹, numa perspetiva construtivista da aprendizagem, é importante ter em conta os conhecimentos prévios dos alunos, assim como valorizar as suas vivências e objetivos, pois estes aspetos condicionam as suas aprendizagens; (ii) **valorizar a realização de atividades práticas**, a componente prática deverá ser parte integrante e fundamental dos processos de ensino-aprendizagem dos diversos conteúdos (abrangendo atividades que vão desde as que se concretizam com recurso

¹ As expressões assinaladas a negrito nesta secção, e que são características defendidas hoje em dia tanto em termos de orientação curricular como em termos de investigação científica atual, vão ser a base da constituição do projeto de intervenção apresentado no capítulo IV.

a papel e lápis, àquelas que exigem um laboratório). Os alunos deverão desenvolver e/ou aperfeiçoar competências diversificadas, nomeadamente a interpretação de atividades práticas, a pesquisa autónoma de informações em diferentes suportes e utilizar as novas tecnologias da informação. É importante o desenvolvimento de atividades que envolvam os alunos na planificação de percursos experimentais, com manipulação e controlo de variáveis. (iii) **Explorar relações explícitas e recíprocas entre ciência, tecnologia e sociedade**, as atividades de ensino-aprendizagem centradas em contextos reais, com significado para os alunos, facilita o desenvolvimento integrado de competências de natureza concetual, procedimental e atitudinal. (iv) **Promover a identificação e exploração de situações problemáticas abertas**, o processo de ensino-aprendizagem deve centrar-se em problemáticas com significado para os alunos, ou seja, organizados numa perspetiva de resolução de problemas.

Considerando o atual contexto de desenvolvimento científico e tecnológico, as orientações do ministério da educação e do programa da disciplina, é desencorajado, pela sua contraproducência, um ensino da biologia que vise apenas transmitir aos alunos conhecimentos específicos de forma massiva. Apesar das orientações do programa salientarem a participação ativa do aluno (em vez de ser um recetor passivo) existem ainda limitações que impedem a aplicação dessas práticas (como se explicará em secções posteriores). A passagem de um modelo de ensino expositivo, exclusivamente centrado no professor, baseado na transmissão de conhecimentos (aprendizagem passiva), para um modelo de ensino centrado no aluno, baseado em práticas pedagógicas de natureza colaborativa e exploratória (aprendizagem ativa), suportadas em exercícios de investigação, recolha de informação e experimentação laboratorial/simulação, requerem a utilização de metodologias diversificadas e coerentes adequadas aos conteúdos e práticas educativas. Neste quadro, uma abordagem adequada do currículo de biologia, como disciplina científica, poderá promover aprendizagens significativas e contribuir para o desenvolvimento de capacidades e competências que permitam aos alunos uma aprendizagem nos domínios científico e tecnológico.

2. O CONSTRUTIVISMO E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

Uma metodologia de ensino-aprendizagem centrada no aluno, como defendido na secção anterior, deve ter em conta as bases teóricas da psicologia da aprendizagem que lhe servem de sustento.

Um dos autores que influenciou de forma significativa a teoria do construtivismo foi Piaget, que investigou a natureza e a génese do conhecimento nos seus processos e estádios de desenvolvimento, formulando a teoria da Epistemologia Genética para explicar o desenvolvimento da inteligência humana. De acordo com esta teoria, o sujeito desenvolve a inteligência devido à constante **interação com o meio**, apesar de ser afetado por fatores biológicos (Altoé & Penati, 2005). Segundo os pressupostos de Piaget, os alunos são os responsáveis pela construção do seu conhecimento (Bidarra & Festas, 2005), uma vez que, devido à interação com o meio e com base nos esquemas mentais que já possuem, formulam hipóteses para tentar resolver problemas novos desencadeando-se, como salienta Piaget, **conflitos cognitivos** que, na procura do equilíbrio, levam à reestruturação mental (Altoé & Penati, 2005).

No processo de interação com o meio, o aluno desenvolve de forma gradual e contínua as suas estruturas psicológicas. Portanto, durante o desenvolvimento cognitivo ocorrem ciclos de assimilação, acomodação e equilibração, ou seja, o aluno assimila os dados que obtém do exterior mas, uma vez que possui uma estrutura mental que não está "vazia", integra esses dados na estrutura mental já existente, a acomodação, da qual resulta uma reestruturação e complexificação dos esquemas anteriores, originando uma mudança cognitiva (Santos, n.d.). Desta forma, nenhum conhecimento chega ao aluno do exterior sem que sofra alteração da sua parte, ou seja, tudo o que aprende é influenciado por aquilo que já tinha aprendido. A equilibração (equilíbrio entre a assimilação e acomodação) é fundamental para o desenvolvimento intelectual, dado que a recuperação do equilíbrio se faz num nível superior ao que precedeu a perda do equilíbrio (Altoé & Penati, 2005). O equilíbrio não é constante e será novamente quebrado quando um novo conhecimento for assimilado. A aprendizagem, para Piaget, seria um processo coerente e progressivo, de acordo com os interesses e a curiosidade do aluno,

adaptado ao seu estágio de desenvolvimento intelectual, procurando a exploração, a descoberta e a reorganização mental em busca do equilíbrio da personalidade.

Para que o aluno seja ativo na construção do conhecimento e possa desenvolver novas competências, é necessário que compreenda o que faz e não ser simplesmente um executor das tarefas propostas, ou seja, como refere Piaget, o aluno para compreender, tem que dominar em pensamento as situações vividas e utilizar essa compreensão para resolver os problemas que lhe são apresentados (Altoé & Penati, 2005). Errar é considerado pelos autores citados, uma importante fonte de aprendizagem, pois o aluno, face aos resultados das suas experiências, propõe soluções para o problema, levando à construção do pensamento, do raciocínio e do conhecimento. Assim, as atividades educativas, baseadas na teoria piagetiana, devem ser desafiadoras e estimulantes (para aumentar a qualidade da interação com o que está sendo feito), capazes de desencadear conflitos cognitivos adequados ao nível de desenvolvimento dos alunos, facilitando a construção progressiva do conhecimento (Altoé & Penati, 2005; Valente et al., n.d.). De acordo com os pressupostos piagetianos, Bidarra & Festas (2005) defendem a importância do papel ativo do aluno na construção do conhecimento e uma forma de organização do ensino que permita a sua participação na aprendizagem e possibilite ao professor desafiar e estimular o aluno.

Lev Vygotsky, outro autor defensor da teoria construtivista, propôs o construtivismo social que enfatiza a importância da interação social no processo de desenvolvimento cognitivo. Para Costa (2007) a teoria socioconstrutivista de Vygotsky assenta no pressuposto de que a aprendizagem, como processo de desenvolvimento cognitivo, tem por base a construção de conhecimento em sociedade, a partir da colaboração e interação entre os indivíduos. A aprendizagem ocorre primeiro em sociedade e só depois tem impacto ao nível dos processos cognitivos do indivíduo. Esta constatação deve ser tida em conta no próprio processo de ensino-aprendizagem em sala de aula, como alunos e professores.

Para Vygotsky, o processo de desenvolvimento não coincide com o processo de aprendizagem. Podem-se identificar dois níveis de desenvolvimento: o que corresponde às conquistas já efetuadas – zona de desenvolvimento real, e o que está relacionado com as capacidades que pode vir a desenvolver – zona de

desenvolvimento potencial (ZDP). Na primeira zona temos as conquistas que já estão consolidadas no aluno e as funções ou capacidades que ele já aprendeu e domina. A ZDP compreende o que o aluno será capaz de fazer com ajuda de outra pessoa, neste caso ele realiza tarefas e resolve problemas através do diálogo, da colaboração, da imitação e da experiência (Santos, n.d.). As ações e atividades que faz hoje com assistência e colaboração de outra pessoa será capaz de as realizar sozinho amanhã. O que é a ZDP num momento será a zona de desenvolvimento real num momento futuro.

Em síntese, de acordo com as teorias de aprendizagem construtivistas, aprender é um processo em que o aluno constrói de forma ativa o conhecimento e é responsável pela sua aprendizagem, à medida que reflete sobre as suas experiências e interage em situações de aprendizagem significativas e contextualizadas (Costa, 2007), possibilitando-lhe que seja criador ativo do conhecimento, e aprenda observando, manipulando, e interpretando o mundo à sua volta. O professor, que antes era o dono do saber, agora assume um papel de mediador, ou seja, orienta e incentiva a utilização de ferramentas e técnicas que mobilizem a criatividade, a ação e a reflexão.

3. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS COMO METODOLOGIA DE ENSINO

Na abordagem construtivista, a aprendizagem é entendida como um processo pelo qual os alunos constroem significados com base na interação entre a informação previamente adquirida e as novas experiências de aprendizagem. Abordar o ensino-aprendizagem segundo esta teoria significa proporcionar aos alunos experiências relevantes, permitindo-lhes a (re)construção da aprendizagem. Nesta perspetiva, é enfatizada a necessidade e a importância da utilização de métodos de ensino que permitam que os alunos sejam ativos nos ambientes de aprendizagem.

Um dos métodos de ensino que reflete as características da abordagem construtivista é o modelo de **Aprendizagem Baseada em Problemas** (ABP) (Vekli & Cimer, 2012), no qual os alunos se envolvem em problemas complexos e desafiadores, trabalham colaborativamente para resolver esses problemas e refletem sobre as suas experiências, cabendo ao professor facilitar o processo de aprendizagem, em vez de fornecer conhecimento (Wang, Wu, Kinshuk, Chen & Spector, 2013). Os mesmos

autores mencionam ainda que através da resolução de problemas, os alunos, para além de desenvolverem competências, podem consolidar e alargar o conhecimento com base na experiência prática. Murphy, Hartigan, Walshe, Flynn & O'Brien (2011) referem que os alunos se envolvem numa aprendizagem auto dirigida e ao longo da vida, tornando-se mais responsáveis pela sua aprendizagem.

Para Barrows (1980), citado por Barrett (2005), a ABP pode ser definida como “a aprendizagem que resulta do processo de trabalho para a compreensão de uma resolução de um problema”. Este método de ensino permite ainda aos alunos desenvolver competências associadas ao trabalho em grupo, designadamente as relacionadas com a comunicação, a relação interpessoal, a cooperação e o respeito mútuo (Leite & Esteves, 2006).

Para Jonassen (2011), um dos objetivos da educação deveria ser a resolução de problemas, uma vez que os alunos necessitam aprender a resolver problemas para funcionar na sua vida pessoal e profissional. Este autor caracteriza um problema como uma entidade desconhecida num determinado contexto e, para que possa ser resolvido, tem que ter valor social, cultural e intelectual. Acrescenta ainda que aquilo que os alunos aprendem no contexto de resolução de problemas é melhor compreendido e retido, ou seja, aprendem mais. Ainda de acordo com o mesmo autor, a ABP é uma metodologia de ensino centrada num problema, centrada no aluno, auto-dirigida e auto-reflexiva, com o professor como facilitador.

Barrett (2005) sugere formas de implementar atividades baseadas em ABP:

- O professor funciona como **mediador** entre o conhecimento e o aluno, auxiliando-o a envolver-se na construção do conhecimento.
- O professor **cria situações e atividades** especialmente pensadas para promover a **construção** de conhecimentos pelos alunos para que a aprendizagem seja significativa, estabelecendo-se **relações** entre os novos conceitos e os conhecimentos que o aluno já possui.
- As atividades devem partir do **conhecimento prévio** dos alunos.

Estas formas conduzem ao desenvolvimento de competências na resolução de problemas, pensamento crítico e trabalho de equipa.

CAPÍTULO III – AMBIENTES DE APRENDIZAGEM CONSTRUTIVISTAS

Na sequência do capítulo anterior que propõe uma metodologia de ensino-aprendizagem centrada no aluno e baseada na resolução de problemas, e face à necessidade de repensar a sala de aula, apresentam-se de seguida os ambientes de aprendizagem mencionados na problematização deste projeto: os laboratórios escolares e as simulações de experiências laboratoriais (virtualização dos laboratórios).

1. LABORATÓRIOS ENQUANTO AMBIENTES DE APRENDIZAGEM

A realização de trabalhos experimentais em **laboratórios** devidamente equipados é essencial para se aprender ciência e adquirir cultura científica. Pode-se definir laboratório como um espaço físico, ou uma sala, especialmente apetrechado com equipamentos adequados à realização de experiências ou pesquisas científicas. Existem diferentes laboratórios, dependendo do ramo da ciência para o qual foi concebido. Assim, uma abordagem bastante defendida para atividades centradas no aluno nos processos de ensino-aprendizagem das ciências é o do ensino experimental, usando **ambientes de aprendizagem laboratoriais**.

No documento oficial da Direção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular do Ministério da Educação, que estabelece orientações curriculares para a disciplina de biologia do 12º ano, e no que diz respeito aos equipamentos e recursos, está previsto que os laboratórios de biologia disponham de equipamentos e recursos adequados, com vista à consecução das atividades práticas. São exemplo sensores de pH, temperatura, humidade relativa, oxigénio e dióxido de carbono. Relativamente a equipamentos multimédia, os laboratórios deverão dispor de meios de obtenção de imagem, como máquinas fotográficas e câmaras de vídeo. O computador com ligação à internet permite aceder, em tempo real, a conteúdos interativos, ricos e relevantes, pelo que nos laboratórios de biologia deverão existir computadores, ligados em rede e à internet, em número suficiente, sendo o desejável a distribuição de dois alunos por computador (Ministério da Educação, 2004). Estes novos ambientes e os recursos que deles fazem parte alteram, de forma significativa, a relação professor-aluno e a natureza do ensino-aprendizagem.

1.1. TRABALHO LABORATORIAL NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

As ciências têm especificidades que as fazem divergir de outras áreas do saber e da cultura. O caráter experimental da ciência é talvez a maior diferença. Acrescido à componente de observação da realidade, os cientistas são chamados a testar essa realidade através da medição, modificação de parâmetros e variáveis, obtendo assim conclusões mais aprofundadas sobre os fenómenos. Esta é a forma de criar ciência e possivelmente a mais natural e apropriada de a ensinar. Os alunos devem perceber os mecanismos de desenvolvimento de um estudo científico, quais as dificuldades e quais os cuidados a ter para obter resultados fidedignos. É então natural que nos programas das disciplinas de ciências sejam incluídos trabalhos laboratoriais, o que está de acordo com um ensino contextualizado, preconizado pelo programa da disciplina, e abordado na secção anterior.

A experimentação é uma das componentes essenciais no processo de ensino-aprendizagem nas ciências. É importante que o aluno reconheça como se traduzem, na prática, certos conceitos e princípios teóricos e que seja estimulada a ligação da teoria à realidade de forma a completar o processo de aprendizagem. Uma das preocupações no ensino das ciências é garantir que esta ligação seja induzida no aluno, enriquecendo o seu conhecimento teórico contrariando a sua forma, por vezes, volátil e abstrata. Se, para além de proporcionar ao aluno a simples observação de um certo fenómeno, lhe for dada a possibilidade de atuar na experiência, nos instrumentos e no processo a aprender, o conhecimento é adquirido muito mais rapidamente (Anido, Llamas & Fernández, 2001). Esta metodologia de ensino-aprendizagem em que o aluno interage com o processo a aprender é vulgarmente denominada por “aprender fazendo” (learning-by-doing), e possibilita uma aprendizagem mais eficaz quando comparada com a aprendizagem a ouvir ou ler (Wood, 2004).

Vários estudos mostram que o trabalho laboratorial é importante no processo de ensino-aprendizagem e promove o interesse e a motivação dos alunos pelas aulas de ciências. Muhamad, Zaman & Ahmad (2011) referem que na aprendizagem de conteúdos da biologia a realização de trabalho laboratorial é essencial, o que justifica a sua inclusão nos conteúdos programáticos da disciplina. Para Manney & Manney (1993) os alunos podem compreender melhor os princípios da genética se

forem os próprios a realizarem experiências laboratoriais, o que vai permitir completar o processo de aprendizagem (Anido, Llamas & Fernández, 2001).

Contudo, a integração do trabalho laboratorial no ensino das ciências enfrenta alguns obstáculos, que impedem a plena cooperação entre as componentes teórica e prática. Alguns dos problemas referidos na literatura e que dificultam o trabalho laboratorial no ensino das ciências são: o tempo despendido no planeamento e execução das atividades laboratoriais (ex: tempo de uma planta crescer, de uma reação química); a falta de equipamentos; os custos; a complexidade de algumas atividades laboratoriais; a exposição a perigos decorrentes da utilização de reagentes químicos tóxicos e de amostras animais; queimaduras; choques elétricos e fugas de gás.

Há ainda a considerar que algum do trabalho laboratorial realizado nas aulas consiste, essencialmente, em demonstrações realizadas pelo professor, onde o elevado número de alunos por turma e a economia de tempo são duas razões apontadas como limitação para a participação dos alunos no trabalho laboratorial. Ou seja, as teorias de aprendizagem clássicas, como o comportamentalismo, são logicamente consideradas “mais económicas” em termos de tempo, pelo que estas são muitas vezes usadas no ensino laboratorial. Por outras palavras, se um professor está disposto a sacrificar a economia de tempo na preparação de experiências laboratoriais, muitas vezes não pode prescindir do tempo que as metodologias centradas no aluno necessitam.

1.2. TIPOS DE LABORATÓRIOS DE SALA DE AULA

Uma forma bastante corrente na literatura de classificar os laboratórios, principalmente quando em contextos educativos, é a de classificar os laboratórios em reais, virtuais e remotos.

Os **laboratórios reais** (*hands-on*) são a forma mais antiga e mais comum de educação laboratorial e permitem implementar na prática os conceitos teóricos (Abdulwahed & Nagy, 2009). Como referem estes autores, os laboratórios reais promovem o objetivo mais importante de usar experiências no ensino, que é proporcionar a sensação de realismo (por exemplo a sensação de tratar uma planta real) (Abdulwahed & Nagy, 2011).

Nos laboratórios reais (figura 1) todos os componentes e experiências são reais e a manipulação do equipamento requer a presença física do estudante.



Figura 1 – Laboratório real de ciências (IESJM, n.d.).

Os **laboratórios remotos** são laboratórios reais que permitem o acesso e controlo remoto dos equipamentos e instrumentos físicos, através da utilização da internet (Abdulwahed & Nagy, 2011). Usando uma interface virtual, o utilizador consegue, a partir do próprio computador, recolher dados reais em tempo real, ou mesmo enviar instruções que são interpretadas e executadas no laboratório real localizado remotamente. O utilizador manipula e controla, à distância, os equipamentos (figura 2).

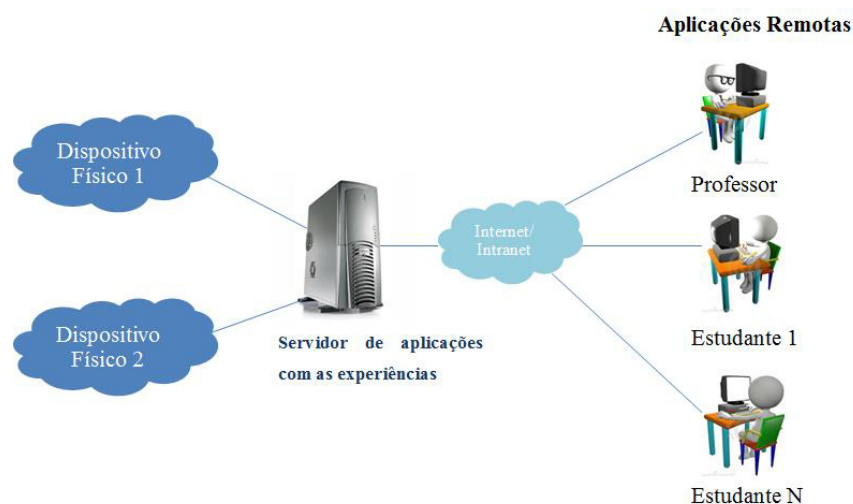


Figura 2 – Arquitetura geral de um laboratório de acesso remoto (figura adaptada a partir de Calvo, Zulueta, López & Gangoiti, 2012).

Há já algumas décadas que se tem vindo a investigar e desenvolver tecnologias de acesso remoto a instrumentação, sendo a recolha remota de dados uma prática muito corrente. Por exemplo, o acesso ao telescópio espacial Hubble é efetuado remotamente, permitindo a recolha de dados reais à distância, e existem observatórios astronómicos localizados em escolas com fusos horários diferentes que, através do acesso remoto, têm a possibilidade de observar a lua em tempo real. Existe também o Observatório Astronómico de Pinhal do Rei, em S. Pedro de Moel, atualmente desativado, mas que era controlado remotamente via internet.

Os **laboratórios virtuais** (ou laboratórios simulados) simulam, em computador, os ambientes e processos dos laboratórios reais e foram criados para serem ambientes de aprendizagem nos quais os estudantes transformam conhecimentos teóricos em conhecimentos práticos através da realização de experiências (Woodfield 2005, citado por Tatli & Ayas, 2011), mas sem muitas das desvantagens dos laboratórios reais (referidas na próxima secção). Já Albu, Holbert & Mihai (2003) definem laboratório virtual como um ambiente interativo para criação e condução de experiências ou de simulação de experiências, podendo estar disponível na web. Para García & Ortega (2007), laboratório virtual é uma aplicação informática que permite simular uma situação de aprendizagem própria de um laboratório tradicional. Por outras palavras, é possível incluir no simulador certos elementos que não existem num laboratório real (como o *feedback*, controlo do nº de variáveis, por exemplo) que potenciam a aprendizagem do conceito a simular. No entanto, como não existe qualquer interação com elementos reais, a resposta à interação é gerada em computador com recurso a programação, baseada muitas vezes em modelos matemáticos.

Existem vários modelos conceituais de laboratórios virtuais, onde se destacam as simulações interativas, as animações interativas e os jogos virtuais. Estes modelos variam sobretudo no grau de interatividade oferecido aos alunos (que será discutido com mais detalhe na secção 2.2). Assim, um vídeo educativo que mostrasse uma simulação de uma reação química, como o da figura 3, não poderia ser considerado uma simulação/simulador virtual, ficando reduzido a um material educativo do tipo tutorial comportamentalista, sendo a única interação possível bastante baixa (por exemplo acelerar a velocidade da animação).

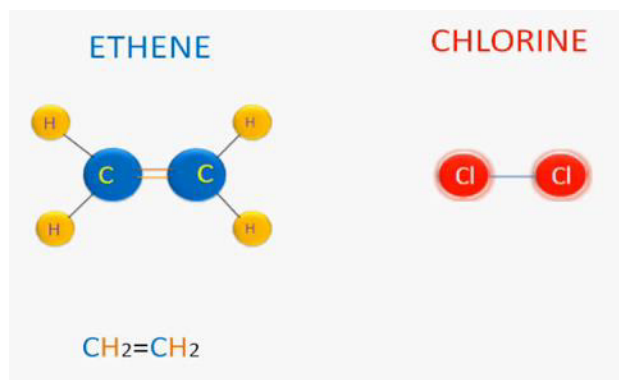


Figura 3 – Vídeo educativo de uma reação química (“Addition reaction-animation”, 2010).

A figura 4 representa a interface de um laboratório virtual, na área da biologia, cuja interatividade é elevada, na medida em que o aluno pode realizar a experiência virtual, seguindo passo a passo as tarefas que lhe são apresentadas.



Figura 4 – Interface de um laboratório virtual de eletroforese (Universidade Minho, 2013).

Como se pode verificar a partir do que se apresentou, não existe atualmente uma definição consensual de laboratório virtual, existindo no entanto características comuns às definições propostas. A interatividade é um elemento usualmente presente e importante para a denominação deste tipo de laboratórios.

1.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS VÁRIOS TIPOS DE LABORATÓRIOS DE SALA DE AULA

Independentemente do tipo de laboratório utilizado existem sempre vantagens e desvantagens associadas. Com base na revisão da literatura, fez-se uma síntese das

vantagens e desvantagens, apresentando-se de seguida as mais relevantes para o estudo apresentado neste relatório.

Vantagens e Desvantagens dos Laboratórios Reais

1. Vantagens:

- Interação com equipamentos reais (Abdulwahed & Nagy, 2011).
- Permitem a aquisição de competências tácteis e a consciência da instrumentação (Abdulwahed & Nagy, 2011).

2. Desvantagens:

- Problemas de segurança (relacionados com o manuseamento de produtos químicos por exemplo) (Muhamad, Zaman & Ahmad, 2012).
- Algumas atividades laboratoriais podem ser dispendiosas (Muhamad et al., 2012).
- Dificuldade em controlar as diferentes variáveis, por exemplo na experiência com a *Drosophila* há a considerar a fuga de moscas aquando da abertura dos frascos e dificuldade na manutenção das culturas.

Vantagens e Desvantagens dos Laboratórios Remotos

1. Vantagens:

- Permitem partilhar recursos, por exemplo com outras universidades, reduzindo os custos económicos de implementação e de equipamentos novos (Abdulwahed & Nagy, 2011).
- Permitem o acesso remoto a locais perigosos (Abdulwahed & Nagy, 2011).

2. Desvantagens:

- O desenvolvimento destes laboratórios pode ser bastante dispendioso, dependendo da natureza do equipamento experimental (Abdulwahed & Nagy, 2011).
- As experiências remotas já estão normalmente prontas a serem utilizadas, não incentivando o aluno a refletir sobre certos parâmetros de preparação (Abdulwahed & Nagy, 2011).

Vantagens e Desvantagens dos Laboratórios Virtuais

1. Vantagens:

- Promovem um ambiente seguro para os alunos testarem hipóteses e investigarem resultados acerca de questões, o que muitas vezes é difícil ou impossível de fazer nos laboratórios reais (Abdulwahed & Nagy, 2011).
- Protegem o aluno e o equipamento de acidentes de experimentação (Abdulwahed & Nagy, 2009; Junior & Coutinho, 2007; Simões, 2008).
- Uma vez que os alunos demonstram normalmente uma maior motivação no uso de computadores nas atividades educacionais, estes possibilitam que se tire partido dessa motivação e da sua perícia na utilização dos dispositivos tecnológicos (Simões, 2008).
- Permitem interatividade (Junior & Coutinho, 2007; Simões, 2008; Tatli & Ayas, 2011).
- Eliminam tarefas repetitivas, permitindo dedicar mais tempo à análise e interpretação dos resultados das experiências (Simões, 2008).
- São bons para explicar conceitos (Junior & Coutinho, 2007).

2. Desvantagens:

- Não existe nenhuma interação com equipamentos reais, o que não permite nem ensina aos alunos o manuseamento correto do material de laboratório. Deste modo, não se estimula nem avalia a destreza física para o trabalho laboratorial (Junior & Coutinho, 2007; Simões, 2008).
- Quando o aluno utiliza o laboratório real é ensinado a ser cuidadoso tanto no manuseamento do equipamento como na utilização e armazenamento de produtos químicos. Este treino não está presente na utilização do laboratório virtual, o que pode levar o aluno a não desenvolver atitudes de responsabilidade, prevenção e confiança (Tatli & Ayas, 2011).
- Não permitem que novos resultados possam ser descobertos, já que todas as experiências são previamente programadas para serem executadas do mesmo modo, e os resultados serão sempre os mesmos (Junior & Coutinho, 2007).

2. SIMULAÇÕES ENQUANTO AMBIENTES DE APRENDIZAGEM VIRTUAIS

É frequente recorrerem-se a analogias para estabelecer relações de semelhança entre conceitos reais e determinadas situações. A utilização de um modelo para representar um sistema ou um fenómeno, como se desse sistema ou fenómeno se tratasse, constitui uma **simulação desse sistema ou fenómeno**. Se essas simulações tiverem como suporte um computador designam-se simulações computacionais, sendo estas as abordadas neste relatório.

A utilização de simulações computacionais é uma área de grande interesse, tanto do ponto de vista comercial, como educacional ou científico. Por exemplo, o simulador da cabine de comando de aviões para treinar pilotos é um dos mais conhecidos do ponto de vista comercial e educacional. Programas de simulação de acontecimentos ou de processos muito complexos (como os furacões) são muito úteis para a análise de situações de interesse científico nas várias áreas da ciência.

2.1. MODELOS E SIMULAÇÕES EDUCATIVAS

Para Jong & Joolingen (1998) simulações computacionais são programas que contêm um modelo de um sistema, natural ou artificial (por exemplo um equipamento), ou de um processo. Desta forma, definem-se por serem aplicações informáticas onde se interage com um modelo computacional (e logo matemático) consistindo na manipulação, por parte do aluno, de **variáveis de entrada** e na verificação do efeito dessa manipulação nas **variáveis de saída**. A figura 5 pretende ilustrar este processo, para um modelo computacional da força de atração gravítica entre dois corpos.

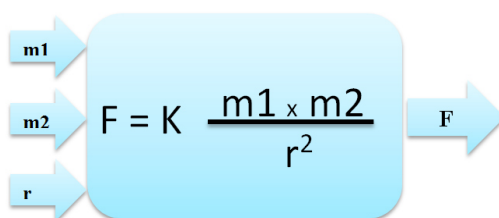


Figura 5 – Modelo matemático de um fenómeno físico: atração gravítica entre dois corpos.

A característica que define os simuladores, enquanto modelos interativos em computador, são as variáveis, existindo as variáveis de entrada (independentes) e as

variáveis de saída (dependentes), como ilustra a figura 5. Os modelos em computador têm por base funções matemáticas que determinam os valores das variáveis de saída com base nas variáveis de entrada.

O modelo representado na figura 5 contém a fórmula/função que regula a força de atração gravítica entre dois corpos, cujo valor depende da massa dos corpos ($m1$ e $m2$) e do quadrado da distância (r) entre eles. O aluno, ao manipular as variáveis de entrada $m1$, $m2$ e r , verifica qual a influência que exercem na força de atração F (variável de saída), determinando o valor de F , e levando-o à construção e compreensão do modelo matemático.

A complexidade de um modelo ou sistema aumenta com o aumento do número de variáveis de entrada, pois há fenómenos que são dependentes de muitos parâmetros. Do ponto de vista pedagógico, esta complexidade, apesar de se traduzir em fidelidade (fidelidade do simulador ou simulação), pode ser negativa pela sua complexidade. Assim, e como se verá no capítulo IV, o professor terá de adotar técnicas de simplificação do modelo, como o “congelamento de variáveis” (isto é, considerá-las constantes, não fazendo parte dos objetivos da atividade pedagógica). Por exemplo, podemos simplificar o modelo acima, considerando $m1$ como sendo sempre a massa da terra e r a distância do centro da terra à superfície. Isto limitaria o modelo à simulação da atração gravítica de um corpo na terra, não se estendendo a outros planetas.

Não existe, atualmente, uma definição consensual do que se considera ser uma **simulação educativa**. Jonassen (1996) refere que os simuladores proporcionam ambientes de aprendizagem exploratória, espaços de descoberta e simulações limitadas dos fenómenos do mundo real, permitindo aos alunos manipular, explorar e experimentar. Os alunos têm a possibilidade de criar hipóteses sobre um determinado acontecimento/fenómeno do mundo real e testar no simulador. García & Ortega (2007) consideram as simulações excelentes ferramentas para reproduzir fenómenos naturais e facilitar a sua compreensão, o que sugere a sua pertinência em usos educativos. Em suma, uma simulação educativa pode ser definida como um modelo **simplificado** de um determinado fenómeno ou atividade em que o utilizador aprende através da interação com a simulação (Alessi & Trollip, 2001).

2.2. TIPOS DE SIMULAÇÕES

As simulações de computador podem ser classificadas de várias formas dependendo do seu **grau de interatividade** (que vão desde as simples animações, onde o aluno se limita a observar o evoluir de um determinado evento, até às simulações altamente interativas). Uma primeira tipificação dos simuladores, apresentado por Macêdo & Dickmann (2009) atendendo ao nível de interação do aluno, divide as simulações em interativas e não interativas. Nas simulações não interativas (figura 6), o aluno tem pouco ou nenhum controlo sobre as variáveis da simulação, sendo normalmente o professor a manipular essas variáveis para melhor explicar o conceito, pelo que perdem o seu total potencial pedagógico. Nas simulações interativas, o aluno pode modificar as variáveis de entrada e verificar as implicações da manipulação de cada variável no resultado do fenómeno estudado (variáveis de saída), proporcionando-lhe maior controlo/autonomia. A figura 7 representa uma simulação relativa à atração gravitacional entre corpos celestes, em que o aluno pode definir posições iniciais, velocidades, e massas de 2, 3 ou 4 corpos e observar o resultado final dessa parametrização.

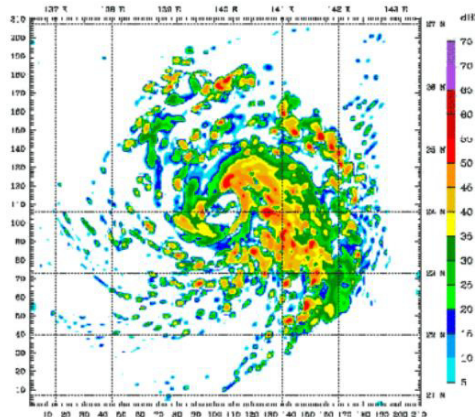


Figura 6 – Simulação relativa à criação de um tornado (o aluno não manipula variáveis) (“A 48 hour computer simulation of Typhoon Mawar using the Weather Research and Forecasting model”, 2005).

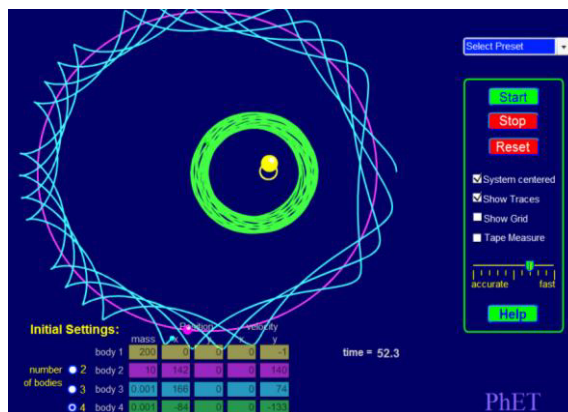


Figura 7 – Simulação de órbitas gravitacionais (University of Colorado, 2011).

Outra forma interessante de tipificar as simulações em aprendizagem é dada por Alessi & Trollip (2001), que as incluem em dois grupos, de acordo com o principal objetivo educativo: “simulações para ensinar acerca de algo” e “simulações para ensinar a fazer algo”. As simulações para ensinar acerca de algo permitem ensinar

conhecimentos e incluem as simulações físicas e as iterativas. As simulações para ensinar a fazer algo compreendem as simulações de procedimento e de situação e permitem ensinar competências e atitudes respetivamente. Esta tipificação permite ao professor enquadrar facilmente as suas matérias na lógica concetual, procedimental e atitudinal dos conteúdos programáticos.

Outro tipo de classificação, muito encontrado na literatura (Jong & Joolingen, 1998; Ribeiro & Greca, 2003), distingue as simulações conceituais e operacionais, dependendo do modelo ser conceitual ou operacional. As primeiras apresentam princípios, conceitos e fatos relacionados com o acontecimento simulado, como por exemplo a simulação da estrutura de uma molécula (Ribeiro & Greca, 2003). As simulações operacionais incluem sequências de operações cognitivas e não cognitivas (procedimentos) que podem ser aplicadas ao sistema simulado (Jong & Joolingen, 1998). A simulação da dissecação de uma rã é um exemplo de simulação operacional, pois permite que o aluno pratique os procedimentos. Jong & Joolingen, 1998 referem que as simulações operacionais são geralmente utilizadas para a aprendizagem experimental, enquanto as simulações conceituais são mais utilizadas num contexto de aprendizagem por descoberta.

As simulações conceituais e as simulações procedimentais correspondem às simulações definidas por Alessi & Trollip (2001) como “simulações para ensinar acerca de algo” e às “simulações para ensinar a fazer algo”, respetivamente.

2.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS SIMULAÇÕES

São várias as pesquisas que reportam vantagens e desvantagens sobre a utilização de simulações de computador. De seguida, enumeram-se as principais vantagens e desvantagens associadas à utilização das simulações.

Vantagens da utilização de simulações:

- Permitem controlar o intervalo de tempo, para que acontecimentos muito rápidos ou muito lentos possam ser controlados, facilitando a aprendizagem. Por exemplo em experiências de génética permitem que as gerações cheguem em segundos em vez de dias ou meses (Alessi & Trollip, 2001; Jong & Njoo, 1992; Rutten et al. (2012).

- Possibilitam controlar a complexidade da situação de aprendizagem, através da simplificação da realidade e do controlo do número de variáveis (Alessi & Trollip, 2001; Jong & Njoo, 1992; Rutten et al., 2012).
- Permitem experimentar fenómenos que poderiam ser caros, perigosos ou até mesmo impossíveis de observar no mundo real (Abdulwahed & Nagy, 2011; Alessi & Trollip, 2001; Akpan, 2001; Gil & Baggott, 2000; Jong & Njoo, 1992; Jong & Joolingen 1998; Morais & Paiva, 2007).
- Permitem economia de tempo (Gil & Baggott, 2000; Morais & Paiva, 2007).
- Vantagens do ponto de vista ético, como são o caso das experiências que envolvem seres vivos (Gil & Baggott, 2000).
- Permitem maior motivação do que as aprendizagens tradicionais, pois o aluno aprende pela execução em vez de só ouvir ou observar (Alessi & Trollip, 2001; Jonassen, 1996; Mikropoulos & Natsis, 2011).
- Permitem aprendizagem exploratória (ou descoberta científica) (Jong & Njoo, 1992).

Desvantagens da utilização de simulações:

- Se uma simulação se baseia em modelos (logo simplificações da realidade), é impossível imitar todos os pormenores (Alessi & Trollip, 2001), reduzem o realismo (Abdulwahed & Nagy, 2011) e fornecem ao aluno uma compreensão imprecisa de um problema da vida real ou do sistema (Lunce, 2006).
- As simulações são muito utilizadas em situações de aprendizagem baseada em problemas, estimulando os alunos a envolverem-se nas situações problemáticas e a experimentar diferentes abordagens, o que pode requerer mais tempo que outros métodos de ensino (Lunce, 2006).
- Nas simulações de experiências, como o aluno não manuseia os equipamentos, não há desenvolvimento de competências manuais (Abdulwahed & Nagy, 2011).

2.4. SIMULAÇÕES EM SALA DE AULA EM CENÁRIOS CONSTRUTIVISTAS

As simulações computacionais têm vindo a marcar cada vez maior presença nas salas de aula e a fazerem parte do processo de ensino-aprendizagem, devido às vantagens que podem trazer a todo o processo (referidas na secção anterior). Proporcionam assim ambientes virtuais de aprendizagem que, segundo Rutten et al. (2012) podem melhorar os processos de ensino tradicionais, sobretudo quando estão envolvidas atividades de

laboratório e, como refere Teodoro (1997), facilitar a compreensão dos fenómenos e, permitir a realização das experiências reais. A utilização de simulações pode ser de grande utilidade no trabalho de grupo, principalmente as que envolvem a tomada de decisões (Valente, 1993).

Tal como uma atividade de ensino experimental, a simulação também é interativa levando a que o aluno, através de um suporte diferente, tome decisões e encontre respostas. Assim, o aluno envolve-se no processo de ensino-aprendizagem formulando **hipóteses**, analisando dados, fazendo deduções e emitindo conclusões (Gil & Baggott, 2000). A interatividade presente nas simulações permite ao aluno modificar as condições do fenómeno, analisar as alterações observadas e reestruturar os seus modelos mentais (ao **comparar o comportamento** do fenómeno simulado com as suas **previsões**). As simulações permitem que o aluno **construa o seu próprio modelo mental do fenómeno ou do procedimento, que o explore, teste e aperfeiçoe** (Alessi & Trollip, 2001). Como refere Jonassen (1996) um aspeto muito importante dos simuladores é o facto de serem experimentais, os alunos aprendem fazendo, em vez de verem ou ouvirem uma descrição dos fenómenos, permitindo que sejam mais motivadores do que as atividades de aprendizagem tradicionais, possibilitando, segundo Jong (1991) a criação de ambientes de aprendizagem propícios à construção do conhecimento. A criação de um ambiente interativo de “aprender fazendo”, presente nas simulações, permite ao aluno estar mais envolvido e ter uma participação mais ativa na elaboração do conhecimento (Morais & Paiva, 2007).

Analisando o âmbito de aplicação das simulações, conclui-se que este recurso pode ser útil nos vários domínios da educação. No caso das ciências, o papel das simulações torna-se relevante quando se recorre, frequentemente, a modelos abstratos para representar uma realidade onde muitos processos são dinâmicos e existem numerosos acontecimentos que não são observáveis, sendo por isso difícil ou mesmo impossível utilizar uma abordagem ao conteúdo via experimental. Os manuais escolares, mesmo contendo bons exemplos, levantam alguns problemas quando os alunos têm que visualizar bem um conceito para fazer previsões e o aplicar a novas situações. As simulações permitem superar estas limitações, de acordo com Mintzes, Wandersee & Novak (2000) ajudam os alunos de ciências a **construírem** melhores modelos científicos da natureza.

Uma simulação educativa pretende motivar o aluno a envolver-se na resolução de problemas, na aprendizagem experiencial, na construção de esquemas e no desenvolvimento de modelos mentais e a testar hipóteses (Duffy & Cunningham, 1996; Winn & Snyder, 1996 citados por Lunce, 2006). Segundo Alessi & Trollip (2001), as simulações melhoram a motivação dos alunos para aprender, uma vez que se espera que estejam mais motivados a participar numa determinada atividade, do que apenas a observarem essa mesma atividade (por exemplo é mais interessante voar num avião simulado do que ler acerca de voar nesse avião).

2.5. OS SIMULADORES NA ABP

Vekli & Cimer (2012) referem que são vários os estudos que indicam que práticas de aprendizagem baseadas em problemas, assistidas por computador, melhoram a capacidade dos alunos para compreender conceitos, prever e estabelecer relações entre assuntos e chegar a soluções. Também Jonassen (2011) defende que na construção de ambientes de aprendizagem baseados em problemas podem ser utilizados diversos componentes educacionais (“andaimes” – scaffolds), nomeadamente as simulações que, através da experimentação, ajudam os alunos a interpretar e a resolver os problemas.

Para os alunos aprenderem a resolver problemas devem envolver-se com eles, cometer erros, fazer conjecturas sobre soluções e discutir qual é a melhor solução, estruturando assim os conhecimentos adquiridos (Jonassen, 2011). Assim, as simulações computacionais podem fornecer os ambientes para formar esse contexto, permitindo-lhes adquirir experiência do mundo real e facilitar-lhes a compreensão de assuntos abstratos (Vekli & Cimer, 2012). Uma vez que a ABP se baseia na prática, os alunos devem praticar a resolução de problemas e não apenas aprender o método de resolução. É importante que os alunos pratiquem e recebam *feedback*, desempenhando as simulações computacionais um papel importante para treinar os diversos tipos de problemas, na medida em que proporcionam ambientes nos quais os alunos manipulam os dados de um problema e recebem *feedback* sobre os efeitos.

Deste modo, as simulações permitem a criação de **ambientes exploratórios**, proporcionando aos alunos oportunidades para testar as relações de causa-efeito entre os diversos fatores do problema. O *feedback* vai permitir ao aluno rejeitar ou confirmar a

compreensão sobre as relações representadas pelo seu modelo mental do problema (Jonassen, 2011).

2.6. SIMULADORES NA BIOLOGIA

Existem muitos estudos que procuraram conhecer as melhores formas de implementação das simulações educativas em sala de aula. Em relação à utilização desta metodologia na biologia, salientam-se os artigos de Lunce (2006) e Rutten et al. (2012) que fazem uma boa revisão de literatura em relação aos estudos nesta área, e que indicam que:

- se deve dar tempo suficiente aos alunos para se familiarizarem com o *software* da simulação antes de iniciar as atividades de aprendizagem (Lunce, 2006);
- as simulações podem motivar os alunos a envolverem-se ativamente na sua própria aprendizagem (Lunce, 2006);
- os benefícios da utilização de simulações na educação só podem ser alcançados se os alunos forem orientados e supervisionados durante a exploração da simulação (Lunce, 2006);
- a presença do professor, apoio e *feedback* são cruciais para o uso eficaz das simulações em ambientes de ensino (Lunce, 2006);
- as simulações podem facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos complexos da ciência e ajudar os alunos a ultrapassar concepções erradas (Lunce, 2006; Rutten et al., 2012);
- proporcionam melhorias no conhecimento, no desempenho, na percepção do ambiente de aula e na atitude dos alunos face ao assunto (Rutten et al., 2012);
- influenciam positivamente a satisfação, a participação e a iniciativa dos alunos (Rutten et al., 2012);
- melhoram a capacidade para prever resultados de experiências (Rutten et al., 2012);
- permitem a diminuição do tempo necessário para o estudo do tema (Rutten et al., 2012).

CAPÍTULO IV – PROJETO DE INTERVENÇÃO

Para a realização da investigação descrita neste relatório, procedeu-se à implementação de um projeto constituído por várias atividades de aprendizagem, utilizando o simulador. Assim, neste capítulo, procede-se à caracterização da escola e da turma, apresentam-se os objetivos de aprendizagem, justifica-se a escolha do simulador StarGenetics e faz-se uma descrição do planeamento das atividades propostas aos alunos, à luz do enquadramento teórico deste relatório.

1. CARATERIZAÇÃO DO CONTEXTO

A escola em que foi realizado este estudo localiza-se em Ourém, distrito de Santarém. Trata-se de uma escola Básica e Secundária, com alunos do quinto ao décimo segundo ano de escolaridade. A escola sofreu intervenção da Parque Escolar há quatro anos, encontrando-se neste momento atualizada, quer ao nível das instalações, quer dos equipamentos.

A turma que participou nesta investigação frequenta o décimo segundo ano do curso de Ciências e Tecnologias. É composta por vinte e sete alunos, nove rapazes e dezoito raparigas, com uma média de idades de 16,9 anos. Segundo a professora de biologia, a turma tem um bom aproveitamento, existindo apenas dois alunos com retenções ao longo do percurso escolar. Destaca-se ainda o facto de todos os alunos terem computador em casa com acesso à internet, o que pode denotar alguma literacia informática.

A investigadora é docente de biologia há dezanove anos, dos quais, quinze nesta escola, no entanto, como não é professora da turma, recorreu às aulas da professora de biologia para proceder à investigação. Considera-se assim que, para realizar este estudo, a escolha da escola e da turma foi intencional. Embora todos os alunos da turma tenham participado nas atividades concebidas, neste estudo apenas se teve em consideração os dados referentes a oito alunos. A seleção dos alunos teve por base referências dadas pela professora de biologia da turma, nomeadamente os alunos mostrarem interesse em participar, gostarem de colaborar e serem espontâneos. Os oito alunos participantes foram acompanhados pela investigadora e os restantes ficaram a desenvolver as mesmas atividades com a professora de biologia.

2. OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E METODOLOGIAS

Na perspetiva de que ensinar biologia não deve ser a de transmitir conhecimentos, mas sim a de criar ambientes de ensino-aprendizagem favoráveis à construção ativa do saber e do saber-fazer, a investigadora planeou atividades para abordar os conteúdos da unidade curricular relativos ao **Património genético** da biologia do 12º ano, tendo por base as orientações curriculares do programa da disciplina e os objetivos de aprendizagem. De referir que, no que diz respeito ao uso de simuladores em sala de aula, e como referido no enquadramento teórico, estes são especialmente adequados em ambientes de aprendizagem construtivistas. Desta forma, e como será explicado nas secções seguintes, conceberam-se atividades baseadas no uso de um simulador, sob orientação de uma ficha de trabalho que foi especialmente criada para potenciar a metodologia de aprendizagem baseada em problemas.

Na tabela 1 apresentam-se os objetivos de aprendizagem relativos a cada conteúdo.

Tabela 1 – Conteúdos curriculares e objetivos de aprendizagem.

Conteúdo curricular	Objetivos de aprendizagem
Transmissão de uma característica hereditária – monoibridismo e cruzamento teste	<ul style="list-style-type: none">- Demonstra se uma característica é dominante ou recessiva.- Interrelaciona os conceitos de genótipo, fenótipo, homozigótico, heterozigótico, dominante e recessivo.- Interpreta resultados de cruzamentos.- Mostra que só o cruzamento com o homozigótico recessivo permite determinar, de forma imediata, o genótipo de um indivíduo que manifeste fenótipo dominante.
Hereditariedade ligada ao sexo	<ul style="list-style-type: none">- Demonstra que a característica cor dos olhos está ligada ao sexo. Para este objetivo consideram-se dois sub-objetivos:<ul style="list-style-type: none">(i) Inferir, através da análise das percentagens fenotípicas da descendência, a ligação ao sexo da característica “cor dos olhos” na <i>Drosophila</i>.(ii) Compreender a ligação ao sexo da característica “cor dos olhos” na <i>Drosophila</i>.
Hereditariedade: autossómica e ligada ao sexo	<ul style="list-style-type: none">- Aplicar os conhecimentos adquiridos, para resolver exercícios de hereditariedade: autossómica e ligada ao sexo.

3. A ESCOLHA DO SIMULADOR

Utilizou-se a aplicação StarGenetics, desenvolvida pela faculdade de biologia do MIT. Trata-se de um simulador de cruzamentos de genética, que possibilita aos alunos a realização de experiências virtuais e a aprendizagem de conceitos de genética. Este simulador permite que os alunos realizem cruzamentos virtuais entre organismos geneticamente diferentes, no caso desta investigação utilizam-se moscas *Drosophilas*, para determinadas características e que, posteriormente, analisem os resultados e a natureza das características em questão. Na figura 8 pode observar-se um pormenor da interface do simulador StarGenetics exibindo os resultados dos cruzamentos entre duas *Drosophilas*.

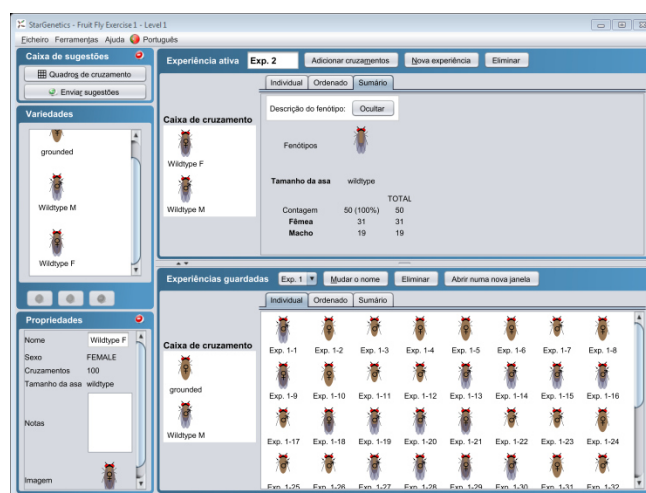


Figura 8 – Interface do simulador StarGenetics (Massachusetts Institute of Technology, 2013).

O StarGenetics é um simulador *online*, disponível em <http://star.mit.edu/genetics/index.html>. Dado não existir uma versão em português, e atendendo a que os alunos iriam interagir de uma forma bem mais fácil e imediata com a sua língua materna, a investigadora contactou os criadores do StarGenetics com o intuito de averiguar a possibilidade da investigadora traduzir o interface do StarGenetics de inglês para português. A sugestão foi aceite com agrado e procedeu-se à tradução do interface do programa do MIT para português (Anexo 1). Os criadores do StarGenetics publicitaram a versão portuguesa desenvolvida, encontrando-se disponível em http://star.mit.edu/genetics/runapp_beta.html.

O StarGenetics é um simulador interativo, permitindo ao aluno construir a sua simulação de experiência (manipular variáveis de entrada, como o tipo de mosca a

cruzar ou o número de descendentes) e verificar as suas implicações nos resultados. O simulador gera, enquanto variáveis de saída, a descendência, de acordo com a teoria das probabilidades; apresenta síntese dos resultados e permite que o aluno utilize o quadro de cruzamento (xadrez mendeliano).

O simulador StarGenetics está incluído, de acordo com a classificação de Jong & Joolingen (1998) e Ribeiro & Greca (2003), nas simulações conceituais uma vez que permite obter o resultado da experiência, e não acompanhar o processo/procedimento, possibilitando o ensino-aprendizagem de conhecimentos/conceitos. Acrescenta-se ainda que ensinar ao aluno o procedimento não é um objetivo curricular deste conteúdo programático. A simulação possibilita ao aluno construir e testar hipóteses e observar os resultados, proporcionando-lhe uma aprendizagem de conceitos de hereditariedade por descoberta.

A opção pelo StarGenetics prendeu-se ainda com um outro fator também muito importante, a possibilidade dos docentes poderem construir os seus exercícios (e não somente usar os exercícios feitos pelos autores do programa e disponibilizados com o próprio simulador) tornando-os altamente personalizáveis.

A edição dos exercícios/experiências é relativamente simples, usando um modelo em formato Excel oferecido pelo StarGenetics, como ilustra a figura 9.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Organisms for mating: this tab defines the organisms presented by StarGenetics to the users														
2															
3	INSTRUCTIONS														
4	NOTE: Information within the 'Traits' and 'Determinants' columns is not read by the software and is used to assist with problem development.														
5															
6	1. Create a column for each of the organisms that you would like StarGenetics to present to the users.														
7															
8	2. Assign a name for each of the organisms provided to the users and place that name as a column header. This name will be presented to the users.														
9															
10	3. Describe the following traits for each of the organisms provided to the users:														
11	- Sex: XX or XY														
12	- Genotype for each gene/allele in question: annotate the genotype for each of the organisms. Use a separate cell for each allele/gene and comma to separate alleles (Order of the alleles does not matter).														
13															
14															
15	INPUT														
16	Trait	Determinants	Selvagem	Mutante 1	Mutante 2	Selvagem M									
17	Sex	X,Y	XX	XY	XX	XY									
18	Body color	B,b	B,B	b,b	b,b	B,B									
19															
20															
21															
22															

Figura 9 – Folha de cálculo em Excel que serve de base aos exercícios utilizados no simulador (Massachusetts Institute of Technology, 2013). O docente altera/configura variáveis disponibilizadas em tabelas e organizadas em separadores.

Assim, e em jeito de súmula, do ponto de vista da docência, este simulador tem as seguintes vantagens:

- possibilidade de construir para este estudo exercícios de acordo com os objetivos programáticos nacionais, específicos da biologia de 12  ano;
- possibilidade de construir para este estudo exercícios de acordo com princípios pedagógicos específicos, onde se controlam variáveis para adequar a complexidade do modelo, podendo as atividades implementadas serem desenvolvidas no sentido de irem do mais simples para o mais complexo.

Ao permitir configurar uma amostra, através de uma folha de cáculo Excel, o simulador StarGenetics permite controlar a fidelidade da simulação, entendendo-se por fidelidade de uma simulação a proximidade que estabelece com o sistema ou fenómeno real (Alessi & Trollip, 2001). Da revisão de literatura efetuada, pode constatar-se que, por vezes, um modelo demasiado simplista não se aproxima ao real e o aluno não aprende, mas, por sua vez, configurar muitas variáveis pode tornar o modelo demasiado complexo e o aluno fica confuso. A investigadora, aqui no papel de professora, procurou assim, por razões pedagógicas, gerir a complexidade, equilibrando as variáveis, simplificando a realidade, acrescentando, no entanto, novas variáveis em exercícios posteriores. Esta abordagem baseia-se na fidelidade da simulação, por ser um aspeto importante e que deve ser levado em consideração, pois afeta a aprendizagem inicial do aluno, o seu desempenho durante a simulação e a aplicação do novo conhecimento a novas situações (transferência de aprendizagem) (Alessi & Trollip, 2001).

4. ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA

A disciplina de biologia do 12  ano tem uma carga horária de dois blocos de 90 minutos semanais, tendo um dos blocos a presença da turma inteira (aulas mais teóricas) e, no outro, a turma dividida em dois turnos (para aulas laboratoriais). Uma vez que a investigadora não é a professora da turma, como referido, foi necessária articulação com a professora da disciplina de biologia.

Para lecionar a unidade curricular **Patrim nio Genético** a docente da disciplina planeou usar dez aulas (de 90 minutos cada), tendo a investigadora desenvolvido as atividades do seu projeto de intervenção em quatro dessas aulas. As atividades da

investigadora decorreram nas aulas em que a turma se encontrava dividida em turnos. Assim, e de acordo com o esquema da figura 10, que representa a sequência dos conteúdos abordados durante as 10 aulas, a intervenção da investigadora decorreu nas aulas 2, 3, 8 e 10 (representadas a laranja na figura).

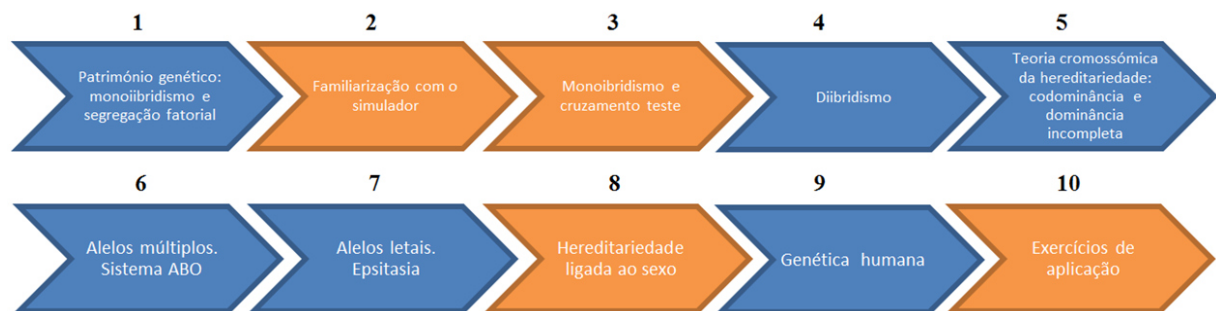


Figura 10 – Esquema com a planificação dos conteúdos abordados na unidade curricular Património Genético.

A sequência das atividades pedagógicas concebidas pela investigadora, para o estudo da transmissão das caraterísticas hereditárias, com recurso ao simulador StarGenetics, foi desenvolvida no sentido de ir das mais simples para as mais complexas e respeitando a inerente sequencialização do conteúdo em causa, isto é, se o conteúdo a ensinar na atividade N pressupunha o conhecimento de um conteúdo prévio, este último era ensinado na atividade N-1. Esta sequencialização vai ao encontro das sugestões metodológicas do programa da disciplina de biologia do 12ºano, apresentadas no Capítulo II.

Para a implementação das atividades deste projeto a investigadora frequentou, com a autorização da escola e da professora da turma, as aulas laboratoriais, permitindo à investigadora trabalhar com 4 alunos de cada turno enquanto os restantes alunos realizaram as mesmas atividades com a professora da disciplina. As atividades implementadas foram realizadas em grupos, constituídos por dois alunos, atendendo quer às limitações técnicas quer à experiência da investigadora que, enquanto docente de biologia há dezanove anos, tem constatado que o trabalho de grupo promove a partilha de ideias, gera discussão de pontos de vista de forma mais espontânea, os alunos sentem-se mais seguros, tornam-se mais autónomos (requisitando menos o apoio do professor), exploram mais os assuntos e promove a compreensão e aprendizagem através da colaboração mútua.

Dada a natureza do StarGenetics, a investigadora entendeu que no decorrer das atividades, e uma vez que a simulação não o faz, deveria ir dando algum *feedback* aos alunos durante a resolução de problemas, por considerar que este é favorável à aprendizagem. Durante a resolução das fichas de trabalho este *feedback* pretendeu orientar o aluno para a construção do conhecimento, já que estas foram concebidas com esse fim e de acordo com os pressupostos de Vigostky, permitir-lhe chegar à ZDP.

Foi planeada uma primeira aula para dinamizar a atividade de preparação e ir ao encontro do estudo divulgado por Lunce (2006) (referido no capítulo III), no qual refere que se deve dar tempo suficiente aos alunos para se familiarizarem com o *software* da simulação antes de iniciarem as atividades de aprendizagem. Assim, na aula 1 a investigadora fez uma demonstração do simulador que era acompanhada pelos alunos nos seus próprios computadores. De seguida, os alunos exploraram livremente as funcionalidades do simulador e resolveram um exercício, no intuito de ficarem mais à vontade com o simulador. No final, a investigadora, no papel de professora, procurou perceber se os alunos haviam compreendido a filosofia de interação/interatividade do simulador, e despistar eventuais influências da não-compreensão da utilização do *software* nos resultados, fazendo um questionário oral aos alunos participantes do estudo (Anexo 2).

5. CONCEÇÃO DAS FICHAS DE TRABALHO

Como refere Sved (2010) a utilização dos simuladores permite implementar duas atividades importantes para apoiar as aulas de genética: as experiências e a resolução de problemas. Deste modo, as fichas elaboradas para utilizar o simulador enquanto recurso assentam nestas duas metodologias. Além disso, e sendo estas metodologias de natureza construtivista, as fichas de trabalho que orientaram as atividades da aula foram concebidas para permitir que seja o aluno o construtor do conhecimento, baseando-se em conhecimentos pré-adquiridos. Desta forma, e à luz do construtivismo, mais do que realçar os conceitos, há que dar oportunidade ao aluno de construir a ligação entre esses conceitos.

Nessa perspetiva, e considerando os objetivos da investigação, uma ferramenta interessante para planear as fichas de trabalho são os mapas de conceitos (*concept maps*). Nestes esquemas, podemos ver o conhecimento representado sob a forma de

uma rede, constituída por nós (ou nodos) e a ligação entre esses nós. Assim, o conhecimento registado nesses mapas é visto como aquisição de conceitos/factos (os nodos) e como relacionamento entre esses conceitos/nodos. Este último aspeto (a relação entre conceitos), e como já mencionado, é um ponto chave do construtivismo, ou seja, quando um aluno relaciona dois conceitos (nós da rede) estabelece (constrói) uma ligação entre os mesmos, “aprendendo” construtivamente.

Pretendendo que os alunos construam uma estrutura mental de novo conhecimento, a investigadora, enquanto professora da disciplina de biologia do 12º ano e conhecedora dos erros que os alunos cometem frequentemente (associações erradas entre conceitos), elaborou diagramas orientadores -mapas de conceitos- ou seja, considerou necessário desenhar atividades que permitissem aos alunos construir novo conhecimento e na eventualidade de possuírem o conhecimento errado, desconstruí-lo e readaptá-lo.

No mapa de conceitos da figura 11 apresenta-se o modelo gráfico que a investigadora usou para planejar as atividades, apresentadas nas secções seguintes.

Neste modelo:

- retângulos representam os conceitos que à partida os alunos já adquiriram;
- linhas azuis representam as associações entre conceitos que os alunos também já possuem;
- linha descontínua vermelha representa o conhecimento que alguns alunos costumam apresentar e que, por estar errado, deve ser desconstruído;
- linha contínua de cor verde representa as relações e o conhecimento que se pretende que o aluno construa (objetivos de aprendizagem curriculares).

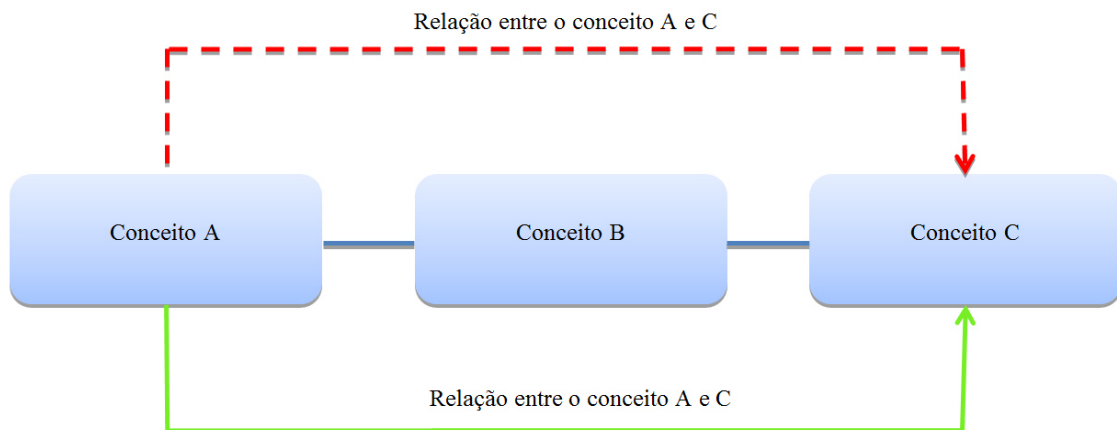


Figura 11 – Mapa de conceitos representativo de um conhecimento construído, com base em conhecimentos já adquiridos, e do conhecimento desconstruído.

Atividade 1: avaliação diagnóstica

Para ir ao encontro do que defende Barrett (2005), de que na implementação de atividades apoiadas em ABP se deve partir do **conhecimento prévio** dos alunos, preparou-se uma ficha de trabalho para aferir o conhecimento que possuíam sobre o tópico “Transmissão de uma característica hereditária – monoibridismo”. Assim, os alunos irão resolver uma ficha de trabalho (Anexo 4), baseada na resolução de problemas com exploração do simulador, sobre transmissão da característica “tamanho da asa” na *Drosophila*.

Pretende-se com a primeira atividade conhecer o quanto os alunos estão familiarizados com os conteúdos que deviam estar pré-adquiridos, uma vez que já haviam sido lecionados pela professora da disciplina em contexto de sala de aula tradicional. Era importante conhecer o “ponto de partida” dos alunos relativamente aos conteúdos adquiridos, para que, se necessário, se adaptassem as fichas de resolução de problemas das atividades seguintes.

Atividade 2: construção de conhecimento

Nesta atividade, o conteúdo curricular a trabalhar é o de “cruzamento-teste”. Assim, no mapa de conceitos da figura 12 representam-se os conceitos que se pretendem que os alunos relacionem: “Ser vivo com fenótipo dominante e genótipo desconhecido” com “Genótipo homozigótico ou genótipo heterozigótico”. A relação com os conceitos de “fenótipo, genótipo, dominante, recessivo, homozigótico e, heterozigótico”, que os alunos já possuem (aprendidos nas aulas

anteriores com a professora de biologia), já fazem parte do seu mapa mental de associações.

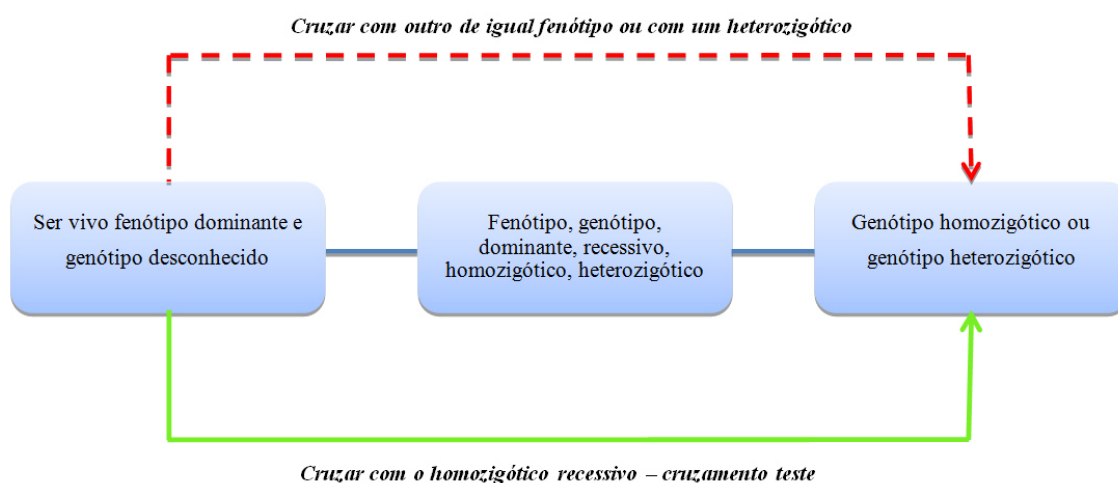


Figura 12 – Mapa de conceitos representativo de um conhecimento construído, com base em conhecimentos já adquiridos, e do conhecimento desconstruído para a atividade 2.

Para que os alunos possam construir o conhecimento têm que compreender que só cruzando um “Ser vivo com fenótipo dominante e genótipo desconhecido” com um ser vivo “homozigótico recessivo – cruzamento teste” conseguem descobrir, da forma mais imediata, se esse ser possui “genótipo homozigótico ou genótipo heterozigótico”. O conhecimento a construir, à luz do construtivismo, faz-se ligando os conceitos de “Ser vivo com fenótipo dominante e genótipo desconhecido” com “Genótipo homozigótico ou genótipo heterozigótico”, estabelecendo a ligação “cruzar com o homozigótico recessivo – cruzamento teste”. O conhecimento “Cruzar com outro de igual fenótipo ou com um heterozigótico”, no caso de existir, é errado e deve ser desconstruído.

Para que a associação e construção dos conceitos representados no mapa seja possível, a investigadora concebeu a ficha de trabalho (anexo 3) de forma a que os alunos sejam solicitados a resolver problemas através do simulador sobre a transmissão da característica “tamanho da asa” na *Drosophila* (tendo por base os conceitos já adquiridos, representados no mapa de conceitos). Os alunos serão confrontados com problemas que os levam a colocar hipóteses e a realizar experiências virtuais para testarem essas hipóteses. A explicação dos resultados obtidos permite-lhes aplicar e consolidar os conhecimentos teóricos adquiridos anteriormente e adquirir o novo conceito de cruzamento teste, que não foi abordado

pela professora da disciplina na sua aula (mas que faz parte do estudo do monoibridismo). Durante o processo, a investigadora, enquanto docente, encorajará os alunos a verbalizarem os processos cognitivos que utilizam na resolução dos problemas, questionando-os sobre as opções que vão tomando e os resultados obtidos. Esta estratégia pedagógica também interessará enquanto instrumento de recolha de dados pela investigadora, a analisar posteriormente, e será abordada com mais detalhe no capítulo da metodologia.

A ficha de trabalho não é constituída por perguntas de resposta direta que implicariam o uso do simulador como ferramenta para dar à professora uma resposta direta e imediata, por isso, a ficha é constituída por problemas que obrigam os alunos a recorrer ao simulador para formulação de hipóteses e simulação experimental. Assim, numa perspetiva construtivista, os alunos constroem o conhecimento de acordo com o mapa de associações que serviu de base aos problemas da ficha.

Atividade 3: construção de conhecimento

Durante esta atividade os alunos serão desafiados a utilizar o simulador para aprenderem/compreenderem a “transmissão de caraterísticas ligadas ao sexo”, um conteúdo que nunca terá sido abordado pela professora da disciplina.

A investigadora concebeu dois mapas de conceitos, representativos do mapa de associações que se desejava que os alunos construíssem relativamente à transmissão de caraterísticas ligadas ao sexo. Para operacionalizar os conceitos do diagrama utilizar-se-á a transmissão da caraterística “cor dos olhos” na *Drosophila*, podendo no entanto, ser generalizado à transmissão do daltonismo ou da hemofilia no Homem.

Os alunos possuíam o conhecimento de que nas experiências de Mendel não tinha sido relevante que um determinado fenótipo pertencesse à fêmea ou ao macho, isto é, os cruzamentos direto ou o recíproco não conduziram a resultados diferentes. A resolução de problemas com o simulador permitirá que os alunos constatem que os resultados obtidos no cruzamento recíproco serão diferentes dos obtidos no cruzamento direto, não se verificando a uniformidade fenotípica, prevista por Mendel, nos descendentes da primeira geração. Portanto, numa primeira etapa

conceberam-se problemas para que os alunos verificassem que, contrariamente àquilo que já sabem, nem sempre na transmissão de características os resultados obtidos nos cruzamentos direto e recíproco são iguais, mas são influenciados pelo sexo dos progenitores. Assim, a ficha foi elaborada com o intuito de provocar conflito cognitivo, permitindo-lhes aprender, na medida em que têm que destruir um conhecimento (o que está errado) e construir o correto, o novo conhecimento.

De acordo com o mapa de conceitos da figura 13, pode-se sistematizar a seguinte informação:

- Conhecimentos adquiridos anteriormente: características dos pais, características dos filhos, cruzamento direto, cruzamento recíproco.
- Conhecimento a desconstruir: transmissão (hereditariedade): resultados sempre iguais nos cruzamentos direto e recíproco.
- Conhecimento a construir: resultados diferentes nos cruzamentos direto e recíproco – hereditariedade ligada ao sexo.

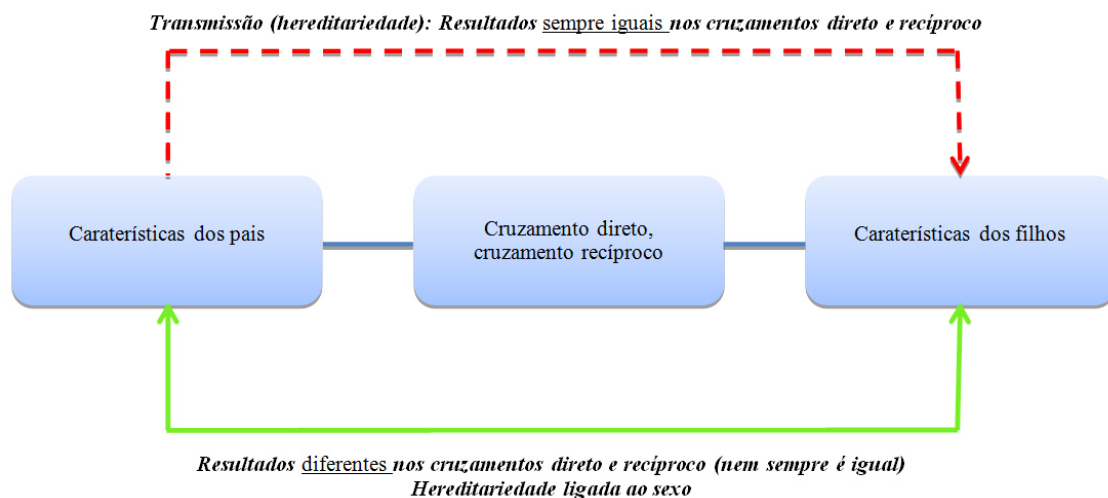


Figura 13 – Mapa de conceitos representativo de um conhecimento construído, com base em conhecimentos já adquiridos, e dos conceitos desconstruídos para a atividade 3.

A construção do conhecimento “Hereditariedade ligada ao sexo” faz-se relacionando as características dos pais com as características dos filhos e estabelecendo a ligação com o facto de os resultados serem diferentes nos cruzamentos direto e recíproco.

O segundo mapa de conceitos concebido para a atividade tem por base a construção do conhecimento efetuado com as associações mentais previstas no diagrama da

figura anterior (figura 13), ou seja, a transmissão da característica “cor dos olhos” da *Drosophila* está ligada ao sexo. De acordo com o mapa de conceitos da figura seguinte (figura 14):

- Conhecimentos adquiridos: genótipo dos pais, genótipo dos filhos, hereditariedade ligada ao sexo, cromossomas sexuais, cromossomas homólogos, transmissão do cromossoma X, gene alelo.
- Conhecimento a desconstruir: Cromossoma ligado ao sexo do progenitor (ex: masculino) afeta sempre os descendentes do mesmo sexo.
- Conhecimento a construir: Cromossoma ligado ao sexo do progenitor (ex: masculino) nem sempre afeta os descendentes do mesmo sexo.

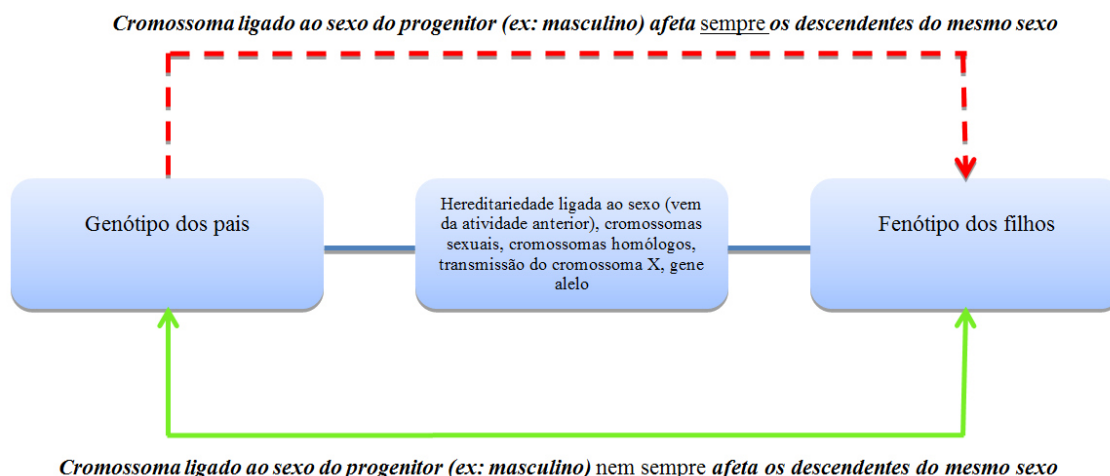


Figura 14 – Mapa de conceitos representativo de um conhecimento construído, com base em conhecimentos já adquiridos, e dos conceitos desconstruídos para a atividade 3.

Utilizando uma metodologia semelhante à da atividade anterior, ou seja, utilizando a ficha de trabalho (Anexo 4), os alunos irão colocar hipóteses, realizar experiências para averiguar como se processa a transmissão da característica “cor dos olhos” na *Drosophila*, partindo do conhecimento de que está ligada ao sexo. Trata-se de um caso de transmissão de características hereditárias diferente dos estudados até ao momento, que irá permitir aos alunos, com base em aprendizagens anteriores, construir conhecimento (com a devida orientação da investigadora que acompanha o processo enquanto docente). Apesar de os alunos saberem que o genótipo dos pais influencia o fenótipo dos filhos, é importante que construam conhecimento estabelecendo a ligação entre esses conceitos com o de “o

cromossoma ligado ao sexo do progenitor nem sempre afeta os descendentes do mesmo sexo”.

A investigadora irá continuar a estimular os alunos para verbalizarem as ideias que fundamentam as suas opções e a questioná-los sobre a aspetos relevantes da atividade que se encontram a desenvolver.

Atividade 4: avaliação de conhecimentos

A ficha que os alunos irão resolver na atividade 4 (Anexo 5) irá ser utilizada como instrumento de avaliação, uma vez que foi planeada para que apliquem os conhecimentos adquiridos nas atividades anteriores. A avaliação da ficha permitirá constatar se os alunos aprenderam, ou não, os conhecimentos.

Durante esta atividade os alunos irão realizar experiências e resolver problemas, para descobrir qual o tipo de transmissão hereditária que possibilita que um determinado fenótipo mutante seja transmitido dos pais para a descendência.

Considerações finais

O cenário educativo construído, tendo em conta as restrições do tempo, resulta em quatro atividades operacionalizadas através de fichas de trabalho com exploração do simulador, durante três aulas. As atividades exploratórias das fichas caracterizam-se pela observação, interação e análise das simulações por parte do aluno, com o intuito de lhe permitir a perceção e a compreensão das relações existentes entre as variáveis e os conceitos pertinentes do modelo teórico, subjacentes à simulação.

CAPÍTULO V – METODOLOGIA

Atendendo à natureza da questão de investigação e aos respetivos objetivos, considerou-se que uma metodologia qualitativa seria a mais adequada. Assim, neste capítulo, apresentam-se as opções metodológicas e a respetiva fundamentação, segue-se a caracterização das técnicas e instrumentos de recolha de dados e os procedimentos de análise e tratamento dos dados. Por último, tecem-se algumas considerações relativas à credibilidade e aos princípios éticos da investigação.

1. OPÇÕES METODOLÓGICAS

A escolha de uma metodologia, em qualquer investigação, é orientada pelo problema e pelos objetivos de forma a garantir resultados válidos e fiáveis, conducentes a conclusões coerentes e consistentes (Bogdan & Biklen, 2010). Considerando o problema e a natureza da questão/objetivos de investigação, onde se pretende descrever um processo de aquisição de conhecimento por construção, utilizando um simulador como recurso, considerou-se ser a metodologia qualitativa, do tipo estudo de caso, a que melhor servia as finalidades da investigação.

1.1. INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA

A metodologia qualitativa baseia-se no paradigma naturalista, interpretativo ou construtivista (Coutinho, 2013; Meirinhos & Osório, 2010). Este paradigma adota a convicção de que existem várias realidades, "sob a forma de construções mentais, social e experimentalmente localizadas", isto é, cada realidade baseia-se nas perceções dos indivíduos e o conhecimento dessas realidades só tem sentido para uma determinada situação e para um contexto específico (Coutinho, 2013). A abordagem interpretativa/qualitativa das questões sociais e educativas procura entrar no mundo pessoal dos sujeitos e conhecer as suas interpretações das situações e que significado tem para eles.

Na investigação qualitativa utilizam-se preferencialmente técnicas de observação, com a finalidade de obter dados no meio natural em que ocorrem e, de acordo com Coutinho (2013), a observação é realizada, habitualmente, com a participação ativa do investigador. No presente estudo o foco concentra-se no grupo específico de alunos e na atividade que se desenvolve na sala de aula. O papel da investigadora

neste estudo requer a sua participação ativa interagindo com os alunos, uma vez que não se pode demitir das suas funções de professora, estando assim integrada no campo de observação. A investigadora acompanha todo o processo de perto e em interação com os alunos, desempenhando o papel de observadora participante, utilizado quando o investigador é membro do grupo que estuda (Coutinho, 2013). Como refere Rodriguez et al (1999) citado por Meirinhos & Osório (2010), a observação participante é um método interativo de recolha de informação que requer o envolvimento do investigador nos acontecimentos e fenómenos que está a observar. O investigador dispõe de diferentes meios para registar as suas observações. Pode registá-las no local, mas pode também limitar-se a observar e escrever a seguir. Podem-se utilizar diversos registos: escritos, vídeo ou áudio.

De acordo com Bogdan & Biklen (2010) a investigação qualitativa apresenta cinco características:

- a fonte direta dos dados é o ambiente natural dos participantes, e o principal responsável na recolha desses mesmos dados é o investigador;
- os dados recolhidos têm essencialmente um carácter descritivo, que significa ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas;
- o investigador interessa-se mais pelo processo em si do que propriamente pelos resultados ou produtos;
- a análise de dados é feita de forma indutiva, pois o investigador utiliza parte do estudo para perceber quais as questões mais importantes, construindo as abstrações à medida que os dados específicos se agrupam;
- o investigador interessa-se pelas perspetivas dos participantes, por tentar apreender o significado que os participantes atribuem às suas experiências.

Como a questão de investigação e os objetivos delineados sugeriam a descrição de um processo educativo aquando da introdução de um ator tecnológico (contexto tecnológico), considerou-se a metodologia qualitativa a mais adequada.

A metodologia qualitativa utiliza uma grande variedade de métodos que podem ser utilizados pelo investigador para abordar o problema. De acordo com a finalidade e o nível de profundidade da descrição pretendida, optou-se por um método de estudo de caso.

1.2. ESTUDO DE CASO

De entre os diferentes tipos de desenho de investigação qualitativa, a opção nesta investigação por uma metodologia de estudo de caso, teve em conta o que refere Ponte (2006, p.2), para quem o estudo de caso se torna particularmente útil quando se procura compreender algum problema ou situação particular em profundidade:

É uma investigação que se assume como particularística, isto é, debruça-se deliberadamente sobre uma situação específica que se supõe ser única em muitos aspetos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico e, desse modo, contribuir para a compreensão global do fenómeno de interesse.

Já Yin (1994) citado por Coutinho (2013), refere que o estudo de caso é uma investigação empírica que pretende saber o “como” e “porquê”, debruça-se sobre um fenómeno contemporâneo no seu contexto real, em que as fronteiras entre o fenómeno e o contexto não são evidentes, e é um processo no qual são necessárias múltiplas fontes de evidência para o caracterizar.

Ponte (2006) refere que um estudo de caso, só por si, não é uma metodologia de investigação bem definida, podendo ser utilizada por outros paradigmas metodológicos, indicando no entanto, algumas características desta abordagem metodológica:

- cariz essencialmente descritivo, o investigador apoia-se numa descrição completa do objeto de estudo;
- não é experimental, é utilizado quando não se tem controlo sobre os acontecimentos;
- investigação empírica, recorre essencialmente ao trabalho de campo ou à análise documental. Estuda “algo” no seu contexto real e recorrendo a múltiplas fontes de dados, como por exemplo entrevistas, observações, documentos, diários, registos áudio e vídeo, questionários, narrativa, cartas.

De acordo com Coutinho (2013) podemos ainda acrescentar mais alguns aspetos a um estudo de caso: o caso é “um sistema limitado”; é um caso sobre algo e tem de haver sempre a preocupação de preservar o carácter “único, específico, diferente, complexo do caso”.

Apesar de os estudos de caso serem muito comuns na investigação de natureza qualitativa, também podem ser realizados em abordagens preferencialmente quantitativas ou de carácter misto (Coutinho, 2013; Ponte 2006). Yin (2005) citado por Meirinhos & Osório (2010) refere que os estudos de caso são uma estratégia abrangente e podem incluir estratégias quantitativas.

Como menciona Ponte (2006), os estudos de caso são muitas vezes criticados por não permitirem a generalização dos resultados, no entanto, o objetivo deste tipo de pesquisa não é generalizar nem encontrar soluções para todos os problemas educativos mas produzir conhecimento acerca de objetos muito particulares, acrescentando, pouco a pouco, elementos novos que enriquecem o conhecimento coletivo dos problemas. O objetivo fundamental do estudo de caso é permitir uma melhor compreensão de um caso específico e não conhecer as propriedades gerais de toda uma população. Daí não fazer sentido formular conclusões sob a forma de proposições gerais, pode sim formular-se hipóteses de trabalho para novas investigações (Ponte, 2006). Por outras palavras, não se deve dizer que esta metodologia tem “limitações”, antes enfatizar que é uma metodologia com determinadas características intrínsecas (como, de resto, todas as outras).

2. INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS

Na investigação de natureza qualitativa baseada na abordagem metodológica de estudo de caso, podem-se utilizar diferentes técnicas de recolha de dados. Para Coutinho (2013) usar múltiplas fontes de evidência ou dados, permite assegurar as diferentes perspetivas dos participantes e obter várias “medidas” do mesmo fenómeno, possibilitando a triangulação dos dados aquando da sua análise (este assunto será mais desenvolvido na secção 4 deste capítulo). Tal como refere Yin (1994) citado por Coutinho (2013), a utilização de diversas fontes de dados num estudo de caso, permite considerar um conjunto mais diversificado de tópicos de análise e, em simultâneo, permite corroborar o mesmo fenómeno.

De acordo com os pressupostos anteriores e com os objetivos da investigação, utilizaram-se as seguintes técnicas de recolha de dados:

(1) **Registo áudio** - uma vez que se pretendia descrever os processos mentais dos alunos e verificar se estavam a construir o conhecimento, a investigadora planeou

pedir aos alunos para verbalizarem o seu raciocínio/processo aquando do uso do simulador para resolver a ficha de trabalho e, deste modo, recolher dados em áudio. Este registo vai também permitir saber o que os alunos acham que vai acontecer quando efetuam mudanças nas variáveis, verificando se o comportamento do fenómeno simulado está de acordo com as suas previsões. O diálogo que se estabeleceu entre os participantes do estudo (alunos e professora) foi transcrito na íntegra e servirá, posteriormente, para tratamento.

(2) **Captura do ecrã de computador, em formato de vídeo** – instalou-se nos computadores um *software* (activinspire) que tem uma função de “captura de ecrã” e que, deste modo, permite gravar toda a interação do aluno com o programa (aquando da manipulação do rato) durante a exploração da simulação. A observação dos dados recolhidos por este instrumento permite investigar a forma como os alunos resolvem as questões das fichas de trabalho, ou seja compreender o raciocínio, as estratégias utilizadas e a interação que estabelecem com o simulador. Este instrumento serve de complemento ao registo áudio, e será usado em triangulação, pois permite verificar se a verbalização dos processos está em sintonia com a sua interação com o *software*.

(3) **Questões das fichas de trabalho** – as fichas de trabalho foram elaboradas com base na resolução de problemas e atividades exploratórias, ou seja, os alunos formulam hipóteses, realizam experiências para testar as hipóteses e, no final, tiram conclusões que lhes permitam a construção do conhecimento (como já referido no capítulo anterior) e registam nas fichas de trabalho os resultados obtidos e a explicação para os mesmos.

As questões das fichas de trabalho foram submetidas a um processo de validação por quatro professoras de biologia do ensino secundário, que deram algumas sugestões, a partir das quais foram efetuadas as devidas alterações. A professora titular da turma onde decorreu a investigação também utilizou o simulador, o Excel e as fichas de trabalho em algumas das suas aulas.

(4) **Questões do teste de avaliação** – os testes permitem recolher dados que se destinam à avaliação de conhecimentos adquiridos e do raciocínio. No sentido de verificar se os alunos compreenderam os conteúdos abordados nas aulas onde foram

desenvolvidas as atividades com recurso ao simulador e como forma de medir o aproveitamento, a investigadora, em conjunto com a professora da disciplina, elaborou um teste constituído por questões de resposta fechada (escolha múltipla e verdadeiro/falso) e por questões de resposta aberta. O teste de avaliação foi aplicado uma semana após a intervenção da investigadora.

(5) **Diário de bordo** – é um instrumento escrito, muito utilizado na investigação qualitativa, que serve de suporte à observação uma vez que contém o registo das perceções da investigadora sobre o decorrer das sessões de implementação das atividades. A investigadora, no papel de observadora participante, procurou registar os acontecimentos que considerou relevantes, as reações dos alunos durante as atividades, a concordância entre o que proferiam e faziam no simulador e os constrangimentos que eventualmente se fizeram sentir. Estes registos foram efetuados no próprio dia em que decorreram as atividades, de modo a descrevê-los de forma tão fiel quanto possível e foram essencialmente utilizados como auxiliares na interpretação dos resultados.

(6) **Questionário** – No final da intervenção pedagógica foi aplicado um questionário de opinião aos alunos intervenientes (Anexo 6). Segundo Coutinho (2013) o questionário pode versar sobre atitudes, sentimentos, valores, opiniões ou informação factual, dependendo do seu objetivo, mas envolve sempre a realização de perguntas a indivíduos.

O questionário tem como objetivo recolher a opinião dos participantes acerca da implementação da estratégia pedagógica e assim responder ao objetivo secundário deste relatório. Trata-se de um questionário individual *online*, constituído por perguntas fechadas, dicotómicas e de escolha múltipla. As perguntas fechadas apresentavam cinco opções de resposta, com extremos “discordo totalmente” e “concordo totalmente”. O questionário aplicado foi objeto de alguns aperfeiçoamentos, recorrendo-se para o efeito a pré-testes junto de um professor e de dois alunos. Sofreu algumas adaptações até chegar ao modelo final de modo a assegurar a relevância, a clareza e a compreensão das perguntas aplicadas (Hill & Hill, 2005). O questionário foi anónimo e foram cumpridas todas as formalidades relativas à privacidade dos dados.

3. TÉCNICAS DE ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

A análise e interpretação de dados nos planos de investigação qualitativa são segundo (Coutinho, 2013) uma tarefa tão importante quanto a problemática em estudo, por duas razões: pela diversidade dos dados obtidos (relatos, fotografias, objetos, gravações áudio ou vídeo, entre outros) e pela dificuldade em distinguir a fase de recolha de dados, da fase de análise de dados, pois ambas se afetam mutuamente e se complementam.

A metodologia qualitativa produz uma grande quantidade de dados que têm que ser organizados e reduzidos. Para realizar a leitura dos mesmos o investigador necessita de encontrar "padrões de pensamento ou comportamento, palavras, frases, ou seja regularidades nos dados que justifiquem uma categorização" (Coutinho, 2013, p.216).

3.1. ANÁLISE DE CONTEÚDO

A análise de conteúdo é uma técnica geralmente utilizada para análise de textos, nas investigações de índole qualitativa. Coutinho (2013) define análise de conteúdo como uma técnica que consiste em avaliar de forma sistemática um corpo de texto (ou material audiovisual), por forma a desvendar e quantificar a ocorrência de palavras e frases/temas consideradas «chave», que possibilitem uma comparação posterior.

Para os dados obtidos através dos registos áudio, captura do ambiente de trabalho em vídeo e diário de bordo, utilizaram-se técnicas de análise de conteúdo, ao contrário das questões das fichas de trabalho, do teste de avaliação e do questionário onde se utilizou a análise quantitativa.

Os dados recolhidos numa investigação podem ser tratados e, igualmente, apresentados sob diversas formas (diagramas, tabelas, etc.) e um investigador deve escolher cuidadosamente a forma de apresentação/representação dos dados para facilitar a interpretação dos mesmos, por forma a tirar conclusões. As tabelas surgem como uma técnica interessante na análise do conteúdo pois é possível estruturar a análise, assinalando os aspetos dos textos transcritos/recolhidos, face a dimensões de análise consistentes com os objetivos de investigação.

Nesta investigação, e por forma a encontrar essas dimensões, procurou determinar-se se a aprendizagem ocorreu usando uma grelha de indicadores validada por outros estudos, como o que foi efetuado por Wang, Wu, Kinshuk, Chen & Spector (2013), com os pressupostos dos mapas de conceitos (conceitos e relações entre conceitos). A grelha foi adaptada e consideraram-se os indicadores “Apreende informação importante”, “Formula hipóteses” e “Realiza raciocínio” para proceder à avaliação do processo de resolução de problemas (e do processo de construção do conhecimento). Deste modo, optou-se por fazer a apresentação dos dados recolhidos em dois dos instrumentos (no áudio e vídeo) estruturando-os na tabela 2, assinalando-se a negrito as evidências consideradas para o indicador “Apreende informação importante”, a itálico as evidências consideradas para o indicador “Formula hipóteses” e a sublinhado as evidências do indicador “Realiza raciocínio”

Tabela 2 – Tabela síntese para a análise de conteúdo.

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM :		
Indicador	Unidades de registo	
	Áudio	Vídeo (“Captura de Ecrã”)
Apreende informação importante		
<i>Formula hipóteses</i>		
<u>Realiza raciocínio</u>		

Colocou-se o áudio e o vídeo na mesma tabela porque ao utilizar as duas unidades de registo em simultâneo está-se a completar evidências, o áudio permite averiguar o raciocínio dos alunos e o vídeo registar as hipóteses que os alunos vão colocando.

Optou-se por fazer uma tabela por cada objetivo de aprendizagem e por cada grupo de alunos, que será preenchida com unidades de registo semânticas (palavras, frases), após a análise das transcrições do registo áudio e vídeo, durante as atividades de exploração do simulador.

4. CREDIBILIDADE DA INVESTIGAÇÃO

É difícil alcançar a objetividade numa investigação, pois a investigação pode ser reveladora das várias dimensões que constituem a realidade em estudo. Surge assim o conceito de “triangulação” entendido como uma combinação de pontos de vista, métodos e materiais empíricos diversificados capazes de “constituírem uma

estratégia capaz de acrescentar rigor, amplitude e profundidade à investigação” (Denzin & Lincoln, 2000, citado por Coutinho (2013).

Como referem Coutinho (2013) e Meirinhos & Osório (2010), a triangulação permite obter dados do mesmo fenómeno, provenientes de duas ou mais fontes de informação de forma a aumentar a fiabilidade da investigação, possibilitando que o resultado final seja um retrato mais fidedigno da realidade ou uma compreensão mais completa do fenómeno a analisar.

Flick (1998, p. 229) citado por (Coutinho, 2013) refere os seguintes “protocolos de triangulação”:

- na triangulação das fontes de dados confrontam-se os dados provenientes de várias fontes ;
- na triangulação do investigador, entrevistadores/observadores diferentes procuram detetar desvios devido à influência do fator “investigador”;
- na triangulação da teoria analisam-se os dados partindo de perspetivas teóricas e hipóteses diferentes;
- na triangulação metodológica, para aumentar a confiança nas suas interpretações, o investigador utiliza diferentes métodos durante a investigação.

A triangulação aparece assim como um conceito comum e importante na metodologia de estudo de caso, na medida em que permite uma análise de maior alcance e riqueza, razão pela qual se recorreu à utilização de vários instrumentos (gravações áudio e vídeo, fichas de trabalho, teste de avaliação e registos da investigadora) para recolha dos dados, procurando assim, na classificação de Flick, obter-se a credibilidade pela **triangulação de fontes**.

5. PRINCÍPIOS ÉTICOS

A realização de uma investigação requer, por parte do investigador, o cumprimento de princípios éticos. Por se tratar de sujeitos humanos, deve ter-se em consideração duas normas: o consentimento informado e a proteção dos sujeitos contra qualquer espécie de danos (Bogdan & Biklen, 2010). Assim, durante a investigação, foram tidas em conta algumas considerações de ordem ética, nomeadamente foi solicitada autorização à direção da escola para a investigadora aceder às aulas de biologia da turma e realizar a investigação, e também aos encarregados de educação dos alunos

envolvidos, para se efetuar a gravação áudio das aulas referentes ao estudo (Anexo 7). Atendeu-se igualmente ao respeito pelos participantes, informando-os atempadamente de todo o processo e garantindo o seu anonimato, tendo os nomes verdadeiros sido substituídos por nomes fictícios.

CAPÍTULO VI – APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os dados recolhidos de acordo com os objetivos propostos para o estudo. A apresentação dos dados, relativos à análise do conteúdo das transcrições dos diálogos, irá ser feita por atividade, respeitando a tabela apresentada no capítulo anterior e os mapas de conceitos presentes no projeto de intervenção, que serviram para estruturar as atividades. Em cada atividade analisam-se também os dados provenientes dos outros instrumentos de recolha de dados e descritos no capítulo anterior. Assim, este capítulo integra cinco subcapítulos, quatro relativos às atividades pedagógicas desenvolvidas e o último dedicado às percepções dos alunos em relação à estratégia pedagógica implementada.

1. ATIVIDADE 1

Como já referido no projeto de intervenção, com a primeira atividade (atividade 1) pretendia-se saber o quanto os alunos estavam familiarizados com conteúdos que deviam estar pré-adquiridos. Assim, nesta primeira atividade, os alunos procuraram resolver uma ficha de trabalho usando o simulador para se apurar o conhecimento apreendido sobre o tópico “**Transmissão de uma característica hereditária – monoibridismo**”. Este tópico foi analisado, tendo por base os objetivos de aprendizagem delineados, fazendo-se uma análise de conteúdo das gravações dos diálogos dos alunos aquando da realização da atividade e das respostas dadas na ficha de trabalho. A análise do conteúdo das gravações permitiu elaborar a tabela 3 que sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 3 – Síntese dos resultados obtidos nas gravações áudio/vídeo sobre “Transmissão de uma característica hereditária – monoibridismo”.

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Demonstra se uma característica é dominante ou recessiva	Sim	Sim	Sim	Sim
Interrelaciona os conceitos de genótipo, fenótipo, homozigótico, heterozigótico, dominante e recessivo	Sim	Sim	Sim	Sim
Interpreta resultados de cruzamentos	Sim	Sim	Sim	Sim

A tabela 3 evidencia que os alunos apreenderam os conceitos do tópico em questão, distinguindo características dominantes de recessivas, conseguindo justificar a sua existência recorrendo a dados experimentais. Por outro lado, os resultados também sugerem que os alunos não só apreenderam os conceitos de genótipo, fenótipo, homozigótico, heterozigótico, dominante e recessivo, como também os interrelacionaram corretamente e aplicaram durante as situações problemáticas. Os alunos também parecem evidenciar saber interpretar resultados experimentais, nomeadamente os que estão relacionados com cruzamentos de monohibridismo.

A análise das respostas à ficha de trabalho (representada na tabela 8) também sugere que os alunos apreenderam os conceitos e sabem relacioná-los. Assim, a análise dos resultados vem corroborar a ideia inicial acerca dos conhecimentos que à partida se deram como adquiridos pelos alunos.

2. ATIVIDADE 2

Estando os conhecimentos iniciais adquiridos, existe uma base interessante para a construção de novo conhecimento. Assim, realizou-se a atividade 2 na qual se pretendia que os alunos construíssem conhecimento relativo ao tópico “**Cruzamento teste**” (ou retrocruzamento). O objetivo de aprendizagem estabelecido foi: mostra que só o cruzamento com o homozigótico recessivo permite determinar o genótipo de um indivíduo que manifeste fenótipo dominante.

Análise do áudio e do vídeo

Para verificar a concretização deste objetivo, analisaram-se as transcrições dos diálogos e as imagens (obtidas pela recolha em áudio e vídeo da captura de ecrã, em cada um dos grupos), durante a resolução de problemas em simulador, que constam do Anexo 9.

As tabelas 4 a 7, respeitantes a cada um dos quatro grupos, apresentam uma transcrição dos diálogos e a sua análise de conteúdo². Como já referido no capítulo anterior, as evidências da dimensão desejada (resolução de problemas) são apresentadas a negrito para o indicador “Apreende informação importante”, a itálico para o indicador “Formula hipóteses” e a sublinhado para o indicador “Realiza raciocínio”. Na coluna do vídeo há

² Algumas das evidências apresentadas não têm todo o contexto em que foram proferidas, podendo criar algumas dificuldades na sua interpretação. Assim, procurou complementar-se algumas das evidências com informação extra, podendo o leitor inteirar-se de todo o contexto da conversa no Anexo 9.

informação referente à forma como os alunos interagem com o simulador (obtido por captura de ecrã) colocando-se dentro de parêntesis retos informação do contexto, necessária para a compreensão da análise da investigadora.

Tabela 4 – Apresentação e análise dos dados do grupo 1 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM: Mostra que só o cruzamento com o homozigótico recessivo permite determinar o genótipo de um indivíduo que manifeste fenótipo dominante		
Indicador	Unidades de registo	
	Áudio	Vídeo
<p>Apreende informação importante</p> <p><i>Formula hipóteses</i></p> <p><u>Realiza raciocínio</u></p>	<p>Professora: Que alternativas têm para os fenótipos dominantes?</p> <p>Rita: (...) AA ou Aa, podemos ter uma mosca homozigótica ou heterozigótica.</p> <p>Professora: Como determinam de uma forma imediata e rápida se a mosca é homozigótica ou heterozigótica?</p> <p><u>Inês: Fazer o cruzamento com uma mosca homozigótica recessiva.</u></p> <p><u>Inês: Se ela for homozigótica dominante a descendência é 100% com fenótipo dominante.</u></p> <p><u>Rita: Se for heterozigótica é 50% 50%.</u></p>	<p><i>Simulam no Quadro de Cruzamento (QC) o cruzamento entre genótipos AA [homozigótico dominante], e aa [homozigótico recessivo, resultando 100% Aa].</i></p> <p><i>Simulam no QC o cruzamento entre genótipos Aa [heterozigótico] e aa [homozigótico recessivo, resultando 50% Aa e 50% aa].</i></p>

Tabela 5 – Apresentação e análise dos dados do grupo 2 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM: Mostra que só o cruzamento com o homozigótico recessivo permite determinar o genótipo de um indivíduo que manifeste fenótipo dominante		
Indicador	Unidades de registo	
	Áudio	Vídeo
<p>Apreende informação importante</p> <p><i>Formula hipóteses</i></p>	<p>Rui: Nós queremos determinar o genótipo de uma mosca que manifeste o fenótipo dominante que é asa longa, <i>cruzar duas moscas com caraterísticas dominantes</i>.</p> <p>Ana: <u>Não, é cruzar uma dominante com a recessiva.</u></p> <p>Rui: <i>Ou ambas dominantes.</i></p> <p>Ana: Assim não vês qual é. Determinar o genótipo de uma mosca que manifeste fenótipo dominante, o genótipo pode ser AA</p>	<p><i>Selecionam no QC os genótipos AA para ambos os progenitores, [originando 100% de genótipos AA].</i></p>

<u>Realiza raciocínio</u>	<p>ou Aa (...).</p> <p>Rui: Sim, tu até podes cruzar ambas homozigóticas dominantes.</p> <p>Ana: Mas não é a forma mais imediata.</p> <p>Rui: <i>Vamos cruzar dois heterozigóticos.</i></p> <p>Professora: Como descobriram que a mosca 2 era heterozigótica?</p> <p>Rui: Cruzámos com uma mosca recessiva.</p>	<p><i>Selecionam no QC os genótipos AA e aa para os progenitores, [originando 100% de genótipos Aa].</i></p>
---------------------------	--	--

Tabela 6 – Apresentação e análise dos dados do grupo 3 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM: Mostra que só o cruzamento com o homozigótico recessivo permite determinar o genótipo de um indivíduo que manifeste fenótipo dominante		
Indicador	Unidades de registo	
	Áudio	Vídeo
Apreende informação importante	Pedro: (...) no fenótipo dominante podes ter dois genótipos (...).	<i>No QC selecionam Aa para ambos os progenitores.</i>
<i>Formula hipóteses</i>	Joana: Mas assim não dá. [refere-se aos cruzamentos que estão a efetuar no simulador] Pedro: (...) Sabemos que uma mosca tem genótipo Aa.	<i>No QC selecionam AA para um progenitor e Aa para o outro.</i>
<u>Realiza raciocínio</u>	Joana: Mas tu à partida não podes saber (...), tens uma mosca X e queres saber o genótipo, vais cruzar com a mosca 3, que é homozigótica recessiva que sabes que o seu genótipo é aa, (...) Pedro: Também podemos <i>saber com Aa e Aa.</i> Joana: Não. (...) asas vestigiais (...) sabes o genótipo e o fenótipo. Pedro: <u>Se for AA a descendência apresenta toda asa comprida, se for Aa a descendência aparece com asas vestigiais e compridas.</u> (...) <u>é mais rápido assim.</u> (...) <u>Logo na primeira consegue-se observar o fenótipo.</u>	<p><i>No Q.C selecionam aa e Aa para os progenitores [resultando 50% Aa e 50% aa].</i></p> <p><i>No Q.C selecionam aa e AA [resultando 100% Aa].</i></p>

Tabela 7 – Apresentação e análise dos dados do grupo 4 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM: Mostra que só o cruzamento com o homozigótico recessivo permite determinar o genótipo de um indivíduo que manifeste fenótipo dominante		
Indicador	Unidades de registo	
	Áudio	Vídeo
Apreende informação importante	Carlos: Cruzar uma mosca homozigótica recessiva com uma homozigótica dominante.	
<i>Formula hipóteses</i>	<p>Maria: É isso.</p> <p>Professora: Uma mosca com fenótipo dominante pode ter que genótipos?</p> <p>Maria: AA e Aa.</p> <p>Professora: Certo, como consigo saber (...) se é AA ou Aa?</p>	

<u>Realiza raciocínio</u>	Maria: <i>Através dos progenitores.</i>	
	Professora: Eu dou-vos uma mosca, descubram se ela é heterozigótica ou homozigótica da forma mais rápida.	<u>Cruzam as moscas 2 e 3</u> [com asas longas e vestigiais respetivamente, resultando uma descendência 100% asas longas].
	Maria: Cruzar com a recessiva.	No QC simulam o cruzamento utilizando os genótipos dos progenitores, AA e aa [resultando 100% Aa, ou seja de asa longa].
	Carlos: Porque <u>para a recessiva a característica está determinada.</u>	No QC selecionam os genótipos Aa e aa para os progenitores [resulta uma descendência com 50% Aa e 50% aa].
	Professora: Se ela for homozigótica dominante todos os descendentes são ... Maria e Carlos: Heterozigóticos, com fenótipo dominante.	
	Maria: Vai ser metade metade.	

Do mesmo modo, e no sentido de se verificar se a aprendizagem se deu de forma construtivista (objetivo de investigação i), apresenta-se o mapa de conceitos utilizado para planear as aulas e já apresentado no capítulo IV. Esta ferramenta é também interessante enquanto técnica de apresentação de resultados. Efetivamente, pela análise do conteúdo das transcrições dos diálogos, preencheram-se os mapas com os números dos grupos (números 1 a 4) que, através da resolução de problemas em simulador, evidenciaram desconstrução de conhecimento “errado” - representado pela linha descontínua vermelha (relação entre conceitos que era falsa) e evidenciaram construção de conhecimento “novo”- representado pela linha verde. Assim, apresenta-se na figura 15 o mapa de conceitos referente ao objetivo de aprendizagem “Mostra que só o cruzamento com o homozigótico recessivo permite determinar o genótipo de um indivíduo que manifeste fenótipo dominante”.

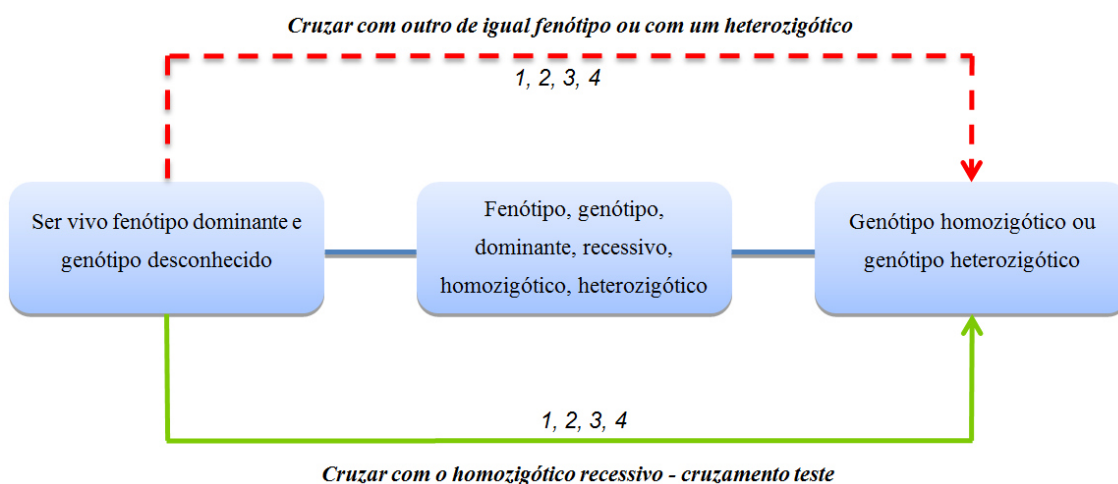


Figura 15 – Mapa de conceitos representativo dos grupos que evidenciaram construção e desconstrução de conhecimento na atividade 2.

Após a análise das tabelas, referentes à transcrição áudio e vídeo, existem evidências de que todos os grupos desconstruíram os conhecimentos errados e construíram os corretos. Ou seja, nesta atividade, os grupos adquiriram o conhecimento de que a forma mais rápida de averiguar o genótipo de um ser vivo que fenotipicamente revele a característica dominante, e cujo genótipo pode ser homozigótico ou heterozigótico, é apenas através do cruzamento desse ser com um indivíduo homozigótico recessivo e da análise da respectiva descendência, e cujo cruzamento se designa cruzamento teste. Os dados sugerem ainda que foi desconstruído o conhecimento “cruzar com outro de igual fenótipo ou com um heterozigótico”, que existia nas mentes dos alunos dos quatro grupos.

Faz-se, de seguida, uma breve apresentação da análise das transcrições e que evidenciam a construção/desconstrução de conhecimento em cada grupo:

- No caso do grupo 1 os dados das transcrições revelam que o conhecimento foi adquirido e adveio de todo o processo de resolução de problemas com o simulador, uma vez que na questão final da ficha de trabalho “Qual a forma mais imediata de determinar o genótipo de uma mosca que manifesta fenótipo dominante?”, na qual os alunos têm que aplicar o conhecimento adquirido ao longo da resolução de problemas, o grupo 1 responde prontamente à questão, não revelando qualquer dúvida, o que significa que compreenderam e reconstruíram o conhecimento.
- Nos restantes grupos, nomeadamente um dos alunos do grupo 2, um do grupo 3 e outro do grupo 4, inicialmente respondem de forma errada à questão. Provavelmente esses alunos, que não construíram o conhecimento imediatamente, não tiveram tempo de consolidar a matéria e seriam necessárias mais aulas com mais exercícios para solidificarem o conhecimento, uma vez que se verificou que esses alunos precisavam de rever conceitos anteriores para ficarem com uma ideia mais clara do que se pretendia.

Conforme indicado anteriormente, as transcrições foram colocadas na grelha com indicadores, que permitiram à investigadora fazer uma análise relativamente ao sucesso ou insucesso da estratégia, de acordo com os objetivos de investigação definidos. Assim, verificou-se que:

- Durante a resolução de problemas com o simulador houve evidências de que os alunos mobilizaram os conhecimentos adquiridos de maneira a formularem hipóteses, efetuaram experiências virtuais para testarem essas mesmas hipóteses e realizaram raciocínio, que lhes permitiu aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos e reconstruir conhecimento referente ao cruzamento teste. Tal como na investigação realizada por Wang et al. (2013)³, os alunos aprenderam construtivisticamente, utilizando a técnica de resolução de problemas.
- Tal como preconizado pelo construtivismo, os alunos construíram ativamente o seu conhecimento interagindo com o simulador, num contexto de aprendizagem que lhes permitiu refletir sobre as experiências realizadas e serem assim responsáveis pela sua aprendizagem.
- Os resultados obtidos na realização da atividade, parecem sugerir que a metodologia usada (fichas de trabalho baseadas em ABP com exploração de um simulador) é adequada para uma abordagem construtivista, na aprendizagem de conteúdos de hereditariedade.
- Utilizaram o simulador para realizar as experiências necessárias à resolução dos problemas e para testar as hipóteses que iam colocando. Usaram frequentemente a funcionalidade do quadro de cruzamento para apoiarem o raciocínio e comprovarem ou rejeitarem o que iam proferindo. Recorreram frequentemente ao menu que lhes permitia aumentar o número de descendentes e assim validarem os resultados.
- Existiu sincronia entre o que os alunos diziam e o que iam fazendo no simulador, o que sugere que o conhecimento aprendido foi devido à interação com o simulador.
- Os alunos utilizaram o simulador com bastante facilidade.

Análise das respostas à ficha de trabalho

Para verificar a concretização do objetivo delineado para a atividade 2, também se analisaram as respostas dadas pelos alunos às questões da ficha de trabalho (Anexo

³ Apesar da investigação realizada por Wang et al. (2013) utilizar uma metodologia diferente, envolver alunos universitários e abordar conteúdos diferentes.

10) que acompanhou a resolução de problemas em simulador, sintetizando-se os resultados na tabela 8.

Tabela 8 – Análise das respostas às questões da ficha de trabalho da atividade 1 e 2.

	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6
Grupo 1	√	√	√	√	√	√
Grupo 2	√	√	√	√	√	√
Grupo 3	√	P.C.	√	√	√	P.C.
Grupo 4	√	√	√	√	√	√

(Legenda: √- Totalmente correto; P.C.- Parcialmente correto; X - Errado)

Das respostas analisadas, apenas as dadas à questão 6 são referentes ao objetivo de aprendizagem “mostra que só o cruzamento com o homozigótico recessivo permite determinar o genótipo de um indivíduo que manifeste fenótipo dominante”, enquanto as restantes serviram para verificar se os alunos haviam apreendido os conceitos lecionados anteriormente pela professora da disciplina (conforme já referido na atividade 1).

A análise da tabela 8 sugere que os alunos compreenderam que a forma mais imediata de determinar o genótipo de um indivíduo que manifeste o fenótipo dominante é cruzá-lo com um indivíduo homozigótico recessivo. O grupo três apresenta a resposta parcialmente correta pois, apesar de indicar corretamente todo o raciocínio, nunca escreveu “cruzar com o homozigótico recessivo”, conceito que fazia parte da resposta à questão 6. No entanto, nas notas de campo da investigadora, há registo da utilização do termo por parte deste grupo de alunos, o que sugere que os alunos do grupo três compreenderam o conceito.

Análise dos resultados do teste de avaliação

No que diz respeito à análise da questão do teste que avaliava o conceito “cruzar com o homozigótico recessivo – cruzamento teste”, construiu-se a tabela 9 que resume os resultados obtidos por cada aluno individualmente.

Tabela 9 – Análise das respostas à questão 11.2 da ficha de avaliação, que avalia o conceito “cruzamento com o homozigótico recessivo – cruzamento teste”.

	Questão 11.2
Ana	√
Carlos	P.C
Inês	√
Joana	√
Maria	P.C.
Pedro	√
Rita	√
Rui	P.C.

(Legenda: √- Totalmente correto; P.C.- Parcialmente correto; X - Errado)

Da análise da tabela 9, pode verificar-se que dos oito alunos, cinco respondem corretamente à questão sobre o cruzamento com o homozigótico recessivo para determinar o genótipo de um indivíduo que manifeste o fenótipo dominante (Anexo 11). Os restantes três alunos apresentam as respostas parcialmente corretas pois apenas referem “realizar cruzamento teste” (ou retrocruzamento), termo utilizado para designar o referido cruzamento, não indicando “cruzar com o homozigótico recessivo”, conceito necessário para uma resposta totalmente correta.

Assim, os resultados sugerem que cinco dos oito alunos mostraram compreender como determinar se um ser é homozigótico ou heterozigótico para uma determinada característica.

3. ATIVIDADE 3

Para o tópico **hereditariedade ligada ao sexo** utilizou-se a mesma metodologia da atividade 2.

Para a abordagem do tema estabeleceu-se o objetivo de aprendizagem: demonstra que a característica cor dos olhos está ligada ao sexo. O objetivo é concretizado se o aluno:

- Infere, através da análise das percentagens fenotípicas da descendência, a ligação ao sexo da característica “cor dos olhos” na *Drosophila*.
- Compreende a ligação ao sexo da característica “cor dos olhos” na *Drosophila*.

Análise do áudio e do vídeo

Para averiguar a concretização dos objetivos, analisaram-se as transcrições dos diálogos e as imagens de cada um dos grupos e que constam do Anexo 12. Elaboraram-se as tabelas de 10 a 13 com as evidências, para cada um dos indicadores definidos, relativas ao tópico hereditariedade ligada ao sexo.

Tabela 10 – Apresentação e análise dos dados do grupo 1 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM: Demonstra que a característica cor dos olhos está ligada ao sexo		
Indicador	Unidades de registo	
	Áudio	Vídeo
<p>Apreende informação importante</p> <p><i>Formula hipóteses</i></p> <p><u>Realiza raciocínio</u></p>	<p>Rita: Dão todas vermelhas. A 3 é homozigótica dominante e a 1 heterozigótica. <u>Vermelho é o dominante.</u></p> <p>Rita: (...) de acordo com os princípios de Mendel, quando ele efetuava os cruzamentos recíprocos o resultado dava igual, mas aqui se trocar a mosca 4 que é macho para por uma feminina, se trocarmos vai dar diferente porque uma delas é heterozigótica.</p> <p>Inês: repara que elas aqui mudam de sexo.</p> <p>Inês: 50% das moscas têm olhos vermelhos e 50% têm olhos brancos [no cruzamento da mosca 2 com a 1]. Professora: e mais? Inês: não há fêmeas com olhos brancos e não há machos com olhos vermelhos. Rita: mas tanto as fêmeas como os machos podem ter olhos brancos. Inês: então na mosca era macho com olhos vermelhos, porque é que não há machos com olhos vermelhos?</p> <p>Rita: (...). <u>As moscas masculinas ou são dominantes ou recessivas, não podem ser heterozigóticas enquanto as fêmeas podem ser homozigótica dominantes e homozigótica recessivas ou heterozigóticas.</u></p> <p>Inês: (...) isso acontecia <u>devido aos cromossomas X e Y, o Y não ter genes que informem para a característica.</u></p> <p>Rita: (...) no macho só <u>se manifeste a característica transportada pelo X, são as fêmeas que determinam a característica cor dos olhos nos machos. O macho pode ou não influenciar a cor dos olhos da fêmea depende do que ela é.</u></p>	<p><i>Cruzam a fêmea 2, olhos brancos, com o macho 1, de olhos vermelhos</i> [originando uma descendência constituída por 48% de machos e 52% de fêmeas. Os machos têm todos olhos brancos e as fêmeas têm todas olhos vermelhos]</p> <p><i>Cruzam a fêmea 3, olhos vermelhos, com o macho 4, de olhos brancos</i> [A descendência contem 50% machos e 50% fêmeas, todos têm olhos vermelhos]</p> <p>No QC selecionam cruzamentos ligados ao sexo e começam a escolher genótipos. <i>Selecionam $x^A x^A$ e $x^a y$</i>, [resultando uma descendência toda com olhos vermelhos, sendo 50% machos e 50% fêmeas]. <i>Selecionam $x^A y$ e $x^a x^a$</i>, [originando uma descendência constituída por 50% de machos e 50% de fêmeas. Os machos têm todos olhos brancos e as fêmeas têm todas olhos vermelhos].</p>

Tabela 11 – Apresentação e análise dos dados do grupo 2 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM: Demonstra que a característica cor dos olhos está ligada ao sexo		
Indicador	Unidades de registo	
	Áudio	Vídeo
<p>Apreende informação importante</p> <p><i>Formula hipóteses</i></p> <p><u>Realiza raciocínio</u></p>	<p>Rui: pois dá 50%/50%, só que os machos ficam só com os olhos brancos e as fêmeas com os olhos vermelhos. (...)</p> <p>Rui: é estranho... quando a mosca do sexo feminino tem olhos vermelhos ela domina sobre o masculino de olhos brancos. (...) Quando usámos um macho com olhos vermelhos e a mosca com olhos brancos fomos obter variedade.</p> <p>Rui: o que muda da 1 para a 2 e da 3 para a 4 é o sexo do possuidor da característica. (...) Há alguma ligação com o sexo (...).</p> <p>Ana: quando a fêmea tem olhos vermelhos origina 100% de indivíduos de olhos vermelhos; quando é o macho com olhos vermelhos originam-se 50% de indivíduos de olhos vermelhos, 50%/50%.</p> <p>Professora: então o que está a influenciar a transmissão da cor dos olhos?</p> <p>Rui: é o sexo do progenitor com essa característica cor dos olhos</p> <p>Ana: o X é o portador do gene para a característica cor dos olhos.</p> <p>Rui: daí a influência do sexo nos resultados.</p> <p>Ana: (...), há características que só existem no X.</p> <p>Ana: são as mães que determinam a cor dos olhos das moscas macho. Nas fêmeas a cor é determinada pelos dois progenitores e tem a ver com a relação de dominância e recessividade.</p>	<p><i>Cruzam a fêmea 2, olhos brancos, com o macho 1, de olhos vermelhos</i> [originando uma descendência constituída por 50% de machos e 50% de fêmeas. Os machos têm todos olhos brancos e as fêmeas têm todas olhos vermelhos].</p> <p><i>Cruzam a fêmea 3, olhos vermelhos, com o macho 4, de olhos brancos</i> [A descendência contem 50% machos e 50% fêmeas, e todos têm olhos vermelhos]</p> <p><i>Selecionam $x^A y$</i> [para o macho 1] e $x^a x^a$ [para a fêmea 2], [originando uma descendência constituída por 50% de machos e 50% de fêmeas. Os machos têm todos olhos brancos e as fêmeas têm todas olhos vermelhos].</p>

Tabela 12 – Apresentação e análise dos dados do grupo 3 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM: Demonstra que a característica cor dos olhos está ligada ao sexo		
Indicador	Unidades de registo	
	Áudio	Vídeo
<p>Apreende informação importante</p> <p><i>Formula hipóteses</i></p>	<p>Joana: (...) na experiência 2 corre normalmente. Na outra já não corre assim. Repara que aqui [refere-se à experiência 1] só as fêmeas é que têm olhos vermelhos e os machos só olhos</p>	<p><i>Cruzam a mosca 1, macho de olhos vermelhos, com a mosca 2, fêmea de olhos brancos</i> [originando uma descendência constituída por 50% de machos e 50% de fêmeas. Os machos têm todos</p>

<p><u>Realiza raciocínio</u></p>	<p>brancos Joana: o Mendel quando fazia cruzamentos recíprocos o sexo era indiferente na transmissão das caraterísticas. Professora: então quanto aos resultados... Pedro: eram os mesmos quando efetuava cruzamentos recíprocos. Professora: então qual o fator que está a influenciar os resultados? Pedro: <u>sexo.</u></p> <p>Joana: <u>porque o gene que codifica a cor dos olhos está no cromossoma sexual.</u> Professora: qual cromossoma sexual? Pedro: <u>O X, o Y não tem.</u> Professora: quem influencia a cor dos olhos nos machos? Pedro: <u>As fêmeas. O cromossoma X que vem da mãe.</u> Pedro: <u>independentemente de ser dominante ou recessivo é sempre um dos alelos da mãe que se manifesta.</u></p>	<p>olhos brancos e as fêmeas têm todas olhos vermelhos].</p> <p><i>Cruzam a fêmea 3, olhos vermelhos, com o macho 4, de olhos brancos [A descendência contem 50% machos e 50% fêmeas e todos têm olhos vermelhos]</i> <i>Selecionam no QC AA e aa [originando 100% descendentes Aa, todos com olhos vermelhos]</i></p> <p><i>Selecionam no Q.C, $x^a x^a$ e $x^A y$ [estão a simular o cruzamento entre as moscas: fêmea 2 de olhos brancos e macho 1 de olhos vermelhos].</i></p>
----------------------------------	---	--

Tabela 13 – Apresentação e análise dos dados do grupo 4 sobre a construção de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem.

OBJETIVO DE APRENDIZAGEM: Demonstra que a caraterística cor dos olhos está ligada ao sexo		
Indicador	Unidades de registo	
	Áudio	Vídeo
<p>Apreende informação importante</p> <p><i>Formula hipóteses</i></p> <p><u>Realiza raciocínio</u></p>	<p>Carlos: (...) o <u>vermelho é o dominante.</u> É a única que aparece.</p> <p>Carlos: (...) olha o <u>recessivo</u> [aponta $x^a x^a$] e o <u>dominante</u> [$x^A y$], está certo. <u>Olha os machos não podem ser heterozigóticos! Só podem ser A ou a.</u></p> <p>Carlos: <u>há caraterísticas que existem no X que não existem no Y.</u></p> <p>Professora: quais eram os resultados esperados de acordo com Mendel ao fazerem o recíproco?</p> <p>Carlos: <u>obter os mesmos resultados.</u></p> <p>Professora: foi isso que obtiveram?</p> <p>Carlos: <u>não por causa do sexo.</u></p>	<p><i>Cruzam o macho 1, de olhos vermelhos, com a fêmea 2, de olhos brancos [obtendo uma descendência constituída por 50% de machos e 50% de fêmeas. Os machos têm todos olhos brancos e as fêmeas têm todas olhos vermelhos].</i></p> <p><i>Cruzam a fêmea 3, olhos vermelhos, com o macho 4, de olhos brancos [A descendência contem 50% machos e 50% fêmeas e todos têm olhos vermelhos]</i></p> <p><i>Selecionam no QC AA e aa [originando 100% descendentes Aa, todos com olhos vermelhos]</i> <i>Simulam no QC o cruzamento de progenitores com genótipo Aa e aa, [obtem 50% de Aa e 50% aa].</i> <i>Cruzam a fêmea 3 de olhos vermelhos e o macho 4 de olhos brancos [obtem 50% de machos e 50% fêmeas e todos têm olhos vermelhos]</i></p>

Apresenta-se no mapa de conceitos da figura 16, referente ao objetivo de aprendizagem “Inferir, através da análise das percentagens fenotípicas da descendência, a ligação ao sexo da característica cor dos olhos na *Drosophila*”, os grupos que, através da resolução de problemas em simulador, desconstruíram e construíram conhecimento relacionado com a transmissão de características ligadas ao sexo, estabelecendo novas relações entre os conceitos já apreendidos.

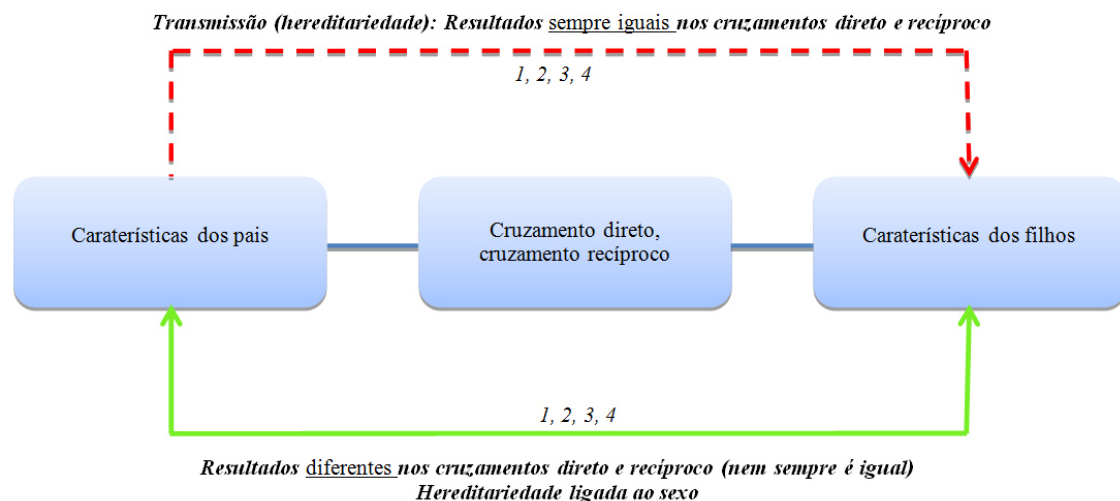


Figura 16 – Mapa de conceitos representativo dos grupos que evidenciaram construção de conhecimento e desconstrução de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem “Inferir, através da análise das percentagens fenotípicas da descendência, a ligação ao sexo da característica cor dos olhos na *Drosophila*”.

Após a análise das transcrições há evidências de que os alunos do grupo 4 possuíam um “pré-conceito” errado (não sabiam a diferença entre cruzamento direto e cruzamento recíproco, uma vez que apresentaram dificuldades durante a resolução da ficha). Trata-se de conceitos essenciais para a resolução dos problemas da ficha de trabalho e que à partida tinham sido dados como adquiridos. Assim, houve necessidade de relembrar aos alunos do grupo o significado dos referidos conceitos.

A análise das tabelas referentes à transcrição áudio e vídeo e apresentada no mapa de conceitos da figura 16, evidencia que todos os grupos desconstruíram os conhecimentos errados e construíram os corretos. Ou seja, nesta atividade, os grupos adquiriram o conhecimento de que **nem sempre são iguais** os resultados entre machos e fêmeas nos cruzamentos direto e recíproco. Na sequência deste conhecimento agora adquirido, os resultados sugerem que os alunos compreenderam que a diferença nos resultados se deve à influência do sexo do

progenitor – Hereditariedade ligada ao sexo. No caso concreto do exercício da ficha de trabalho, os alunos evidenciaram compreender que a “cor dos olhos” da *Drosophila* está ligada ao sexo.

Existem ainda evidências de que os quatro grupos desconstruíram a relação “Transmissão (hereditariedade): resultados **sempre iguais** nos cruzamentos direto e recíproco”, uma vez que verificaram que obtinham resultados diferentes quando efetuavam os referidos cruzamentos com as *Drosophilas*.

Há registo nas notas de campo da investigadora, que os alunos do grupo 4 demoraram algum tempo a chegar à conclusão de que se tratava de um caso de hereditariedade ligada ao sexo. Colocaram algumas questões à investigadora, que os foi alertando para alguns aspetos importantes a observar nas experiências. Este grupo necessitou de mais tempo, no final, para terminar a resolução da ficha.

Na sequência dos conhecimentos adquiridos anteriormente pelos alunos, apresentam-se na figura 17 os resultados referentes ao segundo mapa de conceitos desenhado para a atividade 3. O objetivo de aprendizagem definido foi “Compreende a ligação ao sexo da característica cor dos olhos na *Drosophila*”.

Salienta-se que o conceito “Hereditariedade ligada ao sexo”, conhecimento a construir no início da atividade, é aqui um conhecimento adquirido, pelo que está representado num retângulo (como tem sido habitual nestes diagramas).

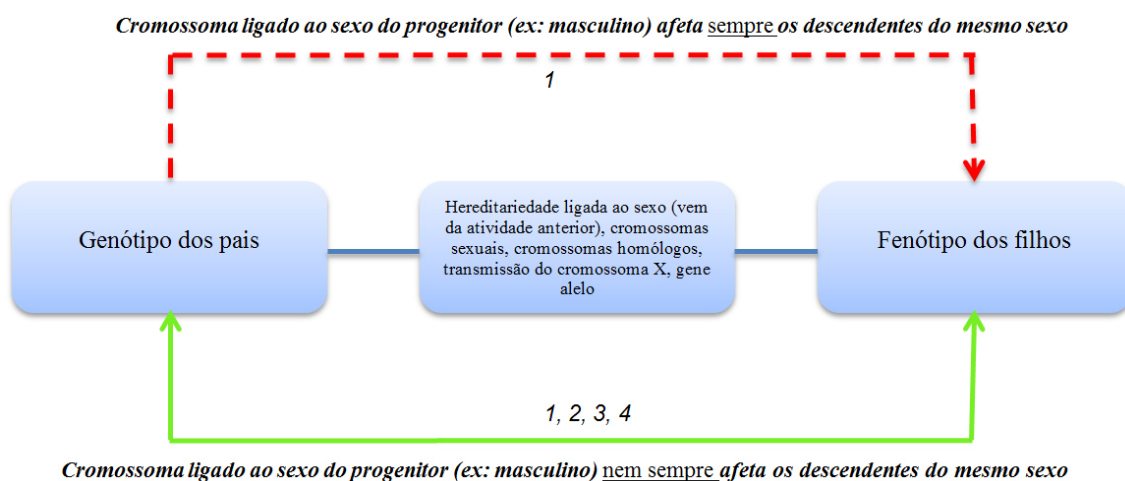


Figura 17 – Mapa de conceitos representativo dos grupos que evidenciaram construção e desconstrução de conhecimento relativo ao objetivo de aprendizagem “Compreende a ligação ao sexo da característica cor dos olhos na *Drosophila*”.

O mapa de conceitos apresentado na figura anterior mostra os grupos que evidenciaram a construção e a desconstrução de conhecimento. Com base nos dados recolhidos foi possível tecer as seguintes afirmações:

- A partir do momento em que todos os grupos evidenciaram compreender que há características cuja transmissão de pais para filhos é influenciada pelo sexo (objetivo a. da atividade 3), os alunos passaram a resolver os problemas tendo por base a ligação ao sexo.
- Os dados revelam que todos os alunos compreenderam o porquê das diferenças existentes nos resultados dos cruzamentos direto e recíproco, e **construíram conhecimento sobre a influência do sexo na transmissão das características**. Verificaram que, no caso da *Drosophila*, é a mãe que determina a cor dos olhos dos filhos machos. Assim, há evidências de os alunos **construírem a relação** de que, apesar do genótipo dos pais influenciar o fenótipo dos filhos, o cromossoma ligado ao sexo do progenitor **nem sempre afeta** os descendentes do mesmo sexo.
- Os resultados sugerem que os alunos do grupo 1 possuíam pré-conceitos errados a sustentar a relação entre genótipo dos pais e fenótipo dos filhos, e no decurso da atividade **desconstruíram** a ideia errada de que o pai influencia a cor dos olhos dos filhos machos na *Drosophila*. Deste modo, o conhecimento “cromossoma ligado ao

sexo do progenitor **afeta sempre** os descendentes do mesmo sexo” **foi desconstruído**.

- Relativamente aos alunos dos grupos 2, 3 e 4 não existem evidências de possuírem um pré-conceito errado, nem foi possível saber se o possuíam. Assim, não há registo de desconstrução de conhecimento por parte destes grupos. Provavelmente seria necessário mais tempo com estes alunos para que, através do diálogo, fosse possível saber se possuíam algum conhecimento errado.

De forma semelhante ao que já foi indicado para a atividade 2, as transcrições colocadas na grelha permitiram fazer uma análise relativamente ao sucesso ou insucesso da estratégia na atividade 3, de acordo com os objetivos de investigação definidos. Então verificou-se que:

- Os mapas mentais apresentados, úteis para mostrar como os alunos aprendem, evidenciam que os alunos/grupos desconstruíram os conhecimentos errados que possuíam e construíram novo conhecimento. Significa que, de acordo com a teoria de Piaget, as atividades propostas provocaram um conflito cognitivo na mente dos alunos, permitindo-lhes a reformulação do seu próprio “mapa mental”.

- Durante a resolução de problemas com o simulador os dados sugerem que os alunos apreenderam informação, formularam hipóteses e realizaram raciocínio, o que evidencia que, de acordo com a grelha de Wang et al. (2013), os alunos aprenderam construtivisticamente.

- Os alunos continuaram a utilizar o simulador para testar as variáveis, realizando experiências com *Drosophilas* portadoras de características genéticas diferentes e fazendo variar o número de descendentes em cada geração.

- Os alunos colocavam hipóteses e testavam-nas recorrendo ao simulador, quer através da realização de experiências quer através da utilização do quadro de cruzamento.

- Por vezes, os alunos desenvolviam raciocínio apoiando-se no simulador para o explicitar, ou então os resultados que obtinham durante a exploração do simulador levava-os a desenvolver o raciocínio e a tirar as conclusões.

- Há evidências de que a interação com o simulador permitiu a construção de conhecimento.

Análise das respostas à ficha de trabalho

Para validar a concretização dos objetivos delineados para esta atividade, analisaram-se as respostas dadas pelos alunos às questões da ficha de trabalho (Anexo 13) que acompanhou a resolução de problemas em simulador, sintetizando-se os resultados na tabela 14.

Tabela 14 – Análise das respostas às questões da ficha de trabalho da atividade 3.

	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
Grupo 1	✓	P.C	✓	P.C.	✓
Grupo 2	✓	✓	✓	P.C.	P.C.
Grupo 3	✓	✓	✓	P.C.	P.C.
Grupo 4	✓	✓	✓	P.C.	P.C.

(Legenda: ✓- Totalmente correto; P.C.- Parcialmente correto; X - Errado)

Da análise da tabela verifica-se que todos os grupos indicaram corretamente o sexo e o fenótipo das moscas envolvidas nos cruzamentos (questão 1). Os grupos 2, 3 e 4 determinam corretamente a característica dominante (questão 2), o grupo 1 apresentou a resposta parcialmente correta porque apesar de mostrar o raciocínio corretamente, trocou o genótipo de duas moscas (o que, no caso, não influencia os resultados).

Todos os grupos referiram corretamente que os resultados esperados no cruzamento recíproco, atendendo aos princípios de Mendel, seriam os mesmos (questão 3). Todos os grupos indicaram os dados relativos aos cruzamentos ligados ao sexo corretamente (questão 4), no entanto, todos apresentaram as respostas parcialmente corretas devido a falhas ao nível das conclusões.

Apenas o grupo 1 apresentou o genótipo dos progenitores e justificou convenientemente a resposta (questão 5). No entanto, todos os grupos que têm a resposta parcialmente correta indicaram corretamente os genótipos dos progenitores que devem cruzar para obter a descendência pretendida. Os erros que apresentaram advêm de: falha no fenótipo de um descendente (grupo 2), trocas no genótipo dos descendentes (grupo 3) e indicação incorreta do número de uma das moscas (grupo 4).

Análise das respostas ao teste de avaliação

Relativamente à análise das respostas às questões da ficha de avaliação (Anexo 14) que envolviam a “transmissão de características ligadas ao sexo”, construiu-se a tabela 15 que resume os resultados obtidos pelos alunos.

Tabela 15 - Análise das respostas às questões da ficha de avaliação, que avaliavam a transmissão de características ligadas ao sexo.

	Questão 12	Questão 13		Questão 14
	Identificar ligação ao cromossoma X	Referir cruzamento recíproco	Justificação	Identificar genótipo ligado ao sexo e justificação
Ana	√	√	P.C.	√
Carlos	X	√	X	√
Inês	√	√	P.C.	√
Joana	√	√	√	√
Maria	√	√	P.C.	√
Pedro	√	√	√	P.C.
Rita	√	√	√	√
Rui	X	√	X	√

(Legenda: √- Totalmente correto; P.C.- Parcialmente correto; X - Errado)

Da análise das respostas, verifica-se que apenas dois alunos não identificaram corretamente tratar-se de um caso de transmissão ligado ao cromossoma X (questão 12). Constata-se que todos os alunos sabem como proceder para demonstrar que uma característica está ligada ao sexo (questão 13). Contudo, quando lhes foi solicitado que justificassem a resposta com recurso ao xadrez mendeliano, apenas três alunos o fizeram corretamente e dois erram totalmente a justificação. Três alunos apresentaram a resposta incompleta, no entanto, parecem existir evidências de que compreenderam o procedimento a efetuar para demonstrar que uma característica está ligada ao sexo, uma vez que apresentaram todo o raciocínio corretamente, faltando apenas a conclusão dos resultados obtidos.

Sete alunos indicaram corretamente os genótipos dos progenitores e justificaram convenientemente a resposta (questão 14). Apenas um aluno apresentou a resposta parcialmente correta, embora a análise da resposta sugira que compreendeu a transmissão da característica ligada ao sexo uma vez que apresentou corretamente todo o raciocínio, apenas contém um erro no genótipo dos descendentes.

4. ATIVIDADE 4

Nesta atividade, a ficha a utilizar foi elaborada no sentido de os alunos aplicarem os conhecimentos adquiridos nas atividades anteriores, evidenciando se sabem ou não os conceitos envolvidos, funcionando como instrumento de avaliação. Nessa

perspetiva, sendo esses conhecimentos adquiridos construtivisticamente, a avaliação evidenciará a própria metodologia.

Avaliou-se cada uma das respostas e atribuiu-se uma classificação quantitativa, em função dos critérios de correção previamente estabelecidos. A tabela 16 apresenta a classificação quantitativa final (de zero a vinte valores) obtida por cada grupo.

Tabela 16 – Classificação obtida pelos grupos na ficha de trabalho realizada na atividade 4.

	Classificação (de 0 a 20 valores)
Grupo 1	20
Grupo 2	17.2
Grupo 3	13.6
Grupo 4	20

Os resultados obtidos nas respostas às questões da ficha (Anexo 15), mostram que os grupos 1 e 4 responderam corretamente a todas as questões. Os alunos adquiriram os conceitos e aplicaram-nos devidamente, justificando convenientemente todas as respostas. Há evidências de que os alunos aprenderam.

O grupo 2 apresentou todas as respostas parcialmente corretas. Na resposta à primeira questão indicou um cruzamento errado e não fez referência ao cruzamento recíproco. Nas restantes respostas nunca fez referência ao conceito “cruzamento recíproco”, apesar de efetuar o cruzamento corretamente. Salienta-se que nos registos da investigadora não há referência por parte dos alunos ao conceito “cruzamento recíproco”, apesar de o realizarem no simulador e utilizarem expressões como “Mudámos o sexo do indivíduo portador das características e os resultados são os mesmos” (Rui, questão 1). Os dados sugerem que os alunos aplicaram o conhecimento apesar de existirem falhas na linguagem científica.

O grupo 3 também apresentou as quatro respostas parcialmente corretas, uma vez que não referiu o cruzamento recíproco (questão 1) e não fez um dos dois cruzamentos pretendidos nas respostas às questões 2, 3 e 4. No entanto, nas notas de campo da investigadora, Pedro, na resposta à primeira questão, afirma “Agora faço o cruzamento recíproco” e “Se fizermos o recíproco e der o mesmo resultado eliminamos o ligado ao sexo”. Estes dados sugerem que, apesar do grupo 3 não escrever na resposta o conceito “cruzamento recíproco”, ele foi adquirido, e demonstra saber que é necessário realizar o referido cruzamento para justificar os

resultados. Nas respostas às restantes questões os alunos nunca escreveram os dados do cruzamento direto, apenas registaram os do cruzamento recíproco, não fazendo assim a comparação entre os resultados obtidos nos dois cruzamentos. Não obstante, nos registos da investigadora há referências do género “o cruzamento recíproco dá diferente, logo tem que ser ligado ao cromossoma sexual” (Pedro, referindo-se à questão 2) e “... se fizeres o cruzamento recíproco dá sempre o mesmo resultado” (Joana, questão 4). A investigadora também registou que os alunos, no simulador, realizaram os dois cruzamentos e colocaram os resultados lado a lado, para os compararem. Estas referências/ações dos alunos mostram que no simulador realizaram os dois cruzamentos, o direto e o recíproco, compararam os resultados e tiraram as suas conclusões, no entanto, não o registaram no suporte escrito. Logo, parecem existir evidências de que há alunos com mais facilidade em demonstrarem o raciocínio via simulador do que através do suporte escrito.

Considerações finais

Apesar de os resultados obtidos não serem generalizáveis (embora abra a hipótese a estudos futuros), uma vez que o desenho de investigação assenta num estudo de caso, a utilização das fichas, apoiada na técnica de aprendizagem baseada na resolução de problemas, e a exploração do simulador, parecem ser apropriadas para os alunos construírem o conhecimento sobre os objetivos de aprendizagem em questão.

A utilização dos vários instrumentos de recolha de dados (gravações de áudio e vídeo, fichas de resolução de problemas e o teste de avaliação) foi vantajosa para complementar evidências e para fazer a triangulação das fontes de dados. Os dados fornecidos pelas três fontes sugerem que a estratégia pedagógica adotada permitiu aos alunos, numa perspetiva construtivista, aprenderem conhecimentos novos da unidade curricular “Património Genético”. A metodologia utilizada parece ter sido igualmente adequada no processo de desconstrução de conhecimento errado, uma vez que tendo os alunos um pré-conceito, através da exploração do simulador tiveram evidências do contrário, o que lhes permitiu desconstruir um conceito e construir um novo.

5. ANÁLISE DAS PERCEÇÕES DOS ALUNOS

Era objetivo secundário desta investigação conhecer a opinião dos alunos em relação à metodologia utilizada, por isso se apresentam nesta secção os dados recolhidos através do questionário de opinião respondido pelos alunos.

Para se proceder à análise dos dados, agruparam-se as perguntas por forma a conhecer a percepção dos alunos em relação a dois aspetos: motivação (com simulador e ABP) e aprendizagem (com simulador e ABP). Atendendo à dimensão da amostra, analisou-se unicamente se a opinião dos alunos era favorável ou desfavorável.

Perguntou-se aos alunos se a sua motivação para o estudo do tema foi maior com a utilização do simulador. Os resultados obtidos estão expressos no gráfico 1.

A motivação para o estudo do tema foi maior com a utilização do simulador

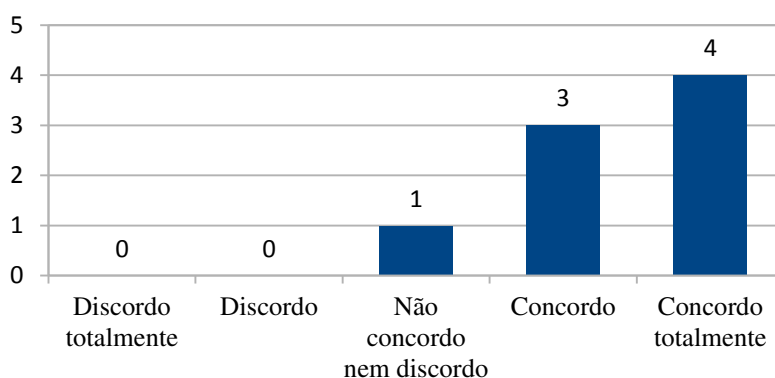


Gráfico 1 – Respostas dos alunos à questão “A motivação para o estudo do tema foi maior com a utilização do simulador”.

O gráfico mostra que 7 dos 8 alunos consideraram que a motivação para o estudo do tema foi maior, existindo no entanto diferentes graus da motivação sentida (concordo ou concordo totalmente). Existe apenas um aluno que não sentiu nem maior nem menor motivação com a utilização do simulador.

Procurou-se, de seguida, saber se os alunos tinham gostado de realizar as atividades propostas, tendo os 8 concordado totalmente. Quando se solicitou aos alunos para referirem o grau de satisfação ao utilizarem o simulador para aprender hereditariedade, todos dizem sentir-se satisfeitos/muito satisfeitos com a sua utilização.

Relativamente às questões relacionadas com a aprendizagem, e após a análise dos dados, verificou-se que:

- Todos os alunos concordaram/concordaram totalmente com o facto de a utilização do simulador lhes ter facilitado a compreensão dos conteúdos abordados.
- Relativamente ao item “o simulador estimulou a minha participação nas atividades”, os 8 alunos mencionaram concordar/concordar totalmente.
- No que respeita à concretização das tarefas, todos os alunos responderam concordar/concordar totalmente.
- Os 8 alunos consideraram concordar/concordar totalmente com o facto de o simulador lhes dar um papel mais ativo na aprendizagem.
- Todos os alunos referiram concordar/concordar totalmente face à possibilidade de repetir esta experiência de aprendizagem noutras matérias.
- Todos os alunos responderam “sim” quando foram questionados sobre se escolhiam o simulador como ferramenta de aprendizagem.
- Os 8 alunos responderam afirmativamente quando se lhes perguntou se escolhiam o simulador para a resolução de problemas.

Outro instrumento de recolha de dados, a captura de ecrã com áudio incluído, apresenta resultados que são interessantes de triangular com os dados recolhidos no questionário. Efetivamente, nos registos áudio obtidos durante o decorrer das atividades a investigadora deparou-se com as seguintes frases dos alunos: “Isto é fixe! Gosto bué disto!” (Maria); “Criar mosquinhas. Uma prima minha fez a experiência, ela diz que era bué de fixe mas que era um bocado chato ter que andar a contar as moscas.” (Rita); “Aqui é muito mais fácil!” (Inês). Estes dados corroboram alguns dos resultados recolhidos com o questionário, nomeadamente no que diz respeito à satisfação e motivação dos alunos ao utilizar o simulador, bem como o facto de lhes ter facilitado a aquisição dos conteúdos.

Constata-se que a opinião dos alunos é muito consensual relativamente às questões formuladas. Assim, os resultados evidenciam que a utilização do simulador proporcionou uma maior **motivação** para o estudo do tema, os alunos gostaram de realizar as **tarefas** propostas e sentiram-se satisfeitos/muito satisfeitos ao utilizarem o simulador para aprender hereditariedade. Os resultados mostram ainda que o

simulador facilitou a **compreensão** dos conteúdos, propiciou aos alunos um papel mais ativo na **aprendizagem**, estimulou a sua participação nas atividades e possibilitou a concretização de todas as tarefas propostas. Serão estas as razões que levam, eventualmente, os alunos a referir que escolhiam o simulador quer como ferramenta de aprendizagem quer como forma de resolver problemas, o que também os leva a indicar que gostariam de repetir, noutras matérias, a presente experiência de aprendizagem.

Os resultados obtidos vão ao encontro dos estudos divulgados, nos artigos de Lunce (2006) e Rutten et al. (2012), que referem que a utilização de simulações em cenários construtivistas pode aumentar a motivação dos alunos para o estudo das matérias, proporcionando-lhes um papel mais ativo, facilitando a compreensão dos conceitos e a sua aprendizagem.

CAPÍTULO VII – CONCLUSÕES

1. CONCLUSÕES DO ESTUDO

As dificuldades na realização de experiências e na compreensão de conceitos abstratos, em particular no domínio da hereditariedade, levaram a que fosse desenhada uma estratégia de ensino-aprendizagem baseada em simulações computacionais. Numa perspetiva construtivista esta estratégia pretendeu levar os alunos a aprender com as TIC e, no caso concreto desta investigação, aprender com o simulador StarGenetics, baseando-se no desenvolvimento de trabalho direto com os alunos em ambientes de aprendizagem concebidos para servir esse propósito.

Neste relatório apresentou-se uma investigação que pretendia estudar se a exploração de simuladores com atividades baseadas em resolução de problemas proporciona aos alunos um ambiente de aprendizagem construtivista e facilitador da compreensão dos conceitos de hereditariedade.

A metodologia utilizada baseou-se num estudo de caso, com oito alunos de uma turma do 12º ano de escolaridade. Utilizaram-se como instrumentos de recolha de dados o registo áudio, captura de ecrã de computador, questões das fichas de trabalho, questões do teste de avaliação, diário de bordo e um questionário.

O primeiro objetivo principal do estudo teve como finalidade descrever a construção do conhecimento dos alunos (em hereditariedade) aquando da resolução de problemas com o simulador. Com base na análise dos dados recolhidos (áudio e vídeo) verificou-se que os alunos, durante a resolução dos problemas das fichas de trabalho com a utilização do simulador, **apreenderam informação importante, formularam hipóteses**, efetuaram experiências virtuais para testarem essas mesmas hipóteses e **realizaram raciocínio**. Os dados sugerem que o ambiente de aprendizagem proporcionado aos alunos permitiu que refletissem sobre as experiências realizadas e assim, construísem ativamente o conhecimento. Os dados também sugerem que a estratégia pedagógica implementada permitiu aos alunos não só construírem conhecimento novo como também desconstruírem pré-conceitos errados, ou seja, possibilitou a construção/reconstrução de um novo mapa de associações mentais. Assim, existem evidências de que os alunos **compreenderam**

os conceitos e adquiriram o conhecimento relativo a “cruzar com o homozigótico recessivo - cruzamento teste” e “transmissão de características ligadas ao sexo”.

Verificou-se que em alguns grupos não se registou desconstrução de conhecimento, uma vez que não houve evidências da presença de pré-conceitos errados. Possivelmente seria necessário mais tempo para que, através do diálogo, se pudesse investigar se esses pré-conceitos existiam nas suas mentes.

Por outro lado, a análise das respostas às fichas de trabalho sugerem que os alunos adquiriram os conceitos e aplicaram corretamente os conhecimentos. Dos grupos de alunos que não deram as respostas totalmente corretas, alguns dos erros devem-se a trocas de genótipos e/ou fenótipos, não colocando em causa a compreensão dos conceitos. Por outro lado, as justificações que apresentam aproximam-se do pretendido, salientando-se no entanto que, muitas vezes, a falta de uma palavra/expressão impede que a resposta esteja totalmente correta.

Constatou-se que alguns alunos ao chegarem à questão final da ficha de trabalho, que permitia avaliar o processo de construção de conhecimento, não respondiam logo de forma correta, havendo necessidade de relembrar alguns conceitos prévios, o que pode denotar que estes alunos necessitavam de mais aulas para realizar exercícios de consolidação de matéria.

A análise das respostas dadas pelos alunos à ficha de trabalho que pretendia avaliar os conhecimentos adquiridos nas atividades anteriores, demonstrou que compreenderam e aplicaram corretamente os novos conceitos. Acrescenta-se que as falhas verificadas na parte escrita não foram percecionadas durante a exploração do simulador, uma vez que os alunos utilizaram o conhecimento para testarem hipóteses e demonstrar o raciocínio sem terem que escrever, o que sugere que há alunos que se exprimem melhor através do simulador que por meio da escrita. Tendo em consideração que os conhecimentos foram adquiridos construtivisticamente, existem evidências de que a **metodologia utilizada** permitiu aos alunos **construírem o conhecimento**.

A análise das respostas à questão do teste de avaliação, parece reforçar a evidência de que a maioria dos alunos compreendeu o conceito “cruzar com o homozigótico recessivo – cruzamento teste”; três alunos manifestaram alguma dificuldade em

exprimirem por escrito o significado do conceito. Relativamente às questões relacionadas com a transmissão de características ligadas ao sexo, a maioria dos alunos compreendeu o conceito. No caso dos alunos que não deram a resposta correta, tal como já aconteceu nas fichas de trabalho, as justificações dadas aproximam-se bastante do que é pretendido, o raciocínio apresentado está correto, existindo apenas falhas ao nível das conclusões ou na troca de genótipos.

As fichas baseadas na resolução de problemas, concebidas para irem ao encontro dos mapas de conceitos desenhados para planear as atividades, bem como a exploração do simulador, permitiram que os alunos desconstruíssem pré-conceitos errados e construíssem novo conhecimento, estabelecendo, na sua cognição, um “novo mapa de conceitos”.

Desta forma, e de acordo com os pressupostos construtivistas, os alunos foram responsáveis pela construção do seu conhecimento e construíram-no ativamente, através da resolução de problemas e em interação com o simulador.

Apesar de não se poderem fazer generalizações, dado o cariz desta investigação, os resultados obtidos sugerem que a estratégia pedagógica **aprender através da resolução de problemas e exploração do simulador**, mostrou-se adequada no processo de aprendizagem e permitiu a compreensão dos conceitos de hereditariedade envolvidos nas diferentes atividades.

O segundo objetivo pretendeu descrever a utilização/interação dada ao simulador aquando da resolução dos problemas. O estudo revelou que os alunos interagiram com o simulador facilmente e não houve evidências de confusão devido ao número de variáveis utilizado. Verificou-se que os alunos realizavam experiências virtuais e utilizavam os quadros de cruzamento para resolver os problemas. Os resultados sugerem que alguns alunos conseguem exprimir melhor o seu raciocínio utilizando o simulador que o suporte escrito. A interação dos alunos com o simulador permitiu-lhes testar hipóteses, apoiar o raciocínio e desenvolvê-lo. Os resultados evidenciam que o conhecimento aprendido pelos alunos surgiu pela interação com o simulador.

Os simuladores podem ser utilizados em vários contextos de sala de aula. Nesta investigação, os simuladores pareceram ser úteis não só para aprender

construtivisticamente mas também para resolver exercícios de aplicação de matéria, podendo ser uma estratégia para avaliar o aluno na aplicação de conhecimentos.

Este estudo tinha como objetivo secundário conhecer as percepções dos alunos acerca da metodologia utilizada. Os resultados obtidos permitem concluir que os alunos se sentiram mais motivados para aprender hereditariedade utilizando o simulador, que gostaram de realizar as tarefas e que se sentiram satisfeitos com a utilização do mesmo. Ainda de acordo com a percepção dos alunos e relativamente à aprendizagem, todos referem que o simulador facilitou a compreensão dos conteúdos, proporcionou um papel mais ativo e estimulou a participação nas atividades. Os resultados também mostram que todos os alunos conseguiram concretizar as tarefas, todos escolheram o simulador como instrumento de aprendizagem e como ferramenta de resolução de problemas. Por último, todos os alunos gostariam de repetir a experiência de aprendizagem noutras matérias.

2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Uma das limitações a indicar prende-se com o facto de a investigadora não ser a professora da turma, o que pode ter influenciado e condicionado a realidade da investigação, uma vez que se tratava de um elemento estranho que poderia perturbar o ambiente natural de aprendizagem. Por outro lado, o facto de a investigadora não ser professora da turma implicou a necessidade de articulação com a professora da turma, quer ao nível dos conteúdos, para que a intervenção ocorresse nos momentos previstos, quer ao nível dos horários, uma vez que as aulas da professora coincidiam com as da investigadora, o que implicou a permuta de várias aulas.

Uma vez que estratégias de aprendizagem centradas no aluno e na resolução de problemas requerem mais tempo do que uma aula expositiva, há ainda a considerar a limitação do tempo de duração das atividades. Seriam necessárias mais aulas e mais atividades para permitir aos alunos consolidar a matéria e assim solidificarem o conhecimento.

3. TRABALHO FUTURO

Um ambiente de aprendizagem é, pela sua própria natureza, um ambiente complexo para ser estudado, dada a grande quantidade de variáveis que influenciam a aprendizagem. Ao colocarem-se os alunos em grupo previa-se que a aprendizagem seria potenciada pela interação entre os pares, o que se enquadraria numa aprendizagem que podia ser estudada pelo construtivismo social de Vigotsky. Assim, procurou-se que neste estudo, e quando da análise de conteúdo das transcrições, não assinalar as evidências da construção de conhecimento decorrente dessa interação, uma vez que era uma aprendizagem que, embora de natureza construtivista, ocorreu para além do estudo que se estava a desenvolver (papel do simulador na construção do conhecimento). Neste contexto, e sabendo que há autores que defendem que a ABP é um método de ensino que permite aos alunos desenvolver competências associadas ao trabalho em grupo, poderia ser pertinente investigar futuramente esta dimensão, procurando analisar até que ponto a interação entre pares pode ajudar os alunos na construção do conhecimento (aquando de uma utilização do simulador).

O tempo planeado para a execução das atividades também é uma variável que se deve ter em conta para analisar o sucesso/insucesso de um ambiente de aprendizagem. Na implementação da proposta didática verificou-se que alguns grupos de alunos precisaram de mais tempo para terminar a ficha de trabalho, o que sugere que as aulas de noventa minutos poderão ser insuficientes para alguns alunos. Estes dados permitem levantar a questão da adequação do tempo de duração das atividades.

Finalmente, e também decorrente da análise feita às fontes de dados, constatou-se que alguns alunos apresentam dificuldades ao nível da expressão escrita, o que permite também levantar uma hipótese de estudo interessante, procurando-se conhecer como é que o próprio simulador, enquanto ferramenta de expressão do conhecimento, podia ser utilizado como instrumento de avaliação.

BIBLIOGRAFIA

- A 48 hour computer simulation of Typhoon Mawar using the Weather Research and Forecasting model. (2005). *Wikipedia*. Consultado em May 02, 2014, http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_simulation,
- Abdulwahed, M., & Nagy, Z. K. (2009). The impact of the virtual lab on the hands-on lab learning outcomes , a two years empirical study case. In *20th Australian Association for Engineering Education Conference* (pp. 255–260). Consultado em August 13, 2013, <http://aaee.com.au/conferences/AAEE2009/PDF/AUTHOR/AE090077.PDF>,
- Abdulwahed, M., & Nagy, Z. K. (2011). The trilab, a novel ICT based triple access mode laboratory education model. *Computers & Education*, 56(1), 262–274. Consultado em August 13, 2013, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131510002186>,
- Addition reaction-animation. (2010). Consultado em April 30, 2014, <https://www.youtube.com/watch?v=8G1NXYZKGL0>,
- Albu, M., Holbert, K., & Mihai, F. (2003). Online experimentation and simulation in a signal processing virtual laboratory. In *International Conference on Engineering Education* (pp. 1–8). Consultado em August 08, 2013, <http://www.ineer.org/events/icee2003/proceedings/pdf/3362.pdf>,
- Alessi, S., & Trollip, S. (2001). *Multimedia for learning : Methods and development* (3^a ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Altoé, A., & Penati, M. M. (2005). O Construtivismo e o Construcionismo fundamentando a ação docente. *Educação E Novas Tecnologias*, 55–67. Consultado em October 04, 2013, <http://www.dtp.uem.br/gepia/pde/constru.pdf>,
- Anido, L., Llamas, M., & Fernández, M. J. (2001). Internet-based learning by doing. *IEEE Education Society*, 44(2). Consultado em September 21, 2013, <http://www.ewh.ieee.org/soc/es/May2001/17/Begin.htm>,
- Barrett, T. (2005). Understanding Problem - Based Learning. In T. Barrett, I. Mac Labhrainn, & H. Fallon (Eds.), *Handbook of Enquiry and Problem-based Learning* (pp. 13–25). Consultado em January 13, 2014, <http://www.aishe.org/readings/2005-2/contents.html>,
- Bidarra, M. da G., & Festas, M. I. (2005). Construtivismo(s): Implicações e Interpretações Educativas. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 39(2), 177–195. Consultado em September 30, 2013, http://gaius.fpce.uc.pt/niips/gbidarra/Bidarra2005_Construtivismo.pdf,
- Bogdan, R., & Biklen, S. (2010). *Investigação Qualitativa em Educação : Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*. Porto: Porto Editora.

- Calvo, Zulueta, López, & Gangoiti. (2012). Sistema de Teleoperación de un Robot Móvil LEGO Mindstorms. Consultado em May 24, 2014, <http://www.mecatronicos.org/?p=199>,
- Costa, C. (2007). Currículo numa comunidade de prática. *Sísifo- Revista de Ciências Da Educação*, 3. Consultado em October 02, 2013, <http://sisifo.fpce.ul.pt/pdfs/sisifo03PT07.pdf>,
- Coutinho, C. P. (2013). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática* (2ª edição.). Coimbra: Edições Almedina.
- Decreto - Lei nº 139/2012 de 5 julho. (2012). Diário da República nº 129/2012 - 1.ª Série Ministério da Educação. Lisboa.
- Fiolhais, C., & Trindade, J. (2003). Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3), 259–272. Consultado em August 19, 2013, <http://mylibrary.mediu.edu.my:8181/xmlui/handle/123456789/2138>,
- García, M. L., & Ortega, J. G. M. (2007). Las TIC en la enseñanza de la biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 6(3), 562–576. Consultado em August 13, 2013, http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N3.pdf,
- Gil, H. T., & Baggott, L. (2000). Ensino experimental, microscópio virtual e tecnologias da informação: uma proposta digital. In *ESECB - Comunicações em encontros científicos e técnicos* (pp. 1–14). Consultado em June 18, 2013, <http://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/1161>,
- Hill, M. M., & Hill, A. (2005). *Investigação Por Questionário* (2ª edição.). Lisboa: Edições Sílabo.
- IESJM. (n.d.). Alun de fotos. *IES Juan de Mairena*. Consultado em September 23, 2013, <http://encina.pntic.mec.es/~ayug0000/LABOCIEN.htm>,
- Jonassen, D. (1996). O uso da novas tecnologias na educação a distância e a aprendizagem construtiva. *Revista Em Aberto*, 70, 70–88. Consultado em September 28, 2013, <http://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/2504.pdf>.,
- Jonassen, D. (2011). Supporting problem solving in PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 5(2), 9–27. Consultado em January 15, 2014, <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1256&context=ijpbl>,
- Jonassen, D. H. (2007). *Computadores, ferramentas cognitivas: Desenvolver o pensamento crítico nas escolas* (2ª ed.). New Jersey: Porto Editora.
- Jong, T. de. (1991). Learning and instruction with computer simulations. *Education & Computing*, 6, 217–229. Consultado em September 28, 2013, http://doc.utwente.nl/50414/1/K50414_.PDF,

- Jong, T. de, & Joolingen, W. R. van. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201. Consultado em August 06, 2013, <http://rer.sagepub.com/content/68/2/179.short>,
- Jong, T. de, & Njoo, M. (1992). Learning and instruction with computer simulations: Learning processes involved, 411–427. Consultado em September 28, 2013, http://doc.utwente.nl/27111/1/K27111_.PDF,
- Junior, J. B. B., & Coutinho, C. P. (2007). Projecto e desenvolvimento de um laboratório virtual na plataforma moodle. Universidade do Minho. Consultado em June 27, 2013, <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/6504>,
- Lei 49/2005 de 30 agosto. (2005). Diário da República nº 166/2005 - 1.^a Série- A. Ministério da Educação. Lisboa.
- Leite, L., & Esteves, E. (2006). Trabalho em grupo e aprendizagem baseada na resolução de problemas: um estudo com futuros professores de Física e de Química. In *International Conference Problem Based Learning, Lima, Perú, 2006 – “Actas do International Conference PBL 2006 ABP.”* [Lima : Pontifícia Universidad Católica del Perú, 2006]. Consultado em January 13, 2014, <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9986>,
- Lunce, L. M. (2006). Simulations: Bringing the benefits of situated learning to the traditional classroom. *Journal of Applied Educational Technology*, 3(1), 37–45. Consultado em October 27, 2013, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.93.8969&rep=rep1&type=pdf>,
- Macêdo, J. A. de, & Dickman, A. G. (2009). Simulações computacionais como ferramentas auxiliares ao ensino de conceitos básicos de eletricidade. In *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física* (pp. 1–12). Consultado em November 01, 2013, http://www.cienciamao.if.usp.br/dados/snef/_simulacoescomputacionais.trabalho.pdf,
- Manney, T. R., & Manney, M. L. (1993). Using Yeast Genetics to Generate a Research Environment. *Genetics*, 134(1), 387–391. Consultado em August 14, 2013, <http://www.genetics.org/content/134/1/387.short>,
- Martins, A. J., Fiolhais, C., & Paiva, J. (2003). Simulações on-line no ensino da Física e da Química. *Revista Brasileira de Informática Na Educação*, 11(2). Consultado em June 18, 2013, <http://estudogeral.sib.uc.pt/jspui/handle/10316/12605>,
- Massachusetts Institute of Technology. (2013). StarGenetics. Consultado em September 09, 2013, <http://star.mit.edu/genetics/index.html>,
- Meirinhos, M., & Osório, A. (2010). O estudo de caso como estratégia de investigação em educação. *Eduser: Revista de Educação*, 2(2), 49–65. Consultado em [https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/3961/1/O estudo de caso como](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/3961/1/O%20estudo%20de%20caso%20como)

estrat%C3%A9gia de investiga%C3%A7%C3%A3o em educa%C3%A7%C3%A3o.pdf,

Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769–780. Consultado em August 07, 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>,

Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2000). *Ensinando Ciência para a compreensão - uma visão construtivista*. Lisboa: Plátano.

Morais, C., & Paiva, J. (2007). Simulação digital e actividades experimentais em Físico-Químicas. Estudo piloto sobre o impacto do recurso “Ponto de fusão e ponto de ebulição” no 7.º ano de escolaridade. *Sísifo. Revista de Ciências Da Educação*, 3(7), 101–112. Consultado em August 27, 2013, <http://sisifo.fpce.ul.pt/pdfs/sisifo03PT08.pdf>,

Muhamad, M., Zaman, H. B., & Ahmad, A. (2011). Developing virtual laboratory for biology (VLab-Bio): A proposed research conceptual framework. *International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, (July). Consultado em <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractAuthors.jsp?arnumber=6021732>,

Muhamad, M., Zaman, H. B., & Ahmad, A. (2012). Virtual biology laboratory (VLab-Bio): Scenario-based learning approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 162–168. Consultado em June 18, 2013, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812053815>,

Murphy, S., Hartigan, I., Walshe, N., Flynn, A. V., & O’Brien, S. (2011). Merging problem-based learning and simulation as an innovative pedagogy in nurse education. *Clinical Simulation in Nursing*, 7(4), e141–e148. Consultado em January 17, 2014, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876139910000046>,

Ponte, J. P. da. (2006). O estudo de caso na investigação em educação matemática. *Bolema*, 25(1), 105–132. Consultado em November 24, 2013, <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/3007>,

Programa Nacional de Biologia 12º Ano. (2004). *Ministério Da Educação Direcção-Geral de Inovação E de Desenvolvimento Curricular*. Ministério da Educação - Direcção- Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular.

Ribeiro, A. A., & Greca, I. M. (2003). Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. *Quimica Nova*, 26(4), 542–549. Consultado em October 23, 2013, <http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n4/16437.pdf>,

Rutten, N., Joolingen, W. R. van, & Veen, J. T. van der. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153. Consultado em May 22, 2013, <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131511001758>,

- Santos, J. A. S. (n.d.). Teorias da Aprendizagem: Comportamentalista, Cognitivista e Humanista. *Revista SIGMA*, 2, 97–191. Consultado em October 04, 2013, http://blogs.virtual.ufc.br/licie/wp-content/uploads/2013/07/100416101846Revista_SIGMA_2_Parte_3.pdf,
- Simões, M. M. de A. F. (2008). *Laboratórios virtuais de matemática como um espaço de apoio à actividade do professor do século XXI: um estudo de caso*. Consultado em August 13, 2013, <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9479>,
- Sved, J. A. (2010). Genetics computer teaching simulation programs: promise and problems. *Genetics*, 185, 1537–40. Consultado em September 11, 2013, <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2921828&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>,
- Tatli, Z., & Ayas, A. (2011). Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159–170. Consultado em August 15, 2013, <http://www.academia.edu/download/30502129/14.pdf>,
- Teodoro, V. D. (1997). Modelação computacional em ciências e matemática. *Revista Brasileira de Informática Na Educação*, 10(2), 171–182. Consultado em November 01, 2013, http://www.colombiaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-112586_archivo.pdf,
- Universidade Minho. (2013). Vlabs - Laboratórios Virtuais. Consultado em September 20, 2013, <http://vlabs.uminho.pt/biologia/biologia.html>,
- University of Colorado. (2011). Interactive Science Simulations. Consultado em May 02, 2014, http://phet.colorado.edu/sims/my-solar-system/my-solar-system_pt_BR.html,
- Valente, J. A. (1993). Diferentes usos do computador na educação. *Computadores E Conhecimento: Repensando a Educação*, 1–28. Consultado em November 01, 2013, <http://ffalm.br/gied/site/artigos/diferentesusoscomputador.pdf>,
- Valente, J. A., Freire, F. M. P., Rocha, H. V. da, D'Abreu, J. V., Baranauskas, M. C. C., Martins, M. C., & Prado, M. E. B. B. (n.d.). *O computador na sociedade do conhecimento* (pp. 1–116). Consultado em September 07, 2013, <http://ged.feevale.br/bibvirtual/Diversos/0000001A.pdf>,
- Vekli, G. S., & Cimer, A. (2012). Designing Computer Assisted Problem Based Learning Environment in the Subject of Endocrine System in Human Beings for High School Biology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 303–310. Consultado em January 05, 2014, <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042812023919>,
- Wang, M., Wu, B., Kinshuk, Chen, N.-S., & Spector, J. M. (2013). Connecting problem-solving and knowledge-construction processes in a visualization-based learning environment. *Computers & Education*, 68, 293–306. Consultado em

December 20, 2013,
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131513001255>,

Wood, E. J. (2004). Problem-based learning: Exploiting knowledge of how people learn to promote effective learning. *Bioscience Education*, 3. Consultado em September 21, 2013, <http://journals.heacademy.ac.uk/doi/full/10.3108/beej.2004.030000006>,

ANEXOS

ANEXO 1 – MAILS TROCADOS COM O MIT

Anabela Abreu <abranabela@gmail.com>
Para star@mit.edu

24 de Junho de 2013 às 18:03

Hi,

I'm a biology teacher at secondary level and i'm doing a master's degree in pedagogical use of ICT, at IPL (polytechnic Institute of Leiria) in Portugal

After the contact with your simulator stargenetics of reproduction of the drosophila flies i'm thinking of implementing the use of the simulator in my classes, to do my final thesis.

My students maybe feel some difficulties with the english language, and the user interfaces seem to be prepared to be upgraded with several languages, so please inform of your interest in my contribution of translate the user interface to Portuguese.

Sara Bonner via RT <star@mit.edu>
Responder a: star@mit.edu
Para abranabela@gmail.com

26 de Junho de 2013 às 22:34

Hi Anabela

We are very excited about your expressed interest in translating StarGenetics into Portuguese. Yes, we do have the capability to add new languages to our software. I am in the process of updating several documents that can simplify this process. I will email them to you before the end of the week.

When does the class start that you would like to use StarGenetics in? Are you interested in translating the lessons or StarBiochem as well?

Cheers
Sara

Anabela Abreu <abranabela@gmail.com>
Para star@mit.edu

28 de Junho de 2013 às 14:38

Hi Sara

I'm glad to collaborate with you! Next week i will have a meeting with the professor that will guide my dissertation and show him my ideas.

I'm intending to use the StarGenetics in classroom in the next school year, probably in November. So by then the translation should be ready and approved by you, but i want to do the translation work in the summer holidays.

So when you have the documents related to the translation, please send it to me.

I don't know the StarBiochem by now so in the end of the work with the StarGenetics we will decide that depending on my availability.

Cheers,
Anabela

Sara Bonner via RT <star@mit.edu>
Responder a: star@mit.edu
Para abranabela@gmail.com

29 de Junho de 2013 às 01:2

Hi Anabela

Attached is a spreadsheet that has 4 columns. The first column, A, is labeled Key and you can completely disregard it. It is purely code related. The 2nd column, B, is labeled English and contains all the content to be translated but also has some html code as well which can be confusing. So the 3rd column, C, has the content to be translated without the code interwoven. Please refer to column B for context when column C has fragmented sentences. Anything that doesn't make sense such as a backslash "\" or a random meaningless 'n' can stay in place.

Column D is where you will place your translations and is the only column you can edit. The other columns are locked to ensure your reference point never gets edited.

You will find many instances of curly brackets with a number between like this {1} throughout. These note where additional information (such as a file or organism name) will be plugged into the sentence or phrase to complete the thought. They must remain in place contextually in your translations.

Some of the words or phrases may not have context to them. Most of them you will be able to find in the software to gain context but some of them may still be confusing. Please email me with any questions regarding this. I am working on finding a way to provide context with the spreadsheet to make translating easier. There are at least two more documents to follow but this is the bulk of the content to be translated.

Good luck and please let me know if you have questions.

Cheers
Sara

Para star@mit.edu

Hi Sara

I've already started the translation process but i would like to test the translation while I'm doing it. So please inform if you have some development program that i can use to test my translation in a real environment.

What i have in mind is the java program on a local file that not need to download the application from your site that reads the excel file where is the translation and present to me on the software the Portuguese version of what I've translated.

Is this somehow possible?

Thanks in advance.

Cheers,

[Citação ocultada]

--

Anabela Abreu

Sara Bonner via RT <star@mit.edu>

12 de Julho de 2013 às 15:28

Responder a: star@mit.edu

Para abranabela@gmail.com

Hi Anabela

Unfortunately we don't have a system where you can update the code yourself. If you would like to send me your updated spreadsheet 1-2 times a week I can update the code and make it available to you via the beta version on our website. I can do that for you today if you like.

Cheers

Sara

Anabela Abreu <abranabela@gmail.com>

12 de Julho de 2013 às 15:57

Para star@mit.edu

Hi Sara

It's a pity that you don't have that functionality because it was a great help in the process.

Meanwhile i attach an excel file with the work done so far.

Please send the beta version to be able to see my work appear in real on the software.

Cheers

Anabela Abreu <abranabela@gmail.com>

13 de Julho de 2013 às 12:04

Para star@mit.edu

Hi Sara,

Here goes a new version of the excel file with the portuguese language.

I'm feeling some difficulties with the translation of the yeast part, so if you could send me some information about it i'll be glad.

When you have that beta version ready send it to me, please.

Cheers,

[Citação ocultada]

--

Anabela Abreu

 **StarGenetics_Properties_pt.xls**

105K

Responder a: star@mit.edu

Para abranabela@gmail.com

Hi Anabela

Attached is a new excel file. I have incorporated your translations and because of formatting please refer to this one.

You can find the beta version at http://star.mit.edu/genetics/runapp_beta.html Firstly please pardon the liberal use of the United States flag this is something I still need to update but is a bigger project than I could get to at the moment. In addition to seeing your translation under Portuguese you will find a Translators Key which will have the key from the excel file in place of the words or phrases used through out the software. This way if you open StarGenetics twice and have one running in English and the other running in Translators Key you can see how the word or phrase is used contextually.

Regarding the yeast translation, I'm guessing you are referring to YeastProgenyLabel.22 -- Lawn grows, it shadows everything else... The word lawn is referring to a plate with complete growth of a strain. Here is a screenshot of how it is used within the software. If this is still unclear to you or you have any other questions please let me know and we can work through the rest of the translations together. I will be sending you additional files to be translated tomorrow.

Cheers!

Sara

Sara Bonner via RT <star@mit.edu>
Responder a: star@mit.edu
Para abranabela@gmail.com

19 de Julho de 2013 às 20:43

Hi Anabela

Here is the last file that needs to be translated. My apologies for the delay.

I also wanted to note that the words Quit, Cancel, and Discard are used frequently throughout the software and sometimes appear side by side. In some languages we have found that some translations for these words are interchangeable. To keep the meaning clear through out the software please find an individual translation for each word and maintain that translation throughout. From what I've seen you have managed to do this wonderfully already but a double check is great cause I can't read Portuguese very well.

Ter um bom fim de semana!

Cheers

Anabela Abreu <abranabela@gmail.com>
Para star@mit.edu

22 de Julho de 2013 às 21:56

Hello Sara,

First of all I would like to greet you for your excellent Portuguese :) I don't know why I'm doing this translation for you...

I haven't finish the translation yet, and now i'm going on holidays for 10 days so i will not do any work in these days, but when I'm back I'll finish the translation and i will send to you the definitive version.

Do you have, or know some papers regarding the use of the simulators or his usability thak you can send or point to me? I need bibliography to use in my dissertation, so if you can help me on this I'll appreciate.

Thanks in advance.

Cheers,

[Citação ocultada]

--

Anabela Abreu

Anabela Abreu <abranabela@gmail.com>
Para star@mit.edu

8 de Agosto de 2013 às 17:25

Hello Sara,

I've finished the translation and attached the excel files.

I've some difficulties with the translation relative to the yeasts but i try to do my best.

Hope to receive news from you son.

Cheers,

[Citação ocultada]

--

Anabela Abreu

Sara Bonner via RT <star@mit.edu>
Responder a: star@mit.edu
Para abranabela@gmail.com

8 de Agosto de 2013 às 19:43

Hi Anabela

Thanks for the files. I am on vacation so it will be a few days before I am able to update StarGenetics Beta.

Regarding publications for StarGenetics there currently aren't any. You can reference our website and the materials found there <http://star.mit.edu/genetics/> in your bibliography.

Thank you for taking the time to translate our software. We would love to hear how your class goes this fall!

Cheers

Sara

Anabela Abreu <abranabela@gmail.com>
Para star@mit.edu

22 de Agosto de 2013 às 13:28

Hello Sarah!

I hope that you had a nice hollidays and a good return to work.

I've seen that the application is now a pre-release version and that the Portuguese flag is already updated, but there are some modifications on the last files that i've sent to you that are not present in the application.

You still need to do more modifications on the software version, or is a problem with the last files that i've sent to you?

In any case i'm sending again the last version of the excel files.

There are also english expressions in the application that haven't been translated and are not int the files that you send to me for translation. One exemple is the expression "Summary of matting results \n No progeny available.

To generate progeny click on 'Mate' button." How should i act in these cases?

Best regards,

Anabela Abreu

ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO RELATIVO À FAMILIARIZAÇÃO COM O SIMULADOR

Tarefa	Alunos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Refere as características das moscas fornecidas utilizando a caixa das propriedades								
Coloca um macho na caixa de cruzamento								
Coloca uma fêmea na caixa de cruzamento								
Faz o cruzamento das duas moscas								
Mostra o sumário do cruzamento								
Faz a leitura dos resultados								
Aumenta o número de descendentes								
Realiza uma nova experiência utilizando moscas da F1 da experiência 1								
Abre a experiência 1 (das experiências guardadas) numa nova janela								
Elimina uma experiência								
No quadro de cruzamento seleciona dois genótipos para os progenitores								
Indica a proporção genotípica dos descendentes								

ANEXO 3 – FICHA DE TRABALHO DA ATIVIDADE 1 E 2



AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DE OURÉM - 120960

Escola Básica e Secundária de Ourém



Ficha de Trabalho 1 – Transmissão da característica tamanho da asa em *Drosophila*

Biologia 12º ano

Muitos dos principais conceitos de genética foram desenvolvidos em experiências realizadas com a mosca *Drosophila melanogaster*, a mosca da fruta, estudada a partir de 1909 pelo cientista norte-americano Thomas Morgan. Imagina que iniciaste um projeto de pesquisa num laboratório de genética onde se estuda a mosca da fruta *Drosophila melanogaster*. Vais estudar como se processa a transmissão do tamanho da asa na *Drosophila*.

- 1- Descreve o sexo e o fenótipo de cada uma das moscas fornecidas.
- 2- Averigua se as moscas fornecidas são homozigóticas ou heterozigóticas para a característica em estudo.
- 3- Qual a característica dominante?
 - 3.1- Justifica a resposta com base em experiências.
- 4- Realiza a/as experiência(s) que te permite(em) obter uma descendência com 75% de moscas com asas longas e 25% de moscas com asas vestigiais
- 5- Realiza uma experiência que permita obter descendentes cujos genótipos sejam 50% heterozigóticos e 50% homozigóticos recessivos.
- 6- Qual a forma mais imediata de determinar o genótipo de uma mosca que manifesta fenótipo dominante.
 - 6.1- Justifica a resposta com base nas experiências necessárias para o demonstrar

ANEXO 4 – FICHA DE TRABALHO DA ATIVIDADE 3



AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DE OURÉM - 120960

Escola Básica e Secundária de Ourém



Biologia 12º ano

Ficha de Trabalho 2 – **Transmissão da característica cor dos olhos na *Drosophila***

Tens trabalhado com moscas *Drosophila melanogaster*, estás familiarizado com as moscas do tipo selvagem e sabes que elas têm olhos vermelhos. Num dos teus frascos de moscas descobriste também algumas de olhos brancos - mutantes.

- 1- Descreve o sexo e o fenótipo das moscas fornecidas.
- 2- Refere qual a característica dominante.
- 3- Atendendo aos princípios de Mendel quais os resultados esperados se realizares um cruzamento recíproco
- 4- Como explicas os resultados obtidos?
- 5- Como procedes para obteres uma descendência com:
 - 25% fêmeas de olhos vermelhos
 - 25% fêmeas de olhos brancos
 - 25% machos de olhos vermelhos
 - 25% machos de olhos brancos.

ANEXO 5 – FICHA DE TRABALHO DA ATIVIDADE 4



AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DE OURÉM - 120960

Escola Básica e Secundária de Ourém



Biologia 12º ano

Ficha de Trabalho 3 – **Modo de transmissão das caraterísticas hereditárias**

Objetivo: O objetivo para este trabalho de laboratório virtual é descobrir o tipo de transmissão através do qual um fenótipo mutante é transmitido à descendência.

Nos exercícios do laboratório virtual vais usar o StarGenetics para simular cruzamentos genéticos relativos aos seguintes tipos de transmissão de caraterísticas:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| a- Autossómico recessivo | b- Autossómico dominante |
| c- Recessivo ligado ao cromossoma X | d- Dominante ligado ao cromossoma X |

Estás a estudar o modo de transmissão da cor dos olhos nas moscas. Isolaste quatro variedades mutantes linhas puras com **olhos verdes**. Em contraste, as moscas selvagens possuem **olhos vermelhos**. Na caixa de variedades da StarGenetics encontras moscas **mutantes homozigóticas** machos e fêmeas para cada tipo de mutação e moscas **selvagens homozigóticas** machos e fêmeas. Em cada um dos quatro tipos de mutações, o **modo de transmissão** relativo ao fenótipo olhos verdes é **diferente**. Vais usar o StarGenetics para determinar, de entre os quatro modos de transmissão listados acima, qual o que se aplica em cada uma das variedades mutantes.

1- Determina o modo de transmissão dos olhos verdes no mutante 1. Justifica com recurso ao xadrez mendeliano.

2- Determina o modo de transmissão dos olhos verdes no mutante 2. Justifica com recurso ao xadrez mendeliano.

3- Determina o modo de transmissão dos olhos verdes no mutante 3. Justifica com recurso ao xadrez mendeliano.

4- Determina o modo de transmissão dos olhos verdes no mutante 4. Justifica com recurso ao xadrez mendeliano.

ANEXO 6 – QUESTIONÁRIO

Utilização do simulador StarGenetics para estudar hereditariedade

O questionário seguinte pretende conhecer a tua opinião acerca da utilização do simulador nas aulas de biologia.
A informação fornecida é confidencial e anónima.
Lê cada afirmação e seleciona o item que considerares mais adequado. Não existem respostas certas ou erradas.

	Concordo totalmente	Concordo	Não concordo nem discordo	Discordo	Discordo totalmente
1- A utilização do simulador facilitou a compreensão dos conteúdos abordados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2- A utilização do simulador estimulou a minha participação nas atividades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3- Gostei de realizar as tarefas propostas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4- Consegui concretizar as tarefas propostas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Concordo totalmente	Concordo	Não concordo nem discordo	Discordo	Discordo totalmente
5- Senti que o uso do simulador me deu um papel mais ativo na aprendizagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6- A motivação para o estudo do tema foi maior com a utilização do simulador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7- Gostaria de repetir esta experiência de aprendizagem noutras matérias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8- Refere o grau de satisfação ao utilizares o simulador para aprender hereditariedade*

- ☐ Muito satisfeito
- ☐ Satisfeito
- ☐ Indiferente
- ☐ Insatisfeito
- ☐ Muito insatisfeito

9- Escolhias o simulador como ferramenta de aprendizagem?

- ☐ Sim
- ☐ Não

10- Escolhias o simulador para a resolução de problemas?

- ☐ Sim
- ☐ Não

ANEXO 7 – PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO



AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DE OURÉM – 120960

Escola Básica e Secundária de Ourém



Exmo(a) sr(a) Encarregado(a) de Educação

Eu, Anabela Costa Abreu, professora de biologia e geologia desta escola, estou neste momento a desenvolver um projeto de mestrado em Ciências da Educação- Especialização em Utilização Pedagógica das TIC, na Escola Superior de Educação de Leiria, sob orientação científica do Professor Doutor Filipe Santos.

Para a concretização deste projeto necessito de analisar alguns dados no decorrer das aulas da disciplina de Biologia, relacionados com o tema “Transmissão das características hereditárias”. No sentido de assegurar uma análise mais rigorosa para o estudo, solicito a Vª Exª autorização para gravar em áudio as aulas relativas ao referido tema. A gravação destas aulas destina-se apenas a este fim e os dados recolhidos serão absolutamente confidenciais, não se identificando, em nenhum momento, os alunos envolvidos.

Agradeço desde já a vossa compreensão e colaboração.

Com os mais respeitosos cumprimentos

Anabela Costa Abreu

14 Novembro 2013

_____, encarregado de

educação do(a) aluno(a) _____,

Nº _____, do 12º B declaro que autorizo a gravação das aulas acima referidas.

O encarregado de educação
