

Maria de Nazaré Peres Firmino

**Biotecnologia – Estudo Exploratório das Percepções
e Atitudes de Professores e Alunos**



Dissertação de Mestrado em Biologia para o Ensino apresentada à
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Orientador: Prof. Doutor Fernando Tavares

Julho de 2007

Aos meus pais, sempre presentes.

Ao José, à Ana Rita e à Maria Inês.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Fernando Tavares, pela disponibilidade e pelo interesse que sempre demonstrou, pelas sugestões preciosas e pelo incentivo. Pela compreensão e por tudo o que aprendi com ele. A minha mais sincera gratidão.

Ao Professor Doutor José Pissarra, pela prontidão em ajudar a ultrapassar obstáculos, sempre com simpatia e espírito positivo.

À Graça Oliveira, por me tornar possível a concretização deste projecto.

Aos meus colegas do curso de mestrado, a quem nunca vou esquecer, pela amizade, pelo apoio e pelo incentivo. Em especial à Susana.

Às minhas colegas de grupo de docência, Dr.^a Esmeralda Pinto da ES/3 do Castelo da Maia, Dr.^a Jacinta da ES/3 Carolina Michäelis, Dr.^a Maria dos Anjos Viana da EB2,3 de Paranhos e Dr.^a Maria José Cambão da ES/3 Garcia de Orta, pela cooperação fundamental para a consecução deste trabalho.

À Fátima e à Graça Ribeiro, pela ajuda indispensável.

Ao José, pelo esforço e pela compreensão.

Às minhas filhas, pelo sacrifício.

Aos meus pais, por TUDO. Nunca, por palavras, lhes agradecerei o suficiente.

RESUMO

Os processos da Biotecnologia moderna, tais como a engenharia genética, a terapia génica e a clonagem, entre outros, têm um grande impacto na sociedade. É essencial que os jovens tenham um conhecimento científico que lhes permita compreender as aplicações da Biotecnologia, de forma a serem capazes de participar em debates públicos e tomar decisões fundamentadas e atitudes críticas relativamente a esta área do conhecimento.

Com este trabalho pretendeu-se conhecer percepções e atitudes de professores e alunos dos ensinos Básico e Secundário face à Biotecnologia e fornecer indicadores que contribuam para melhorar qualitativamente a prática docente neste domínio. Neste contexto, optou-se por uma abordagem quantitativa baseada em inquérito por questionário. Os dados foram obtidos a partir de amostras constituídas por estudantes do 3º Ciclo do ensino Básico (9º ano), do ensino Secundário (12º ano) e do ensino Superior (do 1º ano de cursos da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto). Adicionalmente, analisaram-se parâmetros paralelos em amostras constituídas por docentes do 3º Ciclo do ensino Básico e do ensino Secundário, pertencentes ao grupo de docência de Biologia e Geologia (520). Entre Março e Maio de 2007 foram preenchidos 719 inquéritos por alunos dos três níveis de ensino, em escolas da área metropolitana do Porto e na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Relativamente aos docentes foram preenchidos 36 inquéritos. Os dados obtidos foram incorporados numa base de dados do programa SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*), versão 14.0.

No que respeita às amostras de alunos, os resultados obtidos revelaram a existência de uma hierarquia de conhecimentos entre os diferentes níveis de ensino, surgindo os alunos do ensino superior como os que apresentam mais conhecimentos. Curiosamente, verificou-se que os alunos, independentemente do grau de ensino, revelam sentido crítico relativamente a esta temática e estão receptivos às aplicações da Biotecnologia, sobretudo as relativas à saúde. Também os professores consideram que os alunos se mostram interessados por estas temáticas.

Quanto à prática docente, os professores consideram que esta é uma área que exige mais trabalho na preparação das aulas e que a oferta de formação é insuficiente. Apontam como principais dificuldades, para além da falta de

conhecimentos e de experiência na área, a inexistência de condições materiais nas escolas e a falta de tempo para realizar actividades práticas.

Da análise do binómio fontes de informação/confiança, foram referenciadas como as mais credíveis as classes profissionais constituídas por cientistas, médicos e professores, por oposição ao Governo e políticos, alvo de grande desconfiança.

Este trabalho pretende contribuir para a definição de constrangimentos que se colocam no ensino de temáticas da Biotecnologia ao nível do 3º Ciclo do ensino Básico e do ensino Secundário. A lacuna na formação/actualização dos professores nesta área poderá ser apontada como o constrangimento mais limitativo, já que condiciona a resolução de outras limitações, como por exemplo, a falta de condições materiais.

ABSTRACT

Modern Biotechnology processes such as genetic engineering, genic therapy and cloning, among others, have a great impact in the society. It is essential that the youth have the scientific knowledge to allow them to understand the applications of Biotechnology, in order to be capable to participate in public debates and to take scientifically sustained decisions and critical attitudes towards this area of knowledge.

This work aims to characterize the perceptions and attitudes of professors and students from the elementary and high school levels of education regarding Biotechnology and to identify factors that could contribute qualitatively to improve the teaching practices in this domain. Under this context, it was chosen a quantitative methodology approach based on a survey by inquiries. The data was collected from samples constituted by students from the elementary (3^o Ciclo do ensino Básico, 9^o ano), high-school (ensino Secundário, 12^o ano) and University levels of education (1^o year of undergraduated courses from the Faculty of Sciences, University of Porto). Additionally, parallel parameters have been analysed from samples consisting of professors from the elementary and high school levels of education, belonging to the group of Biology and Geology (520). Between March and May of 2007, 719 inquiries from students of the three levels of education had been filled, in schools of Porto and surroundings and in the Faculty of Sciences of the University of Porto. Regarding the professors, 36 inquiries have been filled. The data were loaded on a SPSS software database (*Statistical Package for Social Sciences*, v.14.0).

The results suggest the existence of a knowledge hierarchy among the students from the three levels of education, with the University students appearing as the ones revealing more knowledge. Interestingly, it was observed that the students, independently of the education degree, showed to have a critical attitude towards this theme and are receptive to Biotechnology applications, particularly those related to health issues. In addition, the professors consider that the students show interest for this thematic.

Regarding the teaching practices, the professors consider that Biotechnology is an area demanding more work concerning the preparation of classes, and where the offer of training courses for educators is insufficient. Besides the lack of knowledge and experience, the professors highlight as the main difficulties, the inexistence of

material conditions in the schools and time constrictions to carry out laboratory activities.

From the analysis of the survey parameters information sources/confidence, the scientists, medical doctors and professors were pointed out as being more trustable, by opposition to the Government and politicians, which were looked with great mistrustful.

This work intends to contribute for the characterization of constraints for the teaching of Biotechnology issues at the elementary and high school levels of education. The gap in the formation/update of professors in this area could be pointed as the main limitative constraint, since it hampers the resolution of other limitations, such as the lack of material conditions.

RÉSUMÉ

Les processus de la Biotechnologie moderne, comme l'ingénierie génétique, la thérapie génique et clonage, entre autres, ont un impact considérable dans la société. Il est indispensable que les jeunes aient une connaissance scientifique qui leur permette de comprendre les applications de la Biotechnologie, afin de pouvoir participer dans des débats publics, prendre des décisions fondées et agir critiqueusement à l'égard de ce secteur.

Il s'agit d'un travail qui aspire, d'une part, à connaître les perceptions et les attitudes d'enseignants et d'apprenants des collèges et des lycées face à la Biotechnologie; d'autre part, il apporte des indicateurs qui permettent d'améliorer quantitativement le savoir-faire des enseignants dans ce domaine. Dans ce contexte, cette recherche porte sur un abordage plutôt quantitatif dont le point de départ est une enquête par questionnaire.

Les données ont été obtenues à partir d'échantillons constitués par des collégiens de troisième et des lycéens de seconde, mais aussi par des étudiants de l'enseignement supérieur, notamment ceux de première année de la Faculté de Sciences de l'Université de Porto. En outre, des paramètres ont été analysés à partir d'échantillons constitués par des professeurs (de Biologie et de Géologie, 520) du collège et du lycée. 719 enquêtes ont été remplies, entre mars et mai 2007, par les apprenants de la région métropolitaine de Porto, tandis que les professeurs en ont rempli 36. Les données issues ont été incorporées dans une base de données du programme SPSS (Statistical Package for Social Sciences), version 14.0.

En ce qui concerne les résultats des échantillons d'élèves, ceux-ci ont révélé une hiérarchie de connaissances entre les différents niveaux d'enseignement; en effet, les étudiants de l'enseignement supérieur démontrent un certain esprit critique vis-à-vis de cette thématique, mais tous (y compris les collégiens et les lycéens) sont réceptifs aux applications de la Biotechnologie, surtout celles qui se rapportent à la santé. Cependant les enseignants considèrent que les apprenants s'intéressent à ces questions. À propos de leur savoir-faire, ils estiment non seulement que ce sujet suppose un travail très exigeant lors de la préparation des leçons mais aussi que l'offre pour leur formation professionnelle est insuffisante. Ils indiquent également comme difficultés principales, outre le manque de connaissances et d'expérience

dans ce secteur, les faibles ressources matérielles des écoles ainsi que la faute de temps pour réaliser les activités plus pratiques.

D'après l'analyse du binôme sources d'information/confiance, on remarque que parmi toutes les classes professionnelles, les scientifiques, les médecins et les enseignants s'avèrent les plus crédibles, alors que la classe politique (hommes politiques et le Gouvernement, en général) représente la cible de toute méfiance.

Le but de ce travail est de définir les contraintes concernant l'enseignement et l'apprentissage des thématiques de la Biotechnologie aussi bien à l'enseignement scolaire qu'à l'université. Donc le manque de formation /mise à jour des enseignants dans ce domaine semble être le facteur plus limitatif dans la mesure où il conditionne la résolution d'autres limitations, comme par exemple, le manque de conditions matérielles.

ÍNDICE GERAL

Índice de Figuras	12
Índice de Tabelas	14
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	15
1.1. Biotecnologia: breve descrição do estado arte	15
1.2. Biotecnologia: implicações sócio-económicas e ambientais	20
1.3. Considerações sobre o ensino da Biotecnologia	30
1.4. Enquadramento da Biotecnologia nos programas curriculares	42
1.4.1. Ciências Naturais do 3º Ciclo do Ensino Básico	42
1.4.2. Biologia do 12º ano	45
1.5. Problemas e Objectivos da investigação	51
1.5.1. Problemas da investigação	51
1.5.2. Objectivos da investigação	52
2. <u>INVESTIGAÇÃO</u>	53
2.1. Instrumentos	53
2.1.1. Elaboração dos questionários	54
2.1.2. Estrutura do questionário dirigido a alunos	56
2.1.3. Estrutura do questionário dirigido a docentes	58
2.2. Procedimento	61
2.2.1. A opção por uma metodologia quantitativa baseada em inquérito por questionário	62
2.2.2. Amostragem	63
2.2.3. Descrição da amostra de alunos	64
2.2.4. Descrição da amostra de docentes	67

2.3. Resultados e Discussão	70
2.3.1. Amostra constituída por alunos	70
2.3.2. Amostra constituída por docentes	90
3. <u>CONCLUSÕES</u>	98
3.1. Principais conclusões da investigação desenvolvida	98
3.2. Aplicabilidade deste trabalho	100
4. <u>PERSPECTIVAS FUTURAS</u>	101
5. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	102
6. <u>ANEXOS</u>	108
Anexo 1 – Questionário dirigido a alunos dos 9º e 12º anos	109
Anexo 2 – Questionário dirigido a alunos universitários	114
Anexo 3 – Questionário para docentes	119
Anexo 4 – Tabela 5 – Distribuição dos alunos da FCUP por curso e escola de conclusão do ensino Secundário	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Perspectiva dos alunos perante diferentes definições de Biotecnologia (P1)	71
Figura 2 – Facilidade dos alunos em compreender notícias sobre Biotecnologia (P3)	73
Figura 3 – Conhecimentos e atitudes dos alunos perante a Biotecnologia (P6)	75
Figura 4 – Conhecimento dos alunos relativamente a aplicações da Biotecnologia (P7)	76
Figura 5 – Interesse demonstrado pelos alunos por temas relacionados com a Biotecnologia (P2)	78
Figura 6 – Importância do inquérito para despertar o interesse dos alunos sobre a Biotecnologia (P10)	79
Figura 7 – Fontes de informação sobre Biotecnologia referidas pelos alunos (P4)	79
Figura 8 – Revistas de divulgação científica e outras fontes de informação referidas pelos alunos (P4), em nº de alunos	80
Figura 9.1 – Confiança dos alunos no Governo e políticos (P5)	81
Figura 9.2 – Confiança dos alunos nos cientistas e investigadores universitários (P5)	82
Figura 9.3 – Confiança dos alunos nos professores e manuais escolares (P5)	82
Figura 9.4 – Confiança dos alunos nos médicos (P5)	83
Figura 9.5 – Confiança dos alunos em organizações ambientais (P5)	83
Figura 9.6 – Confiança dos alunos na informação jornalística (P5)	84
Figura 9.7 – Confiança dos alunos na Internet (P5)	84
Figura 9.8 – Confiança dos alunos na indústria farmacêutica (P5)	84
Figura 9.9 – Confiança dos alunos na DECO/Proteste (P5)	85
Figura 9.10 – Confiança dos alunos em empresas agro-alimentares (P5)	85

Figura 10 – Importância atribuída pelos alunos à Biotecnologia relativamente às condições de vida (P8)	86
Figura 11 – Aprovação dos alunos relativamente a diferentes aplicações da Biotecnologia (P9)	88
Figura 12 – Frase que melhor define Biotecnologia segundo os docentes (II1)	90
Figura 13 – Informação dos docentes relativamente a temas da Biotecnologia (II3)	91
Figura 14 – Interesse dos docentes por assuntos do âmbito da Biotecnologia (II2)	91
Figura 15 – Importância do inquérito para despertar o interesse dos docentes sobre Biotecnologia (V1)	92
Figura 16 – Importância atribuída pelos docentes à Biotecnologia relativamente às condições de vida (II5)	92
Figura 17 – Importância atribuída pelos docentes ao ensino da Biotecnologia (II4)	92
Figura 18 – Considerações dos docentes sobre o ensino da Biotecnologia (III1-III13)	93
Figura 19 – Principais dificuldades encontradas pelos docentes no ensino da Biotecnologia (III 14)	94
Figura 20 – Fontes usadas pelos docentes para obter informação sobre Biotecnologia (II6)	95
Figura 21 – Confiança dos docentes em fontes de informação (II7)	96
Figura 22 – Aprovação dos docentes relativamente a aplicações da Biotecnologia (IV1)	97
Figura 23 – Quem deve tomar decisões sobre as aplicações da Biotecnologia segundo os docentes (IV2)	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Número de alunos da amostra, por nível de ensino e por escola	65
Tabela 2 – Número de alunos da amostra, por nível de ensino e por faixa etária	65
Tabela 3 – Distribuição dos alunos da FCUP, em número de casos, pelos vários cursos e por três grupos da nota de acesso	66
Tabela 4 – Opção do curso de licenciatura na candidatura de acesso ao ensino Superior dos alunos universitários, distribuída pelos diferentes cursos	66
Tabela 5 – Distribuição dos alunos da FCUP por curso e escola de conclusão do ensino Secundário (Anexo 4)	125
Tabela 6 – Caracterização biográfica e académica da amostra de docentes	68
Tabela 7 – Número de docentes que frequentou acções de formação na área da Biotecnologia, respectivas designações e horas de duração	69
Tabela 8 – Manual adoptado para a disciplina de Ciências Naturais do 9º ano nas diferentes escolas	69

1. INTRODUÇÃO

Com este trabalho pretende-se conhecer percepções e atitudes face à Biotecnologia de professores e alunos dos ensinos Básico e Secundário. Os dados foram obtidos a partir de amostras constituídas por estudantes do 3º Ciclo do ensino Básico (9º ano), do ensino Secundário (12º ano) e do ensino Superior (do 1º ano de cursos da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto), bem como de amostras constituídas por docentes do 3º Ciclo do ensino Básico e do ensino Secundário, pertencentes ao grupo de docência de Biologia e Geologia (código 520).

Este trabalho é composto por uma breve contextualização teórica em relação à temática abordada, seguida pela investigação propriamente dita. De carácter exploratório, este estudo é um pré-teste que visa ajudar na orientação de educadores, que se vêem cada vez mais confrontados com a necessidade de responder de forma célere e rigorosa às inúmeras questões que esta temática coloca. As conclusões deste trabalho poderão ajudá-los a definir estratégias e a investigação realizada pode ser adaptada a situações particulares de sala de aula, nomeadamente em contexto de diagnóstico, através da aplicação dos instrumentos desenvolvidos.

1.1. Biotecnologia: breve descrição do estado da arte

A Biotecnologia tem sido utilizada pelo Homem desde os primórdios da História em actividades como a preparação do pão e bebidas alcoólicas (processos de fermentação), no melhoramento de culturas e animais domésticos (com base em características fenotípicas) ou ainda na compostagem (utilizada para aumentar a fertilidade do solo).

A partir da segunda metade do século XX começaram a desenvolver-se técnicas de Biologia Molecular que permitiram analisar e manipular o DNA. Com o desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante surge, nos anos 70, a era da Biotecnologia moderna (Demain, 2006). Graças a estas técnicas, em 1978, Boyer conseguiu isolar o gene da insulina humano e inseri-lo em bactérias, transformando-as em autênticas fábricas celulares produtoras de insulina. Desde então e até aos

dias de hoje, a Biotecnologia provocou uma revolução em áreas tão diversas como a medicina, a agricultura e a indústria (Edmonston, 2000 citado por Steele e Aubusson 2004). A modificação genética de microrganismos, como *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Sacharomyces cerevisiae*, *Aspergillus niger*, para referir apenas alguns, tem sido utilizada para obter produtos de interesse médico e comercial, como vacinas, antibióticos, aminoácidos essenciais, proteínas de interesse terapêutico, como a hormona de crescimento humana e factores de coagulação, e aditivos alimentares, cuja preparação por síntese química seria mais cara e menos limpa do ponto de vista ambiental. O maior impacto da Biotecnologia verificou-se ao nível da terapêutica, do diagnóstico de doenças e da agricultura, com incursões noutras indústrias como a energética, a química, a alimentar e a do tratamento de resíduos (Demain, 2006). São inúmeras as aplicações emergentes da criação de transgénicos no campo de farmacologia, da indústria da carne e lacticínios, da xenotransplantação e na criação de modelos de doenças humanas (Melo, 2007).

A Biotecnologia abriu caminhos novos e vantajosos relativamente aos métodos tradicionais de reprodução selectiva. A engenharia genética possibilita a introdução num organismo de um ou mais genes (transgenes) para lhe conferir novas características, que o organismo transgénico transmite à descendência. O gene responsável pela característica pode ter origem em organismos muito distantes em termos evolutivos (Melo, 2007), como bactérias e animais. A terapia génica humana tornou-se possível com a geração de animais transgénicos, a qual tem permitido a elucidação de um grande número de questões biológicas no campo da Imunologia, da Embriologia ou das Neurociências (Videira, 2001). As aplicações possíveis a partir de animais transgénicos são inúmeras: a possibilidade de estudar a nível molecular o desenvolvimento embrionário e a sua regulação, a manipulação de forma específica da expressão génica *in vivo*, o estudo da função de genes específicos, a possibilidade de usar mamíferos como biorreactores para a produção de proteínas humanas, a correcção de erros inatos de metabolismo mediante terapia génica e a clonagem. Os anticorpos monoclonais são das proteínas terapêuticas em maior expansão. Actualmente existem cerca de 20 anticorpos monoclonais no mercado e mais de 100 encontram-se em testes clínicos, para avaliar o seu potencial terapêutico no tratamento de doenças como alergias, asma, cancro, doenças auto imunes, doenças cardiovasculares, de transplantes e de infecções virais (Demain, 2006).

A consequente diminuição no custo e tempo necessários para alcançar um produto final permitiu a multiplicação de protótipos transgênicos por todo o mundo (Melo, 2007). A produção de animais transgênicos terá um impacto profundo também ao nível do melhoramento genético de animais domésticos (Wheeler, 2007). As aplicações práticas de animais domésticos transgênicos incluem: 1) incrementos na quantidade de leite produzido e melhoramento terapêutico do seu valor nutritivo, através da produção de certas proteínas e/ou factores de crescimento em déficit; 2) aumentos da taxa de crescimento, particularmente em espécies com valor comercial; 3) melhoramentos ao nível da alimentação, promovendo alterações ao nível enzimático que permitam um maior aproveitamento de nutrientes durante a digestão, caso do fósforo em porcos transgênicos, o que reduz a necessidade de suplementos de fósforo inorgânico na sua dieta e resulta também na diminuição da poluição ambiental; 4) melhoramento nutricional dos alimentos, de que são exemplos, a redução do colesterol em ovos, carne e laticínios, o incremento de ácidos gordos ómega 3 em peixes com valor comercial, e a transferência de características nutritivas benéficas entre alimentos; 5) aumento da resistência a doenças como brucelose e BSE; 6) desempenho reprodutivo e fertilidade aumentados, em que a manipulação genética poderá combater a senescência reprodutiva resultante de acontecimentos fisiológicos como a lactação, a anorexia e a nutrição deficiente, bem como de fenómenos sazonais. Aplicações adicionais incluem a alteração de características de células e de tecidos para a pesquisa biomédica e para o fabrico de fibras e de lã, manipulando qualidade, cor, comprimento, espessura, elasticidade e resistência. Têm sido produzidos em, leite de cabra, monómeros de proteínas constituintes de fibras produzidas por certas aranhas para construir a sua teia, que apresentam elevada resistência e com aplicações possíveis na medicina (dispositivos e suturas), na balística (coletes de protecção), em aviões, componentes de automóveis e roupas.

A possibilidade de expressar em plantas genes com diferente proveniência tornou-as um sistema altamente atractivo para a produção de compostos com aplicação terapêutica, industrial, analítica ou de diagnóstico, em alternativa aos sistemas de produção convencionais utilizando microrganismos. Algumas das aplicações envolvem a produção de plantas transgênicas como biorreactores para a produção de enzimas para a indústria alimentar, como amilases e glucanases; de

polipéptidos farmacêuticos como a albumina humana, eritropoietina e o interferão; de plásticos biodegradáveis; de anticorpos (designados de planticorpos) para utilização terapêutica, por exemplo, contra a colonização oral bacteriana por *Streptomyces mutans*, principal agente causador da cárie; para a protecção da planta contra a infecção por vírus, bactérias e fungos; e para o diagnóstico ou para produção de vacinas orais, através do desenvolvimento de vacina comestíveis. A produção de vacinas em plantas pode apresentar vantagens, como o baixo custo de produção, um ambiente onde a vacina é estável ao calor e a possibilidade de aplicação oral, sem a necessidade de seringas ou agulhas, o que aumenta a facilidade de distribuição das vacinas a seres humanos e animais, podendo salvar milhões de pessoas (Jauhar, 2006).

É possível incorporar melhoramentos nas plantas ao nível da qualidade, por exemplo ao nível do sabor de frutas e legumes; do teor em conteúdo sólido, vantajoso nos tomates destinados a processamento; e do valor nutritivo. Neste último caso incluem-se, o desenvolvimento de oleaginosas cujas sementes produzem óleos com um conteúdo menor de gorduras saturadas; o aumento dos níveis de metionina em leguminosas; o chamado “arroz dourado” enriquecido com vitamina A; o incremento do ácido oleico; e a produção de amidos específicos no milho. A identificação da(s) via(s) metabólica(s) responsável(eis) pela síntese de cafeína permitiu o cultivo de grãos de café com baixo teor de cafeína em plantas geneticamente modificados (Jauhar, 2006). O primeiro produto alimentar da Biotecnologia vegetal, cuja comercialização foi aprovada em 1994 pela Food and Agriculture Organization (FAO), foi o tomate transgénico Flav SavrTM, variedade transformada de forma a retardar o seu amadurecimento, característica já desenvolvida também em meloa (Garcia, 2006).

Algumas das novas características protegem as plantas de insectos (Jauhar, 2006), doenças e ervas daninhas que devastam as culturas. Já se produzem espécies de plantas transgénicas resistentes a insectos (milho, algodão, batata e tomate) e a vírus (batata, papaia e abóbora). Para a resistência aos insectos utilizam-se genes de estirpes de *Bacillus thuringiensis* responsáveis pela produção da toxina *Bt* (Jauhar, 2006) que mata as larvas de muitos insectos. O desenvolvimento da variedade de algodão transgénico com o insecticida *Bt* tem sido uma das aplicações melhor sucedidas da pesquisa biotecnológica, desde a primeira introdução nos EUA em 1995 (Zhu, Abel e Chen, 2007). Já se dispõe de sementes

de algodão, milho, colza, soja, beterraba, chicória, tabaco, arroz e cravo resistentes a herbicidas (Garcia, 2006) e é possível a produção de plantas estéreis (colza, milho, algodão), característica muito útil para a produção comercial de híbridos de primeira geração, usados na produção de muitas espécies de cultivo, pois origina plantas com características melhoradas.

Algumas aplicações tornam possível a utilização de terrenos marginais ou com climas adversos, a redução da água utilizada na irrigação e aumento na produtividade. Há plantas transgênicas que apresentam maior resistência às baixas temperaturas, outras à elevada intensidade luminosa e outras à secura ou a altas concentrações de sal (Jauhar, 2006). Um gene responsável pela produção de ácido cítrico nas raízes pode proteger as plantas de solos contaminados com alumínio (McGloughlin, 2006). Na área da fitorremediação a possibilidade de manipular plantas capazes de acumular grandes concentrações de metais tóxicos é uma alternativa mais barata e célere à remediação de solos contaminados. Esta aplicação da Biotecnologia é uma grande promessa em termos ambientais (Jauhar, 2006).

A manipulação genética permite também incrementar o rendimento fotossintético e já foi possível melhorar a fixação de azoto por parte das bactérias fixadoras que vivem em simbiose com as leguminosas, o que poderá no futuro permitir às plantas crescer sem adubos azotados e incrementar a síntese de proteínas, com um impacto positivo tanto económico como ambiental.

No campo da indústria das plantas ornamentais, a manipulação da pigmentação floral permitiu obter variedades coloridas impossíveis de obter por cruzamento ou hibridação (rosa de cor azul ou cravo de cor violeta).

Também a Ecologia Microbiana e a Biotecnologia Ambiental estão inerentemente ligadas. Rittmann (2006) define a Biotecnologia Ambiental como sendo a gestão de comunidades microbianas com a finalidade de fornecer serviços à sociedade, como sejam a descontaminação da água de lençóis freáticos e de esgotos, a descontaminação de sedimentos e do solo e a detecção de contaminantes ou agentes patogénicos no ambiente.

A natureza de todas estas aplicações referidas e as repercussões sociais e ambientais que lhes são inerentes tornam premente a necessidade de se promover

a literacia científica relativamente à Biotecnologia. Um elevado nível de literacia científica pode ajudar os jovens a questionar os argumentos da comunidade científica, a pesar as evidências científicas, a ponderá-las e a torná-los capazes de usar os seus conhecimentos de Ciência para tomar decisões informadas e equilibradas (Dawson, 2007). Uma população votante cientificamente iletrada pode ser facilmente manipulada pela propaganda (Sjøberg e Schreiner, 2006).

1.2. Biotecnologia: implicações sócio-económicas e ambientais

Podem atribuir-se várias aplicações benéficas à Biotecnologia, entre as quais aumento da produtividade agrícola, redução das perdas pós-colheita, custos menores de produção, melhoramento das qualidades dos alimentos, redução da utilização de pesticidas, possibilidade de aproveitamento de terrenos impróprios para a agricultura, produção de matérias-primas não poluentes, e novas soluções para a medicina, para a indústria farmacêutica e, em geral, menor impacto para o ambiente. A Biotecnologia tem o potencial de reduzir a dependência da agricultura em relação aos químicos e aos combustíveis fósseis, de reduzir a cultura intensiva e a erosão, a desflorestação, a emissão de gases, o consumo de água e os custos de produção, tudo de uma forma sustentável. Cientistas, responsáveis políticos, civis e religiosos de todo o mundo expressam o seu apoio a esta tecnologia (McGloughlin, 2006). A Biotecnologia vegetal tem potencial para resolver muitos dos problemas da agricultura, ambientais, económicos e nutricionais dos países em desenvolvimento (Persley e Lantin, 2000; FAO, 2003; citados por Pelletier, 2006). Poderá oferecer toda uma multiplicidade de produtos essenciais à saúde e à qualidade de vida, a custos mais baixos e, por isso, acessíveis às populações mais pobres. A Biotecnologia potencia benefícios para a área da saúde, através da possibilidade de novas medidas preventivas; para a agricultura, através de maior produtividade e produção sustentável; e para o ambiente, através da rectificação dos danos (*Biotecnology Australia*, 1999; citado por Steele e Aubusson, 2004). A Biotecnologia pode ajudar a alimentar populações pobres que constantemente lutam por uma vida melhor (Wambugu, 2001; Huang et al., 2002b; Conway e Toenniessen, 2003; citados por Jauhar, 2006). A FAO (2003; citada por Buttel, 2005) aceita que estes métodos podem gerar variedades que contribuam significativamente para a

agricultura sustentável. Spielman (2006) refere-se a estas tecnologias como “pró-pobres”, isto é, são simultaneamente “incrementadoras de produtividade” e “reduzoras de pobreza”.

O ritmo acelerado das descobertas no domínio da Biotecnologia moderna deu lugar a um debate público intenso: se por um lado é legítimo reconhecer que podem ajudar a encontrar soluções para alguns problemas da Humanidade, por outro surgem medos, dúvidas e críticas em relação à forma como estão a ser desenvolvidas e utilizadas, por alegados problemas ambientais, éticos, políticos, económicos e sociais. Permanecem preocupações sobre aspectos éticos relacionados com o uso de muitas destas novas tecnologias, incluindo a terapia génica na medicina (Peery, 2000; Marshall, 2000; citados por Steele e Aubusson, 2004), as culturas resistentes a pesticidas (Coghlan et al., 2002; citados por Steele e Aubusson, 2004) e alimentos geneticamente modificados (Marchant e Marchant, 1999; citados por Steele e Aubusson, 2004). Preocupações bioéticas e comerciais são levantadas pelas aplicações de transgénicos (Melo 2007). Altieri e Risset (1999) e Paarlberg (2001), citados por Pelletier (2006), referem como principais preocupações as relacionadas com segurança alimentar, impactes ambientais inesperados, biodiversidade na agricultura, registo e posse de patentes, controlo de sementes, propriedade intelectual e produção global de alimentos.

Garcia (2006) refere-se à controvérsia causada por estes temas, que envolve, para além do próprio cidadão comum, cientistas, ambientalistas, agricultores e governos e apresenta uma ilustração dos principais pontos de discórdia relativamente a esta matéria. No âmbito da saúde são, por exemplo, 1) o consumo de alimentos geneticamente modificados poder causar alergias, devido à expressão de proteínas alergénicas; 2) o uso, como marcadores, de genes que conferem resistência a determinados antibióticos, podendo levar a que esta resistência passe para bactérias patogénicas para o homem; 3) e o facto de poderem surgir novas doenças nos animais que se alimentam de OGM. Também sobre o ambiente são referidos vários possíveis efeitos. Um deles, a possibilidade de poder ocorrer “contaminação” acidental de culturas tradicionais através da disseminação de sementes e do pólen de plantas transgénicas e deixar de fazer sentido falar em agricultura biológica, pois grande parte da produção agrícola seria de culturas com parte do património genético de transgénicos. Outro efeito que suscita preocupação

é o uso de plantas resistentes a herbicidas, e plantas que expressem químicos com actividade insecticida. Se no primeiro caso, a utilização de plantas resistentes a herbicidas, pode levar a um aumento da utilização de herbicidas na agricultura, no segundo caso as plantas transgénicas podem conduzir a que, por um processo de selecção natural, os insectos adquiram resistência. Em ambas as situações, pode verificar-se o aumento do uso de pesticidas para combater os agentes biológicos nefastos, com efeitos graves e acrescidos para o meio ambiente, para além do aumento dos encargos económicos da produção devido ao preço dos pesticidas. Também a possibilidade da biodiversidade ser afectada é apontada. Os herbicidas usados sobre os transgénicos são de largo espectro, podendo matar tudo menos a planta modificada para lhe resistir e, conseqüentemente, promover a dominância de determinadas espécies vegetais em detrimento de outras, originando a perda da variabilidade genética da natureza. Outras questões apontadas no âmbito ambiental prendem-se com a possibilidade da expressão de genes conduzirem a efeitos inesperados nas plantas, e com o facto de os OGM não terem predadores naturais, o que potencia a sua disseminação, devido às vantagens adaptativas relativamente às espécies nativas.

Em termos sócio-económicos e políticos, há quem argumente que os aspectos positivos são apenas uma bandeira de propaganda da indústria da Biotecnologia (Garcia, 2006). Questiona-se se a Biotecnologia poderá realmente contribuir para acabar com a fome no mundo, pois a falta de acesso ao alimento é sobretudo devida à pobreza, bastando melhorar a distribuição de alimentos para eliminar a fome do mundo. Também a generalização da cultura de transgénicos, pode levar a uma maior dependência dos agricultores em relação às empresas biotecnológicas. Tal é possível, por exemplo, ao tornar as plantas estéreis e assim impedir a constituição de reservas de sementes para o ano seguinte por parte dos produtores agrícolas, ficando estes dependentes da compra de sementes às empresas de biotecnologia vegetal. Poderá também criar-se uma situação em que as grandes empresas detenham os direitos sobre todas as colheitas. Segundo os críticos, refere o autor, os OGM são um passo certo para fazer com que grandes sectores da agricultura fiquem dependentes de meia dúzia de empresas que detenham os direitos sobre as plantas transgénicas mais importantes, pelo que os países subdesenvolvidos se tornarão demasiado dependentes dos países desenvolvidos e que detêm o conhecimento científico e a capacidade tecnológica para desenvolver os OGM.

Outro argumento: não é eticamente correcto a engenharia genética servir-se de pessoas carenciadas para se obterem lucros (caso do arroz dourado, por exemplo). A produção de plantas que tradicionalmente só eram produzidas nos países em vias de desenvolvimento e que agora podem ser produzidas nos países desenvolvidos, subtrai a mais-valia económica resultante das exportações, com graves consequências sociais e económicas para os países exportadores.

Por sua vez, grande parte da promoção à volta dos OGM centra-se nos benefícios futuros, ainda não comprovados e os falhanços que ocorrem, dizem os críticos, são pouco divulgados pelas multinacionais. Sem um sistema de controlo e rotulagem efectivo, o cidadão corre o risco de consumir produtos derivados de OGM, mesmo que não queira.

Também polémico é o caso dos animais transgénicos, apesar da sua introdução no mercado estar mais atrasada. A maior parte dos animais transgénicos são utilizados em laboratórios de investigação para pesquisa médica, como modelos que permitem estudar doenças humanas; testar novas terapêuticas; permitir compreender a função de um gene; testar a toxicidade de substâncias químicas e de novos medicamentos; produzir proteínas terapêuticas; e estudar o potencial da xenotransplantação. A engenharia genética pode ser aplicada a insectos para estes perderem a capacidade de transmitir doenças como a malária. Contudo, uma preocupação primária é a possibilidade de estes animais escaparem dos espaços onde são criados, acabando por se cruzar ou competir com populações selvagens, e que no meio aquático pode assumir dimensões incontroláveis e consequências imprevisíveis pela facilidade com que os organismos se podem dispersar, como por ser muito difícil ou impossível identificar e localizar os transgénicos. Não será pois de estranhar que exista uma grande resistência à aprovação de aquaculturas de salmão transgénico, particularmente uma variedade que cresce muito mais rapidamente do que o normal. Também problemas relacionados com o bem-estar animal não são menos importantes. A taxa de sucesso da manipulação genética em animais como novilhos e borregos é reduzida e muitos têm malformações e problemas de saúde ocorrendo a morte precoce. Daí, ser provável que as plantas transgénicas continuem por algum tempo à frente dos animais, em termos de utilização na agro-pecuária (Garcia, 2006).

No entanto, a maior controvérsia, no caso dos animais geneticamente modificados, encontra-se no campo da alimentação humana. A propósito da percepção do público relativamente aos animais transgénicos Einsiedel (2005) refere que, de forma geral, as aplicações da Biotecnologia têm sido julgadas com evidente hierarquia de aceitação. Esta hierarquia baseia-se no tipo de organismo em causa, no propósito da aplicação, nos meios utilizados para o alcançar e na natureza dos benefícios obtidos. Este autor refere dados obtidos a partir de vários estudos que indicam que, regra geral, as aplicações que geram benefícios para a saúde/medicina são vistas de forma mais positiva, seguidas das aplicações com benefícios ambientais, particularmente a biorremediação. Pelo contrário, as aplicações biotecnológicas que têm pouca aceitação, encontram-se no campo alimentar, e correspondem ao uso de animais transgénicos e clonados na alimentação. Quando os benefícios respeitam a toda a sociedade o apoio é maior. Nem todas as aplicações médicas são vistas da mesma forma: os testes genéticos são aprovados, mas a xenotransplantação é muito menos aceite; a manipulação de microrganismos é a que gera menos preocupações, seguindo-se as plantas e por fim os animais, que levantam mais objecções. O estatuto moral do animal e o seu sofrimento geram preocupações, e o cruzamento de espécies diferentes é considerado “não natural”.

Também Siegrist (2000) refere outros estudos segundo os quais a aceitação da tecnologia genética também varia de acordo com o tipo de aplicação, sendo as aplicações que envolvem plantas vistas como mais aceitáveis do que as que envolvem animais e os alimentos GM, que são encarados de forma mais negativa pelos consumidores. Segundo este autor existem duas dimensões relevantes na percepção da tecnologia genética, a natureza da aplicação (alimentar/agrícola/médica) e o organismo envolvido (animal/planta/microrganismo). Outro aspecto estudado foi a relação entre o conhecimento e a confiança. A maior parte das pessoas não tem conhecimentos detalhados da tecnologia genética, pelo que uma forma que as pessoas têm para lidar com esta falta de conhecimento é confiar nas leis, nas empresas e em cientistas. Por isso, refere o autor, a confiança nestas instituições pode resultar de uma avaliação positiva da Biotecnologia. Resultados do seu estudo apoiaram a hipótese de que a confiança em instituições ou pessoas que lidam com esta tecnologia é o factor mais importante que influencia a percepção da tecnologia genética. A confiança tem impacto na percepção quer dos riscos quer dos benefícios, pelo que a aceitação dos produtos é directamente determinada pela

percepção de ambos. A confiança tem, portanto, um impacto indirecto na aceitação da Biotecnologia.

A propósito da importância dos conhecimentos sobre Biotecnologia, Savadori et al. (2004), num estudo que compara a percepção de Biotecnologia entre o público e os peritos, observou diferenças quantitativas e qualitativas. Os peritos sistematicamente percebem menos riscos das aplicações biotecnológicas, vendo-as como mais úteis, menos prejudiciais, melhor conhecidas pela ciência e menos recentes. Ambos os grupos percebem os riscos das aplicações alimentares como maiores relativamente às médicas. Ao avaliar o risco das aplicações biotecnológicas na medicina, o público preocupa-se com os potenciais perigo e benefícios e os peritos também consideraram factores como o número e o tipo de pessoas potencialmente afectadas pela introdução da aplicação.

Num relatório de 2001, da União Europeia, relativo a uma pesquisa sobre biossegurança, conduzida durante 15 anos por 400 equipas científicas dos 15 países que na altura integravam a EU, estabelece-se que a pesquisa sobre plantas derivadas da Biotecnologia e seus produtos, até à data desenvolvidos e comercializados, não mostrou nenhum risco para a saúde humana ou para o ambiente, para além das usuais incertezas relativas à cultura tradicional de plantas. O uso de tecnologia mais precisa e um maior sistema de regulamentação torna estes produtos potencialmente mais seguros do que os convencionais. Uma declaração assinada por 3500 cientistas internacionais, incluindo 25 laureados com o Prémio Nobel, reitera esta posição (McGloughlin, 2006).

Em documento publicado em 2004⁵, a OMS deu resposta a questões e preocupações dos seus Estados membros relativamente à natureza e segurança dos produtos alimentares geneticamente modificados. Nele pode ler-se que os produtos alimentares geneticamente modificados são desenvolvidos porque existem vantagens tanto para o produtor como para o consumidor, como preços mais baixos e produtos de melhor qualidade nutritiva e durabilidade. Relativamente à avaliação e pré-comercialização dos produtos alimentares geneticamente modificados, assume-se no documento que existe uma diferença significativa relativamente aos alimentos tradicionais, pois enquanto para os primeiros existem sistemas específicos para a avaliação rigorosa, estes últimos podem nem ser avaliados, mesmo no caso de

⁵ Disponível em www.cibpt.org/downloadfaq.php

novas plantas obtidas por técnicas de melhoramento tradicionais. O estudo dos riscos potenciais para a saúde humana dos produtos geneticamente modificados integra testes de toxicidade, alergenicidade, estabilidade do gene inserido, efeitos nutritivos associados à modificação genética e quaisquer efeitos indesejados que possam resultar da inserção do gene. No que diz respeito à tendência para provocar reacções alérgicas, a transferência de genes de organismos que sejam a base de produtos alimentares alergénicos comuns é desencorajada. Relativamente à transferência de genes, e embora a probabilidade de ocorrer seja baixa, incentiva-se a utilização de tecnologia sem recorrer à utilização genes marcadores de resistência a antibióticos. A questão da polinização cruzada, risco real já demonstrado nos EUA, foi ultrapassado por vários países pela adopção de estratégias como a separação clara dos campos de culturas geneticamente modificadas e convencionais. Em relação à segurança oferecida pelos alimentos geneticamente modificados, pode ler-se no documento supracitado: “Os diferentes organismos geneticamente modificados incluem genes diferentes inseridos de formas diferentes. Isto significa que os produtos alimentares GM e a sua segurança devem ser estudados individualmente e que não há respostas generalizadas sobre a segurança de todos os produtos alimentares GM”. Todos os produtos alimentares GM disponíveis no mercado internacional foram submetidos com sucesso a avaliações de risco e não são susceptíveis de apresentar riscos para a saúde humana, segundo se lê.

Tal como no caso de qualquer outra nova tecnologia, a engenharia genética não é desprovida de adversários (Jauhar, 2006). Tem havido resistência à sua expansão por parte do público, activistas e governos (Miller e Conko, 2005). A “anti-ciência zelosa” (Borlaug, 2000; citado por Jauhar, 2006) e a hostilidade do público em relação à Biotecnologia moderna têm sido atribuídas à falta de literacia científica (Bucchi e Neresini, 2004; citados por Jauhar, 2006). Garcia (2006) refere que pareceres abrangentes, por cientistas de várias áreas, e que tenham passado por um rigoroso processo de revisão são, normalmente, mais equilibrados.

A Organização Mundial de Saúde, reconhece que a modificação tecnológica e a produção de produtos alimentares podem provocar uma resposta negativa por parte dos consumidores, especialmente na ausência de informação relativamente a avaliações de risco e de custos/benefícios (OMS, 2004).

Manipulações do património genético, tem sido praticada durante séculos no cultivo de plantas pelo que, ficarmos nervosos com a alteração genética das culturas quando fundamentalmente se tem feito o mesmo desde há muito tempo, parece não ter sentido. Por outro lado, não há evidências que sugiram que os alimentos geneticamente modificados ponham em causa a segurança humana, pelo que é necessário informar e certificar o público sobre os benefícios globais das culturas geneticamente modificadas (Jauhar, 2006). A crítica de que esta tecnologia é um risco para o ambiente e para a saúde é razoável mas tem sido frequentemente refutada por evidência científica contrária. A crítica de que os transgénicos são desnecessários não tem sido persuasiva e parece inevitável a ciência agrícola seguir o caminho da manipulação molecular (Buttel, 2005).

Tencalla (2006), referindo-se à Europa, afirma que a situação actual prova que para todas as novas tecnologias uma base científica sólida não é suficiente. A aceitação ou rejeição depende de muitos factores políticos, económicos e sociais, interligados, que criam um clima favorável ou desfavorável, num dado momento. Segundo refere este autor, claramente o debate sobre culturas geneticamente modificadas tem sido dominado na Europa pelos riscos, e os aspectos positivos, sejam sociais, económicos, ambientais e de saúde, têm sido ignorados. Apesar da linha do sistema regulador ser a mesma, i.e. protecção da saúde humana e do ambiente, a inovação continua a florescer nalguns países, como os EUA, Canadá, Japão e China, mas não na Europa, o que poderá levar a que nos próximos 10 anos a Europa fique dependente da tecnologia desenvolvida noutras regiões do mundo. A este respeito, Cantley (2004) conclui que a Europa tem apoiado a investigação e estimulado a competitividade, mas por outro lado aplica legislação desproporcionada, com regulamentação apertada que não acompanha as evidências científicas. Como os recursos, científicos, administrativos e políticos, estão sempre limitados, relevar riscos demasiados pequenos ou inexistentes, alheios de necessidades mais sérias do que os riscos acrescidos. Num estudo de caso relativo aos obstáculos encontrados em Portugal para o crescimento da Biotecnologia, Arantes-Oliveira (2007) conclui que as causas comumente aceites para o sucesso da Biotecnologia se podem reduzir a pouco mais do que uma mão cheia de factores dependentes da política. Segundo o autor, a promoção desta

tecnologia deveria ser prioritária para os países que vêem a Biotecnologia como uma ferramenta essencial para o desenvolvimento económico.

Demain (2006) refere que os produtos da indústria da Biotecnologia representam 38% de todas as drogas aprovadas e que o mercado para as proteínas terapêuticas (eritropoietina, insulina humana, interferon, hormona de crescimento, etc.) é enorme, existindo cerca de 4600 companhias de Biotecnologia no mundo. Em relação à aplicação na agricultura, Miller e Conko (2005) referem que apesar dos avanços do conhecimento científico nesta área terem sido impressionantes, o retorno comercial tem sido ínfimo, pois a regulação, nos Estados Unidos e noutros países, impõe taxas altamente punitivas. Spielman (2006) revela que, em todo o mundo, o investimento privado na investigação agrícola está a aumentar, enquanto que no sector público tende a diminuir, em parte devido às elevadas cargas fiscais. Segundo o mesmo autor, as primeiras evidências da comercialização da primeira geração de culturas geneticamente modificadas revelam ganhos para os agricultores em termos de incremento de produção, de redução de custos e impacte ambiental. No entanto, nota que estas evidências se baseiam apenas num número relativamente pequeno de países, onde os direitos de propriedade intelectual permitem às empresas privadas recuperar o investimento, como sejam os EUA, o Canadá, a Argentina e, em menor extensão, a África do Sul e a Índia. De acordo com dados relativos ao início de 2006, apontados por Jauhar (2006), a área cultivada com transgénicos aumentou 9 milhões de hectares no mundo inteiro em 2005⁶. Estudos recentes, mostraram que os agricultores que usaram estas tecnologias aumentaram o seu rendimento em 27000 milhões de dólares entre 1996 e 2004, com adicionais benefícios ambientais. Estes dados sugerem que a Biotecnologia moderna tornar-se-à um suplemento integral da agricultura convencional e o seu enorme potencial será reforçado.

Miller e Conko (2005) consideram que a Agricultura Biotecnológica está “sobrerregulada” e “subestimada”, propondo como estratégias para reverter este estado, uma maior participação de cientistas no esclarecimento do público, através de debates, artigos científicos dirigidos ao público, entrevistas jornalísticas, e assessoria aos governos. Estes autores defendem que os países e o mundo devem encontrar formas mais racionais e eficientes para garantir a segurança do público e,

⁶ Verificado pelo autor em 10 de Maio de 2006 em www.isaaa.org

simultaneamente, encorajar novas descobertas. “A ciência mostra o caminho e os líderes da sociedade devem levar-nos lá” (Miller e Conko, 2005).

Um outro elemento de debate sobre os produtos alimentares GM, com impacto directo nos agricultores é, segundo a OMS (2004) a questão dos direitos de propriedade intelectual (DIP). Uma revisão, feita pela OMS, do conflito entre os DPI e o igual acesso aos recursos genéticos e à partilha dos benefícios, num contexto de utilização de tecnologia genética na medicina, identificou potenciais problemas de monopolização e levantou dúvidas sobre novas regras para o estabelecimento de patentes no campo das sequências humanas, sendo provável que tais considerações se reflectam no debate sobre produtos alimentares geneticamente modificados.

A novidade dos avanços da Biotecnologia e as possibilidades que estes abrem fez com que os governos de todo o mundo articulassem as suas legislações sob o critério da precaução, o que significa que cada um destes melhoramentos é avaliado caso a caso e, como se de medicamentos se tratassem, autorizados ou refutados perante a mais mínima dúvida sobre a sua segurança. As variedades actualmente autorizadas foram-no de acordo com as normas recomendadas por comités de especialistas como os da FAO, OMS e outras instituições de reconhecido prestígio. Durante o período de aprovação, avaliam-se tanto as características que correspondem ao melhoramento introduzido (gene e proteína expressa), como o comportamento agronómico e o impacto da cultura melhorada, tanto sob o ponto de vista ambiental como no que respeita à segurança para uso na alimentação humana ou para o fabrico de rações. A legislação existente é rigorosa e não permite que nenhuma aplicação da Biotecnologia chegue à fase comercial com possíveis danos ambientais ou sanitários que não compensem a sua utilidade. Para reforçar os cuidados e a transparência na aprovação e na comercialização dos OGM dentro dos países da União Europeia foi definida legislação composta por vários diplomas. A comercialização de produtos alimentares GM, e de OGM em geral, é alvo de uma extensa legislação na UE que está em vigor desde o início dos anos 90. A rotulagem é obrigatória na UE para produtos derivados da Biotecnologia, ou produtos que contém OGM.

Portugal, através da publicação da Portaria n.º 904/2006 de 4 de Setembro, tornou-se o primeiro país da UE a regular a criação de zonas livres de OGM, de modo a assegurar a co-existência de OGM com culturas convencionais e com o modo de produção biológico.

1.3. Considerações sobre o ensino da Biotecnologia

Na sociedade actual, em que a Ciência e a Tecnologia assumem um papel da maior relevância, a compreensão do mundo não se coaduna com a aprendizagem de saberes científicos estanques e isolados. Um dos resultados essenciais da educação em Ciência é a preparação dos estudantes para desenvolverem um conhecimento mais profundo do mundo que os rodeia e para serem capazes de perceber notícias sobre Ciência no seu quotidiano (Dawson, 2007).

Desde há décadas que se vem defendendo o ensino das Ciências numa orientação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), a qual se baseia na formação de futuros cidadãos e no acesso de todos à informação científica e tecnológica. Esta corrente CTS tem como objectivo promover uma maior cultura científica e tecnológica, base para posições informadas que facilitem a participação na tomada de decisões tecno-científicas com incidência social (Acevedo, Vasquez e Manassero, 2003; Acevedo et al., 2005; Gil e Vilches, 2005; Martín, 2005; citados por Cabo Hernández et al., 2006). O movimento CTS tem como objectivo primordial a compreensão da Ciência, da Tecnologia e do Ambiente, das relações entre si e das suas implicações na sociedade. O objectivo final do ensino descentra-se dos conteúdos e passa a abarcar o desenvolvimento de capacidades, atitudes e valores, criando cidadãos socialmente informados, participativos e responsáveis (Cachapuz et al., 2000).

Millar (1983; citado por Cabo Hernández, 2006), propõe um conceito de alfabetização cívica que faz referência a uma cidadania activa. Para este autor um cidadão alfabetizado deve conhecer o vocabulário científico e tecnológico para poder ler e compreender notícias nos meios de comunicação; compreender o processo científico de produção de conhecimento; compreender o impacto que a Ciência e a Tecnologia têm sobre os indivíduos e a sociedade, ou seja, possui ideias sobre as complexas relações CTS. O mesmo autor (Millar, 1998; citado por Sturgis et al.

2005) considerou a familiaridade do público com conceitos científicos básicos, essencial para a eficácia das tomadas de decisão democráticas.

Apesar de se ter definido *literacia científica* de várias formas ao longo do tempo, Kachan et al. (2006) identificam elementos comuns em muitas definições contemporâneas, que incluem conhecimento e compreensão de factos e conceitos científicos básicos, métodos e processos científicos e inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Segundo Millar (2006), apesar do termo *literacia científica* ter sido crescentemente usado nos últimos anos para caracterizar o objectivo da educação em Ciência nas escolas, ainda há uma considerável incerteza sobre o seu significado e implicações para os currículos. Refere os resultados de um estudo destinado a clarificar o significado e as implicações de uma abordagem baseada na literacia científica, que revelaram que a ênfase nesta tem levado ao aumento do interesse e empenho dos estudantes. Os principais desafios identificados foram a linguagem, as exigências de raciocínio e a gestão na aula de mais discussões abertas sobre temas relacionados com Ciência.

Neste contexto, e atendendo à queda acentuada do número de alunos recrutados para a área de Ciências e Tecnologias na União Europeia, nos EUA e em muitos países da OCDE (incluindo Portugal), Sjøberg e Schreiner (2006) referem um estudo realizado ao nível de 35 países – ROSE ⁷ (*Relevance of Science Education*), cujos objectivos passam por compreender as atitudes, prioridades e interesses dos jovens face à Ciência e à Tecnologia. Os resultados obtidos indicam claramente que não há uma hostilidade generalizada contra a Ciência e a Tecnologia por parte dos jovens. Muitos estudantes entre os 14 e os 16 anos, de países ricos e países pobres, concordaram maioritariamente com afirmações como: *A Ciência e a Tecnologia são importantes para a sociedade; um país necessita de Ciência e de Tecnologia para se desenvolver; a Ciência e a Tecnologia encontrarão a cura para doenças como SIDA e o cancro; graças à Ciência e à Tecnologia haverá melhores oportunidades para as gerações futuras; Ciência e Tecnologia tornam a nossa vida mais saudável, mais fácil e mais confortável; as novas tecnologias tornarão o trabalho mais interessante; os efeitos benéficos da Ciência sobrepõem-se aos seus efeitos negativos; a Ciência e a Tecnologia ajudarão a erradicar a pobreza e a fome do mundo; Ciência e Tecnologia são a causa dos problemas ambientais.* Apesar de

⁷ Disponível em www.ils.uio.no/forskning/rose

se verificar que os alunos dos países em desenvolvimento são mais positivos do que os dos países mais ricos, no geral, as atitudes face à Ciência e à Tecnologia são positivas. Numa escala entre 1 (*discordo*) e 4 (*concordo*), a média de respostas dos alunos portugueses à questão *Ciência e Tecnologia são importantes para a sociedade* situou-se entre 3 e 3,5. Apesar da uniformidade de respostas obtidas nessa questão, quando se coloca outra, relativa à atitude face à Ciência e à Tecnologia na escola, os resultados são mais heterogéneos. Perante a afirmação *gosto da disciplina de Ciências mais do que qualquer outra*, verifica-se que há grandes diferenças nas respostas. De um modo geral, os estudantes dos países menos desenvolvidos gostam mais de Ciências do que os dos países mais ricos, que são mais negativos. Portugal foi dos países em que os alunos foram mais negativos, situando-se a média das respostas entre 1,5 e 2 na escala referida anteriormente. Relativamente a perspectivas de futuro, perante a questão de se quererem tornar cientistas ou trabalhar na área da Tecnologia, verificou-se que nos países em desenvolvimento os estudantes mostram um grande desejo de se tornarem cientistas, enquanto que os estudantes de muitos países da OCDE estão relutantes, com muitos casos em que a média das respostas se situou abaixo de 2. No caso concreto de Portugal, a média de respostas obtidas nas raparigas situou-se entre 1,5 e 2 e nos rapazes entre 2 e 2,5. Também trabalhar na área da Tecnologia parece ser mais apelativo nos países em desenvolvimento do que nos países mais ricos. A média de respostas de ambos os sexos, em Portugal, situou-se entre 1,5 e 2.

Segundo um relatório da OCDE (Guichard e Larre, 2006), o nível educacional relativamente baixo da população portuguesa, em que o número de anos de escolaridade da população activa é dos mais baixos da OCDE, é um dos principais factores que explica a baixa produtividade de muitas empresas e o facto de não adoptarem tecnologia mais moderna. Este aspecto assume particular relevância se atendermos ao crescente reconhecimento de que uma população com maior escolaridade consegue geralmente ser mais inovadora e mais preparada para se adaptar a mudanças tecnológicas, pré-requisitos para Portugal se manter competitivo e conseguir níveis de produtividade mais elevados. Segundo os autores do relatório, é fundamental uma mudança, em todos os níveis de ensino, centrada particularmente na Ciência e na Tecnologia. Mesmo com as últimas reformas curriculares, há que desenvolver ainda mais o ensino experimental das Ciências, o

qual falha em Portugal, segundo o referido relatório. A educação insuficiente em Ciências ao nível do ensino secundário é apontada como uma dificuldade primária para a integração bem sucedida no ensino superior. Adicionalmente, a formação de professores no ensino experimental das Ciências também é apresentado como um factor de constrangimento para uma melhoria qualitativa do ensino.

Todos estes dados podem ser importantes no sentido de estimular a reflexão e a discussão informadas relativamente ao papel da Ciência e da Tecnologia na Sociedade e na Educação.

O reforço da educação em Ciência tem sido apontado como essencial para o desenvolvimento de cidadãos capazes de lidar com as mudanças económicas e sociais que o desenvolvimento da Biotecnologia trouxe (Steele e Aubusson, 2004). Os estudantes devem ser preparados para tomar decisões sobre temas relacionados com a medicina, o ambiente e a genética (Solomon, 2001; citado por Steele e Aubusson, 2004). “Esperamos adultos que desempenhem um papel pleno e responsável na sociedade, o que inclui o apelo ao conhecimento, compreensão e atitudes obtidas a partir dos seus estudos de Ciência para a vida quotidiana. A Biotecnologia e a engenharia genética são aspectos da Ciência que contêm ricas oportunidades para trabalho deste tipo” (Lock, Miles e Hughes, 1995; citados por Steele e Aubusson, 2004).

Sendo o conhecimento científico e tecnológico consensualmente apontado como um dos principais pilares da dinâmica do desenvolvimento económico, social e cultural das sociedades contemporâneas, facilmente se percebe que o ensino da Biotecnologia tem um papel fulcral na sociedade actual. É importante que a comunidade esteja bem informada sobre as aplicações práticas da Biotecnologia, especialmente as relacionadas com a saúde humana, agricultura e ambiente. A educação escolar sobre Biotecnologia pode ajudar a assegurar que os jovens tenham o conhecimento e as capacidades que os habilitem a contribuir para o debate público e tomar decisões informadas (Dawson, 2007).

A importância da educação em Biotecnologia tem sido reconhecida na estrutura de um número considerável de currículos de vários países, como é o caso da Inglaterra, da Nova Zelândia e da Austrália (Steele e Aubusson, 2004). Porém, a grande relevância e o carácter ambivalente da Biotecnologia moderna implicam uma particular responsabilidade na sua abordagem ao nível do ensino. Por um lado,

existe a responsabilidade de informar os estudantes de forma clara e suficiente sobre os aspectos científicos e técnicos da Biotecnologia; por outro, a de os qualificar para decisões futuras e para serem capazes de pesar, de forma racional, o elevado potencial da Biotecnologia para resolver vários problemas do mundo moderno, bem como os riscos e as questões éticas que lhe são inerentes (Harms, 2002). Assim, enquanto alguns autores defendem que o ensino da Biotecnologia deve enfatizar os conceitos científicos, outros, advogam o ensino de temas da Biotecnologia que estimulem a discussão entre os estudantes e facilitem a tomada de decisão responsável, sem exigir que os estudantes lidem com conceitos abstractos e difíceis (Steele e Aubusson, 2004).

A propósito de um estudo sobre os conteúdos da Biotecnologia ensinada aos estudantes, Simmoneaux (2000; citado por Steele e Aubusson, 2004) sugere que os estudantes precisam de aprender sobre a biologia das bactérias, se vão discutir o uso industrial de microrganismos. Venville e Treagust (2002; citado por Steele e Aubusson, 2004) defendem que a compreensão do conceito de gene é essencial para os estudantes compreenderem as novas tecnologias genéticas. Olsher (1999; citado por Steele e Aubusson, 2004) verificou que os processos bioquímicos da Biotecnologia eram uma incógnita para a maior parte dos estudantes, por serem remotos da sua experiência quotidiana. Steele e Aubusson (2004) referem estudos que revelaram que quando os estudantes aprendem sobre os processos moleculares, acham a Biotecnologia mais difícil; estudos que revelaram que a discussão de aspectos éticos podem motivar os alunos a aprender Biotecnologia, sem a necessidade de incluir os difíceis conceitos de genética; e estudos que indicam que exigência e motivação são ambas importantes. Com base nestes dados, estes autores recomendam que a Biotecnologia oferecida aos alunos seja exigente e interessante e que as suas unidades devem incluir trabalho prático e lidar com temas relacionados com o quotidiano dos estudantes. Olsher (1999), Simmoneaux (2000) e Venville e Treagust (2002), citados por Steele e Aubusson (2004), propõem que o ensino da Biotecnologia enfatize os conceitos científicos. Outros autores advogam o ensino de temas em Biotecnologia que estimulem a discussão nos estudantes e facilitem a tomada de decisões, sem exigir que os estudantes lidem com difíceis conceitos abstractos.

Num estudo cujo objectivo era identificar algumas barreiras no ensino da Biotecnologia, Steele e Aubusson (2004) identificaram, a partir de uma revisão bibliográfica, os seguintes problemas: falhas de conhecimento dos professores nesta área, falta de recursos materiais, falta de tempo, conceitos abstractos, necessidade de inovar métodos de ensino e dificuldades causadas pela natureza controversa dos temas. Todos estes aspectos foram apontados como factores que inibem o sucesso da implementação da Biotecnologia nos currículos. Outro factor com particular relevância foi a existência de exames nacionais. Estes autores referem estudos que revelam o receio de muitos professores, no sentido dos resultados dos seus alunos nos exames possam ser usados como medida da sua competência profissional, o que faz com que se preocupem mais em ensinar técnicas de exame do que assuntos mais interessantes. Como descobertas mais relevantes do seu estudo, estes autores apontam as seguintes: muitos professores podem não possuir o conhecimento e a experiência para ensinar adequadamente a Biotecnologia; os professores têm a percepção de que a falta de trabalho prático adequado é um obstáculo à sua prática no ensino da Biotecnologia; alguns aspectos da Biotecnologia são considerados difíceis, pelos professores, mesmo para os melhores alunos; os professores consideram a Biotecnologia interessante e importante; há professores com conhecimentos e experiência para ensinar adequadamente Biotecnologia que escolhem frequentemente não o fazer porque consideram que os estudantes poderão obter melhores resultados noutras áreas. Também aspectos da educação em Biotecnologia, que podem afectar a motivação e a exigência, foram identificados na literatura, nomeadamente, falhas de conhecimento dos professores na área, o tempo necessário e a dificuldade em ensinar conceitos abstractos (Venville and Treagust, 1998; citados por Steele e Aubusson, 2004), a necessidade de inovar métodos de ensino e dificuldades devidas à natureza controversa do tema (Dawson, 2001; citado por Steele e Aubusson, 2004).

Neste contexto, Cabo Hernández et al. (2006) referem várias questões relativas ao âmbito educativo. Uma, diz respeito à falta de actividades nas aulas de Ciências que permitam raciocinar, argumentar e tomar decisões sobre problemas sociocientíficos, estratégia básica para a integração da orientação CTS no currículo científico. Outra, refere-se à necessidade de se investigar sobre a transferência de

conceitos científicos escolares para as argumentações usadas na tomada de decisões sobre problemas sociocientíficos. Trabalhos de Solbes e Vilches (1995; citados por Cabo Hernández et al., 2006) comprovam a existência de ideias nos docentes que poderão ser obstáculos para a implementação de uma orientação CTS nas aulas de Ciências. Comprovam ainda que, apesar dos professores valorizarem a relação entre as aulas de Ciências e a vida quotidiana como elemento de motivação para os alunos, não o incorporam na prática. Solbes, Vilches e Gil (2001; citados por Cabo Hernández et al., 2006) salientam as discrepâncias existentes entre os desenhos curriculares e a prática da aula, assinalando que a maioria dos docentes presta uma atenção insuficiente aos temas CTS e apontam três razões para explicar a falta de eficácia nos esforços realizados nas últimas décadas para a renovação didáctica em vários países: a existência de pré-concepções nos docentes, a ineficácia dos cursos de aperfeiçoamento para os docentes e a ineficácia da transmissão de ideias aos docentes, se estes não se envolverem em processos de investigação-acção. A formação dos professores, surge assim como um factor crítico para a implementação CTS entendida como alfabetização científica e, portanto, relacionada com a formação de cidadãos. As atitudes dos docentes face à corrente CTS e as práticas da aula mantêm relações complexas, com factores que facilitam ou impedem a sua implementação. (Manassero, Vásquez e Acevedo, 2001; citados por Cabo Hernández et al., 2006).

Cabo Hernández et al. (2006) referem a necessidade de novas investigações para esclarecer: as relações entre conhecimentos e/ou crenças com os comportamentos dos docentes na aula; a influência de factores sociais e culturais sobre as percepções e tomada de decisões do público, estudantes e professores; as relações entre atitudes e comportamentos; e as relações entre os conhecimentos, as crenças e as atitudes. Citando Blanco (2004) levantam uma questão decorrente destas: a relação entre o ensino das Ciências por professores com uma dada formação e o efeito, sobre estes, da informação procedente da divulgação científico-tecnológica, entendida como um conjunto de acções de comunicação e educação informais. “É impossível compreender a natureza do que o professor sabe sem relacioná-lo intimamente com o que é, o que sabe, faz, pensa e diz nos espaços quotidianos de trabalho” (Tardif, 2004; citado por Palma, 2006). Atendendo a vários trabalhos sobre a influência das características pessoais e profissionais na prática docente, o mesmo autor conclui que se considera que um clima de trabalho

adequado favorece o rendimento e melhora a auto-estima dos professores. Palma (2006) refere que as características pessoais e profissionais que um professor apresenta, tais como conhecimentos, saber fazer, competências e habilidades necessárias para desempenhar várias tarefas nas aulas, provêm de diversas fontes e são condicionadas por elas: sejam a família, escola, universidade, programas curriculares, regras e companheiros de trabalho. Esta ideia significa que os conhecimentos dos professores são saberes também sociais, para um trabalho social (Tardif, 2004; citado por Palma, 2006). Ou seja, os factores socioeconómicos do aluno e do professor, as características pessoais do aluno e do professor, tudo o que é dado e condicionado por diferentes momentos da formação, originam crenças relativamente aos conteúdos curriculares, à metodologia seguida, à avaliação e, também crenças sobre os próprios factores socioeconómicos e características pessoais.

Ainda neste contexto, Cabo Hernández et al. (2006) referem-se a estudos que se têm realizado nas últimas décadas sobre percepção social de Ciência e Tecnologia e que medem o interesse, a compreensão e as atitudes dos cidadãos face às mesmas. Se por um lado, os autores concordam que estes estudos se justificam, pela necessidade de ajustar a participação social na tomada de decisões, por outro lado, referem que os mesmos são criticados por diversas causas (citando Luján, 2003) e, muito especialmente, pelo modelo explicativo baseado no défice cognitivo (citando Lopez e Camara, 2005). Esta crítica é extensível ao Eurobarómetro⁸, pois os autores consideram que a cultura, a economia, os valores sociais e políticos, a confiança e a percepção do risco também são factores importantes na formação e mudança de atitudes face a questões sociocientíficas, e não, apenas o nível de conhecimento e formação. A principal crítica ao modelo do défice de conhecimento, será a de que existem outros factores, externos ao conhecimento científico, determinantes das atitudes face à Ciência e à Tecnologia. Não é possível estabelecer uma relação linear entre conhecimento e atitude, mas apenas que esta relação se atenua ou amplifica pela existência dos factores sociais e culturais (Sturgis e Allum, 2004; citados por Cabo Hernández et al., 2006). Não se podem generalizar as relações entre conhecimentos e atitudes, pois o papel dos conhecimentos é distinto, consoante o caso ou tema sociocientífico que se avalia; a

⁸ Eurobarómetro – disponível em <http://europa.eu.int/comm/publicopinion/index>

informação sobre um determinado tema provoca reacções diferentes, em função dos conhecimentos, das atitudes e do grupo social; e as atitudes são independentes do conhecimento. Cabo Hernández et al. (2006) referem ainda um estudo que reconhece nove factores que fazem variar as atitudes: interesse intrínseco relativamente à Ciência, controle e rumo da Ciência, compreensão do objecto de estudo, apreciação dos benefícios da Ciência, atitude face às mudanças e novas tendências, atitude face ao risco, atitude face à autoridade, ponto de vista sagrado da natureza e confiança nos políticos. Citam ainda Pardo e Calvo (2002), que também criticam metodologicamente o Eurobarómetro e chamam a atenção para a necessidade de investigar sobre a possível fragmentação das atitudes em diferentes grupos/categorias. Estes autores põem em causa as relações entre as atitudes gerais face à Ciência e atitudes face a questões específicas de Ciências, e ainda os distintos níveis de conhecimentos relativamente a diversos aspectos da Ciência e da Tecnologia actual. Consideram também que atitudes como a percepção do meio ambiente, a percepção do risco, a globalização, a complexidade e as atitudes gerais face ao mundo, podem desempenhar um papel na valorização da Ciência.

No que respeita ao caso concreto da Biotecnologia, Sturgis et al. (2005) realizaram um estudo em que investigaram o impacto de dois domínios do conhecimento, o do científico geral e a genética moderna, sobre as atitudes face à Biotecnologia. Os resultados obtidos demonstraram que o conhecimento científico parece ter um papel determinante nas atitudes individuais e colectivas face à genética. No entanto, não encontraram dados que suportem um modelo simples de défice de conhecimento, uma vez que a natureza desta relação depende da aplicação da Biotecnologia em questão e da posição social do indivíduo. O conhecimento sobre Ciência, quer num domínio mais geral quer num mais específico, é apenas uma de várias determinantes importantes das atitudes do público face às aplicações da Biotecnologia que focam o genoma humano. Segundo os autores, as atitudes do público estão actualmente diferenciadas consoante as aplicações, nomeadamente no que respeita ao seu risco, aceitação moral e utilidade para a sociedade. Segundo Frewer et al. (1997; citados por Savadori et al., 2004) o facto das aplicações que envolvem genes animais serem consideradas de maior risco do que as aplicações que envolvem genes de plantas prende-se com questões éticas. Outro aspecto considerado relaciona-se com a reacção ao perigo, que não é a mesma em pessoas diferentes. Características individuais, como experiências

passadas com situações de perigo ou um conhecimento tecnológico específico, podem afectar a importância de algumas dimensões e resultar em julgamentos do risco bastante diferentes. Referindo-se também à confiança, os autores afirmam que esta ajuda a reduzir incertezas a um nível aceitável e simplificar decisões que envolvam uma grande quantidade de informação. A percepção do risco face à engenharia genética está correlacionada negativamente com a confiança, enquanto que a percepção dos benefícios está correlacionada positivamente. Verificou-se também que a confiança está indirectamente relacionada com a aceitação da tecnologia genética. Afirmam que a confiança tem sido considerada mais fundamental na resolução de conflitos do que a comunicação dos riscos. No entanto, a confiança é frágil e a sua credibilidade pode ser destruída instantaneamente. Os eventos negativos, destruidores de confiança, são mais visíveis ou noticiáveis do que acontecimentos positivos, criadores de confiança. As histórias sobre Ciência são passíveis de serem usadas para vender mais jornais, surgindo por vezes cabeçalhos enganadores ou sensacionalistas (Elliot, 2006). Pelas mesmas razões, os jornalistas frequentemente enfatizam os aspectos mais dramáticos ou noticiáveis de uma história de Ciência, contrastando com a abordagem cautelosa e comedida que caracteriza a maioria das publicações científicas, mas que poucas pessoas lêem. Se os temas sociocientíficos são para serem percebidos pelo público em geral, e a natureza da Ciência é para ser justamente percebida por eles então, defende o autor, os educadores deviam ajudar os estudantes a fazer a ponte entre a Ciência, os cientistas e a apresentação nos media. Com base nos resultados obtidos num trabalho cujo objectivo era incrementar a literacia científica de alunos e professores pela análise de artigos de jornais no estudo de Biotecnologia, o autor considera que a revisão de artigos de jornais são uma forma promissora de introduzir os temas sociocientíficos controversos, se usados adequadamente na sala de aula. Esta estratégia pode desenvolver as competências de literacia científica, dando-lhes a estrutura para pensar sobre os conteúdos científicos, sobre a natureza da controvérsia e sobre a forma como o tema foi apresentado ao público. Os alunos desenvolvem um maior conhecimento dos temas e da forma como eles são apresentados nos media, algo que não se pode conseguir com outras abordagens pedagógicas. Relativamente a esta actividade, os estudantes acharam-na interessante e bastante estimulante das suas capacidades. Por sua vez, os

educadores sentiram que esta técnica tem potencial para ser efectivamente usada com os alunos nas escolas.

Kachan et al. (2006) também consideram a competência para ler diversos géneros de textos científicos, incluindo reportagens nos media, um aspecto importante da literacia científica que alguns especialistas argumentam dever ser incluída nos currículos de Ciências. Os autores conduziram um estudo para perceber os potenciais da utilização de reportagens dos media nas aulas, pois durante a sua vida, muitos dos avanços da Ciência são dados a conhecer a um indivíduo fora do âmbito escolar, através destes meios de comunicação. Os autores referem como exemplo o facto de, em 2001, mesmo os alunos que estudavam Biologia no ensino Superior, terem sabido através dos media que se tinha feito o mapeamento do genoma humano. A acrescentar a isto, está o facto de a Internet disponibilizar todas as formas de escrita científica, tanto a popular como a profissional (Goldman e Bisanz, 2002; citados por Kachan et al., 2006). Esta forma de comunicação está a por de parte as tradicionais “portas de saída” de Ciência, como livrarias, textos educativos aprovados, publicações científicas, entre outras, incrementando assim as competências requeridas para a literacia escrita. Os autores consideram que o desafio actual da educação em Ciência, criado pela rápida difusão desta nova tecnologia, é tão dramático como o enfrentado décadas antes pelos educadores de ciências do Ocidente, aquando do lançamento do Sputnik. É grande e abrangente a preocupação relativa ao lapso entre os tipos de Ciência para que o público está a ser educado para ler (ainda largamente livros de texto) e o que o público precisa, e está actualmente a tentar: ler géneros que popularizam a Ciência, a par da revisão de artigos de jornais. Os autores referem que a prevalência da pesquisa científica reportada nos media tem levado alguns investigadores a estudar a forma como os indivíduos avaliam as notícias de Ciências na imprensa. Zimmerman et al. (2001; citados por Kachan et al., 2006) sugerem que muito dos melhores estudantes estão em falta de competências essenciais para esta forma de literacia científica com importante potencial para uma aprendizagem duradoura.

Um aspecto relacionado diz respeito ao uso de metáforas nas notícias sobre Biotecnologia. Segundo Petersen (2005), a cobertura de notícias relativas à Biotecnologia estão cheias de metáforas, que expressam tanto as esperanças como os receios e as incertezas relativamente a esta área de evolução rápida. O autor

considera importante perceber como é que as metáforas podem influenciar a percepção pública dos riscos, onde é que elas têm origem (nos jornalistas, cientistas, editores ou outras fontes) e como é que elas podem ser usadas para condicionar a opinião do público relativamente à Biotecnologia. O autor reconhece que as metáforas são inevitáveis e essenciais quando os cientistas comunicam com o público sobre assuntos complexos, que envolvem muitas vezes processos extremamente específicos e à escala molecular, e precisam de uma linguagem que os ligue aos leitores e audiências. Mas alerta que as metáforas podem limitar a imaginação e ter consequências ocultas, dispersando a atenção para certos aspectos e manipulando a abordagem aos temas. Por isso, defende que o estudo do papel das metáforas nos temas da Biotecnologia pode ajudar os educadores a desenvolver uma compreensão mais refinada do processo social que envolve a construção e a produção dos riscos. As metáforas são também construções e, como tal, podem ser reconstruídas ou destruídas de acordo com mudança de contextos.

Väliverronen (2006) apresenta um estudo que apoia observações realizadas em estudos anteriores, que revela que a medicina e a genética humana tendem a ser apresentadas pelos media como positivas (cita Durant et al., 1998; van Dijck, 1998; Conrad, 1999; Petersen, 2001; Anderson, 2002) e que os cientistas entrevistados são tipicamente apresentados como peritos, heróis e profetas. Referindo-se especificamente à Biotecnologia, revela que esta é tipicamente enquadrada nas notícias como “ciência do futuro”, as suas aplicações como sendo muito acessíveis e é definida como a solução para as várias doenças humanas. As histórias são construídas a partir do problema até à sua futura solução, sendo notório que as histórias apresentadas só por acaso são controversas.

A forma como as notícias sobre Ciências são veiculadas e apresentadas pelos media levanta a necessidade de desenvolver competências nos alunos que lhes permitam analisar os conteúdos científicos, a forma como o tema foi apresentado ao público e a natureza controversa dos mesmos. A preocupação com estas competências levou muitos educadores de Ciências e autores de currículos a recomendar o uso de notícias de Ciências na estrutura curricular e na avaliação

1.4. Enquadramento da Biotecnologia nos programas curriculares

1.4.1. Ciências Naturais do 3º Ciclo do Ensino Básico

O desenvolvimento da literacia científica dos alunos é o objectivo primeiro da área disciplinar de Ciências Físicas e Naturais do 3º Ciclo do Ensino Básico, segundo se preconiza no documento *Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares para o 3º Ciclo* (Departamento da Educação Básica, 2001). Tendo em conta as múltiplas e complexas relações entre Ciência e Sociedade e a sociedade de informação e do conhecimento em que vivemos, em que questões científicas com implicações sociais são discutidas e sobre as quais os cidadãos são chamados a dar a sua opinião, a literacia científica é considerada, neste nível de ensino, e por este documento, como fundamental para o exercício pleno da cidadania. Por conseguinte, é essencial o desenvolvimento de um conjunto de competências específicas em diferentes domínios como sejam o do conhecimento e do raciocínio, mas também da comunicação, através do uso da linguagem científica e a interpretação da informação com distinção entre o essencial e o acessório, e ainda das atitudes, incluindo a curiosidade, a reflexão crítica sobre o trabalho efectuado em Ciência e a avaliação do impacto da Ciência na sociedade e no ambiente. A vivência de experiências educativas diferenciadas que vão de encontro aos interesses pessoais dos alunos e que estejam em conformidade com o que se passa à sua volta, são fundamentais para o desenvolvimento de tais competências. Ao nível do processo de avaliação das aprendizagens, considerado indispensável em situação escolar, é colocada a ênfase quer na avaliação de conhecimento holístico das ideias científicas, quer na compreensão crítica da Ciência e do pensamento crítico. A este respeito pode também ler-se no documento supracitado “*A educação em Ciência permite, assim, desenvolver e avaliar a competência para compreender a linguagem e a argumentação científicas, de um modo crítico (...)*”.

Os programas de Ciências Físicas e Naturais estão, nos três ciclos do Ensino Básico, organizados em quatro temas gerais – *Terra no espaço, Terra em transformação, Sustentabilidade na Terra e Viver Melhor na Terra* – surgindo a interacção Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente como um eixo de consolidação de uma multiplicidade de saberes científicos ao nível da escolaridade básica e obrigatória. Com este paradigma de organização curricular, pertende-se por um lado

alargar os horizontes da aprendizagem, proporcionando aos alunos não só o acesso aos produtos da Ciência mas também aos seus processos, através da compreensão das potencialidades e limites da Ciência e das suas aplicações tecnológicas na Sociedade. Por outro lado permite uma tomada de consciência quanto ao significado científico, tecnológico e social da intervenção humana na Terra, o que poderá constituir uma dimensão importante em termos de uma desejada educação para a cidadania.

É no quarto tema, *Viver Melhor na Terra*, abordado ao nível do 9º ano, em que a qualidade de vida implica saúde e segurança numa perspectiva individual e colectiva, que surge a referência à Biotecnologia: “A Biotecnologia, área relevante na sociedade tecnológica e científica em que vivemos, será um conhecimento essencial para a qualidade de vida”. Nas experiências educativas propostas neste documento relativamente a este tema, incluem-se a reflexão dos alunos sobre algumas aplicações e possíveis consequências da manipulação do material genético. Pretende-se que os alunos compreendam a contribuição da biologia molecular na resolução de vários problemas que preocupam as sociedades actuais, como a produção de alimentos, medicamentos e procedimentos médicos, entre outros, bem como a discussão de notícias veiculadas na comunicação social, relativas por exemplo à clonagem, que pode contribuir para o reconhecimento de algumas restrições de natureza ética que se colocam à investigação científica. Sugere-se a realização de projectos centrados em temas como o fabrico e utilização de fármacos, fertilizantes, pesticidas, detergentes, sabões, cosméticos e alimentos transgénicos, entre outros, evidenciando-se a avaliação dos riscos e benefícios envolvidos.

Num outro documento, *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais* (Departamento de Educação Básica, 2001), realça-se que “o papel da Ciência e da Tecnologia no nosso dia-a-dia exige uma população com conhecimento e compreensão suficientes para entender e seguir debates sobre temas científicos e tecnológicos e envolver-se em questões que estes temas colocam, quer para eles como indivíduos quer para a sociedade como um todo”. Refere-se ainda no documento que “muitas vezes as explicações fornecidas às pessoas sobre temas relacionados com a Ciência e a Tecnologia são mais fornecidas pelos media do que pela escola” e, como o conhecimento científico não se adquire simplesmente pela vivência de situações quotidianas pelos alunos, “há necessidade de uma intervenção

planeada do professor a quem cabe a responsabilidade de sistematizar o conhecimento de acordo com o nível etário dos alunos e dos contextos escolares”. Advoga-se o ensino da Ciência como fundamental, correspondendo na educação básica a uma preparação inicial a ser aprofundada no ensino secundário, e visando proporcionar aos alunos as possibilidades de, entre outras, “adquirir uma compreensão geral e alargada (...) dos procedimentos da investigação científica, de modo a sentir confiança na abordagem de questões científicas e tecnológicas”, e de “questionar o impacto da Ciência e da Tecnologia no nosso ambiente e na nossa cultura em geral”. Dá-se realce ao contributo das Ciências Físicas e Naturais para o desenvolvimento das competências gerais, entre as quais, “a mobilização e utilização de saberes científicos, de saberes tecnológicos, de saberes sociais e culturais, a pesquisa, selecção e organização de informação de modo a compreender as diferentes vertentes da situação problemática (recurso a múltiplas fontes de informação – jornais, livros, Internet) e a resolução de problemas e tomadas de decisão para uma intervenção individual e comunitária”. Também se destaca a importância do desenvolvimento de princípios e valores, como o respeito pelo saber e pelos outros, pelo património natural e cultural, conducente à consciencialização ecológica e social, à construção da sua própria identidade e à intervenção cívica de forma responsável, solidária e crítica.

Para os conhecimentos científicos serem compreendidos pelos alunos em estreita relação com a realidade que os rodeia, considera-se fundamental a “vivência de experiências de aprendizagem”, tais como (entre outras), realizar actividades experimentais, analisar e criticar notícias de jornais e televisão, aplicar conhecimentos científicos na abordagem de situações da vida quotidiana, realizar debates sobre temas polémicos e actuais, onde os alunos tenham de fornecer argumentos e tomar decisões, estimulando as suas capacidades de argumentação e incentivando o respeito por pontos de vista alternativos.

Relativamente às competências específicas para a literacia científica dos alunos no final do ensino básico as experiências de aprendizagem que são propostas visam o desenvolvimento das seguintes competências, entre outras: reconhecimento da necessidade de uma análise crítica, face às questões éticas, de algumas das aplicações científicas e tecnológicas, reconhecimento de que a tomada de decisão relativa a comportamentos associados à saúde e segurança global é influenciada por aspectos sociais, culturais e económicos, a compreensão de como

a Ciência e a Tecnologia têm contribuído para a melhoria da qualidade de vida, a compreensão do modo como a sociedade pode condicionar, e tem condicionado, o rumo dos avanços científicos e tecnológicos na área da saúde e segurança global, a compreensão dos conceitos essenciais relacionados com a saúde, a utilização de recursos e protecção ambiental que devem fundamentar a acção humana no plano individual e comunitário e a valorização de atitudes de segurança e de prevenção como condição essencial em diversos aspectos relacionados com a qualidade de vida.

Sugere-se, para o 3º Ciclo, a discussão de assuntos polémicos nas sociedades actuais sobre os quais os cidadãos devem ter uma opinião fundamentada.

Este tema constitui o culminar do desenvolvimento das aprendizagens anteriores e tem como finalidade capacitar o aluno para a importância da sua intervenção individual e colectiva no equilíbrio da Terra, quer tomando medidas de prevenção, quer intervindo na correcção dos desequilíbrios. Tendo em conta as orientações curriculares para o 3º Ciclo do ensino Básico, é importante investigar problemáticas do ponto de vista da saúde individual, do ponto de vista da segurança e saúde globais, em interacção com os outros e com o meio. Saúde é aqui entendida como qualidade de vida para a qual contribui um modo de estar no mundo, atendendo ao que cada um pode fazer e à compreensão das ideias sociais e políticas para o garante dessa qualidade. A análise de posições científicas controversas e a discussão de temas actuais no mundo, podem conduzir à tomada de consciência sobre a importância de cada um não se alhear dos problemas e respectivas soluções, identificando os contributos da Ciência e da Tecnologia na resolução desses problemas.

1.4.2. Biologia do 12º ano

Com a implementação da reorganização curricular iniciada no ano lectivo de 2002/2003 surge o novo Programa de Biologia do 12º ano, em vigor desde 2005/2006 e cujo tema central é *A BIOLOGIA E OS DESAFIOS DA ACTUALIDADE*. Segundo este documento (Direcção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2004), em articulação com este tema, a selecção das temáticas e a sua

organização conceptual tiveram em conta finalidades e objectivos dirigidos para a educação científica dos cidadãos e para a preparação dos jovens para enfrentar com confiança as questões científico-tecnológicas que a sociedade lhes coloca, por forma a serem capazes de ponderar criticamente os argumentos em jogo, formularem juízos responsáveis e participarem nos processos de tomada de decisão. Segundo se lê, a disciplina de Biologia pretende ter em conta estes desafios e dar um contributo válido para a formação científica dos alunos.

Assim, e tendo em conta o papel dos conhecimentos de Biologia no mundo actual, a Biotecnologia surge em destaque numa das finalidades a que o Programa desta disciplina se propõe: o reconhecimento da relevância da Biologia e da Biotecnologia nos dias de hoje, uma vez que influenciam a qualidade de vida das pessoas e a organização das sociedades, ao apresentarem alternativas e originarem questões que exigem tomadas de decisão a nível tecno-científico, político e sócio-ético. Numa perspectiva geral do Programa, pode ler-se: “a educação em Biologia deverá ter em vista a preparação dos jovens para utilizarem racionalmente conhecimentos de Biologia e de Biotecnologia na análise das questões que se colocam à sociedade. Em causa está a necessidade de ponderar argumentos e tomar decisões”. Esta necessidade é reforçada com o enunciado dos problemas *Que contributos científico-tecnológicos deveremos aceitar?* e *Decidir com base em que critérios e que com argumentos?*, cujas respostas pressupõem que as sociedades disponham, não só de soluções científico-tecnológicas adequadas, como também de cidadãos capazes de participar de forma consciente nos processos que regulem a sua utilização.

Ao nível de competências a desenvolver, o programa preconiza que devem contemplar não só o domínio conceptual, i. e. o conhecimento, a compreensão e a aplicação de conceitos, factos, princípios e teorias, mas também o domínio procedimental, que inclui a compreensão de processos, leis ou fenómenos, bem como aspectos que geram nos alunos habilidade e destreza, como também o atitudinal, com o desenvolvimento de atitudes face aos conhecimentos e aos trabalhos científicos (rigor, curiosidade, objectividade, perseverança) e às implicações que daí decorrem para a forma como perspectivam a sua própria vida e a dos outros. Espera-se, assim, que no final do 12º ano os alunos tenham atingido, entre outros objectivos gerais, a construção de valores e atitudes conducentes à tomada de decisões fundamentadas relativas a problemas que envolvam

interacções Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, o reconhecimento das implicações do desenvolvimento da Biologia e das suas aplicações tecnológicas na qualidade de vida dos seres humanos e a valorização do conhecimento científico como um processo de construção ligado às características e necessidades da sociedade num determinado momento histórico e, como tal, sujeito a constante reformulação e evolução.

O Programa está organizado em cinco unidades e em torno da situação problema: *Como melhorar a qualidade de vida dos seres humanos?* pretendendo enfatizar a influência que a Ciência e a Tecnologia exercem sobre a vida das pessoas, “visando-se, por isso, tanto o conhecimento de exemplos de produtos e serviços, como a reflexão sobre aspectos de natureza social, económica e ética que contextualizaram a sua génese e/ou aplicabilidade”.

A cada unidade corresponde uma *questão central*, sendo que as três primeiras são consideradas comuns às três primeiras unidades: *O que pode ser feito ao nível dos processos reprodutivos? Que desafios se colocam à Genética? e E ao controle de doenças?*. À quarta unidade corresponde a *questão central Como resolver problemas de alimentação?* e à quinta *Que soluções para os efeitos da actividade humana sobre o ambiente?*.

O estudo de processos biotecnológicos é transversal a estas cinco unidades. A primeira, *Reprodução e Manipulação da fertilidade*, inclui a compreensão de alguns processos biotecnológicos que permitem manipulação da reprodução humana, “perspectivando a sua importância no controlo da natalidade das populações humanas e a resolução de problemas de infertilidade”. É sugerida a realização de debates sobre reprodução assistida com as suas implicações sociais, nomeadamente o contributo para a melhoria da qualidade de vida das populações humanas, e com a presença de especialistas. Em termos de conteúdos atitudinais, no que diz respeito à qualidade de vida dos indivíduos e desenvolvimento das populações, preconiza-se o desenvolvimento de opiniões críticas e informadas face a processos de reprodução assistida e manipulação de embriões e a reflexão sobre as implicações biológicas e sócio-éticas que decorrem da utilização de processos de manipulação da reprodução humana.

A segunda unidade, *Património Genético*, contempla a perspectiva dos genes como “campo de intervenção biotecnológica”. Um dos conteúdos conceptuais diz respeito aos fundamentos de Engenharia Genética. Sugere-se, em termos

metodológicos, a avaliação das potencialidades da tecnologia do DNA recombinante para estudar a expressão de genes humanos em laboratório, a ênfase nos fundamentos biológicos e requisitos tecnológicos de técnicas de PCR e a análise das suas potencialidades, limitações e questões éticas associadas. Também se sugere a discussão de casos com impacto social sobre a produção de OGM. Ao nível atitudinal, sugere-se promover a valorização dos conhecimentos sobre genética, no sentido de desenvolver uma atitude responsável face ao seu papel no melhoramento da qualidade de vida do indivíduo e a reflexão sobre aspectos biológicos, éticos e sociais

Na terceira unidade, *Imunidade e Controlo de doenças*, abordam-se algumas soluções biotecnológicas no diagnóstico e terapêutica de doenças. Um dos conteúdos conceptuais é *Biologia no diagnóstico e terapêutica*. Como sugestões metodológicas relativamente aos aspectos da Biotecnologia no diagnóstico e terapêutica, surge a organização de trabalhos e de debates sobre a Engenharia Genética na produção de substâncias (insulina, hormona de crescimento, factor VIII anti-hemofílico, interferon, etc.), no diagnóstico pré-natal de doenças, avaliação da compatibilidade de órgãos para transplante, teste de paternidade, bioconversão na produção de antibióticos (vantagens relativas à via de administração, ao espectro de acção e redução de reacções alérgicas) e esteróides (contraceptivos orais e anabolizantes), sugerindo que se deve, no entanto, evitar as abordagens bioquímicas dos processos em estudo. Ao nível atitudinal, é indicado o desenvolvimento de opiniões fundamentadas sobre as questões que envolvem a utilização de animais na experimentação biomédica.

Na quarta unidade, *Produção de alimentos e sustentabilidade*, estuda-se o papel de microrganismos e de processos enzimáticos na produção de alimentos, bem como a criação e o melhoramento de espécies. Como conteúdos conceptuais surgem *Microrganismos e indústria alimentar, Fermentação e actividade enzimática, Conservação, melhoramento e produção de novos alimentos, Cultivo de plantas e criação de animais e Controlo de pragas*. Desaconselha-se o estudo detalhado de procedimentos biotecnológicos e sugere-se o ênfase nalguns exemplos que permitam compreender as potencialidades da Biotecnologia na produção, melhoramento e conservação de alimentos, na importância para a saúde e para o ambiente da utilização de métodos naturais no controlo de pragas (ex. controlo genético, com químicos naturais) e na importância das biotecnologias na

minimização do problema da fome no mundo. Sugere-se também a mobilização dos saberes que os alunos possuam sobre a conservação de alimentos por métodos tradicionais e a introdução de algumas aplicações da Biotecnologia nesta área. Reconhecer as potencialidades da cultura de tecidos vegetais e da criação de animais e recolher dados para avaliar os seus impactos no meio ambiente também são sugeridos. O controlo de pragas e as soluções encontradas para as combater (biocidas, controlo por inimigos naturais, controlo genético) e problematizar situações do dia-a-dia que envolvam biocidas – sua toxicidade, efeitos e persistência de alguns biocidas também são indicados. Em termos de conteúdos atitudinais, recomenda-se a construção de opiniões informadas sobre a utilização de alimentos obtidos/modificados por processos biotecnológicos e o posicionamento crítico e fundamentado sobre a utilização de diferentes biotecnologias na produção de alimentos.

Por fim, a quinta unidade, *Preservar e recuperar o meio ambiente*, tem por base “a problemática associada à poluição e degradação dos recursos naturais, perspectivando a recuperação e preservação do meio ambiente face ao crescimento da população humana”. Surgem os conteúdos conceptuais *Tratamento dos resíduos e Crescimento da população humana e sustentabilidade*. É recomendada a ênfase na utilização de microrganismos para a diminuição da matéria orgânica presente nos resíduos e sugerem-se questões que enquadrem abordagens que visem a integração dos diversos temas estudados, nomeadamente no que diz respeito aos contributos da Biotecnologia ao nível da manipulação da fertilidade, das alterações do material genético, da imunidade e controlo de doenças e da alimentação, de modo a clarificar o seu contributo para a resolução da situação-problema *Como melhorar a qualidade de vida dos seres humanos?* que serve de contexto ao programa. No que respeita às atitudes, preconiza-se: a valorização dos avanços científico-tecnológicos na preservação do meio ambiente; a apreciação crítica da informação veiculada pelos media, o reconhecimento de que os avanços científicos e tecnológicos condicionam a qualidade de vida do Homem.

De entre as várias sugestões metodológicas que são dadas aos professores, surge “valorizar a realização de actividades práticas como parte integrante e fundamental dos processos de ensino e aprendizagem dos conteúdos de cada unidade”. De acordo com isso, ao nível dos recursos considerados necessários à consecução do Programa, surge “as escolas deverão dispor de recursos adequados

para a consecução das actividades práticas que são parte integrante deste programa. Estes recursos incluem, tanto materiais destinados aos trabalhos de laboratório e/ou de campo, como aqueles que permitem a realização de actividades de papel e lápis, pesquisas e debates. A listagem de material que consta do programa inclui material básico de laboratório, material básico para trabalho de campo, colecções, mapas e preparações definitivas, equipamento e recursos multimédia, sítios da World Wide Web (www) e recursos bibliográficos.

1.5. Problemas e Objectivos da investigação

1.5.1. Problemas da investigação

No contexto do quadro teórico exposto foram equacionadas várias *questões - problema* orientadoras da estrutura deste estudo:

- § *Estão os programas curriculares adequados às exigências sociais actuais no que respeita à Biotecnologia?*
- § *Conseguem os alunos atingir os objectivos e as competências propostas pelos programas e orientações curriculares?*
- § *Estão os professores preparados para ajudar os alunos a atingir os objectivos e as competências propostas pelos programas e orientações curriculares?*
- § *A Biotecnologia é um tema que interessa a professores e a alunos?*
- § *Os programas curriculares respondem substantiva e adequadamente aos objectivos propostos para o ensino da Biotecnologia?*

1.5.2. Objectivos da investigação

Face às questões – problema formuladas definiram-se os seguintes objectivos:

- § Avaliar os conhecimentos dos alunos sobre Biotecnologia para perceber o que se pode fazer para melhorar o ensino e os conhecimentos sobre o tema.
- § Analisar o interesse de alunos e professores e o nível de informação sobre Biotecnologia.
- § Determinar as fontes de informação prioritárias e a sua credibilidade junto de alunos e professores.
- § Analisar a percepção dos alunos e dos professores sobre a Biotecnologia.
- § Analisar as atitudes e a capacidade de tomar decisões em relação à Biotecnologia.

No seu conjunto estes objectivos convergem para ajudar a melhorar a compreensão acerca do modo como se aborda e se lecciona esta temática na sala de aula. Assim, espera-se poder contribuir de alguma forma para a melhoria qualitativa da prática docente.

2. INVESTIGAÇÃO

2.1. Instrumentos

A recolha de dados decorreu entre os meses de Janeiro e Maio de 2007, em quatro escolas da área metropolitana do Porto – numa escola dos 2º e 3º Ciclos do ensino Básico (EB 2,3 de Paranhos) e em três escolas do ensino Secundário com 3º Ciclo (ES/3 Carolina Michäelis, ES/3 do Castelo da Maia e ES/3 Garcia de Orta) – e ainda na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP).

A investigação desenvolveu-se seguindo uma abordagem quantitativa através de inquérito por questionário e tendo como população-alvo alunos do ano terminal do ensino Básico (9º ano), alunos do ano terminal do ensino Secundário (12º ano), alunos da FCUP a frequentar o primeiro ano dos cursos da área da Biologia e afins e docentes do grupo de Biologia/Geologia (520).

A elaboração dos questionários (anexos) baseou-se em estudos semelhantes realizados em diferentes universos, tendo várias questões sido adaptadas para o contexto nacional e escolar. Estes estudos realizados, em Portugal e noutros países, tinham como objectivo avaliar a percepção da Biotecnologia do público em geral (Gaskell et al. 2006) e de estudantes em particular (Cavanagh et al. 2005, Dawson, 2007, Valdez et al. 2004). Também se usou como base um questionário elaborado pelo projecto internacional EPOBIO⁹.

O pedido de colaboração foi enviado para as escolas, por via institucional (FCUP), através de carta e de correio electrónico.

No total foram distribuídos 719 questionários para alunos e 36 para professores, que se entregaram em mão a docentes das escolas supracitadas, e da FCUP, que se prestaram a colaborar neste trabalho.

⁹ EPOBIO (*Realising the Economic Potential of Sustainable Resources – Bio products from Non-food Crops*) é um projecto internacional financiado através da União Europeia, no âmbito do 6º Programa Quadro, para perceber o potencial económico da produção de produtos a partir de derivados de matérias-primas de natureza vegetal. O objectivo EPOBIO é produzir novas gerações de bio-produtos a partir de matérias-primas vegetais, que se prevê alcançarem o mercado daqui a 10-15 anos. O acesso ao inquérito foi feito em 27-10-2006, através do sítio do Centro de Informação de Biotecnologia – Portugal: www.cibpt.org onde esteve disponível até 17-11-2006.

2.1.1. Elaboração dos questionários

Após delimitar as variáveis em estudo, a questão de base e as hipóteses de trabalho, procedeu-se à elaboração dos questionários. Neste processo de construção atendeu-se particularmente aos seguintes aspectos: apresentação e formulação das questões, organização das mesmas em diferentes conjuntos com alvos temáticos e tamanho do questionário. Todas as opções tomadas tiveram em conta as características da população alvo, particularmente a dos estudantes mais jovens, nomeadamente a resistência e inércia típicas perante uma abordagem que exija concentração e disponibilidade, como um inquérito.

A cada questão fez-se corresponder uma hipótese precisa, pelo que foram formuladas de modo a enquadrar as diferentes respostas possíveis ou, pelo menos, as mais previsíveis no âmbito de uma hipótese definida. Para que a informação obtida se apresentasse sob uma forma mais fácil de analisar optou-se essencialmente por questões fechadas. Tentou-se concebê-las de forma a obter a informação adequada perante uma determinada hipótese e a evitar que condicionassem ou induzissem uma resposta ou comportassem ambiguidades.

Apenas uma questão, no caso do inquérito dirigido aos alunos, e três no caso do inquérito dirigido aos docentes, são questões semiabertas. É exemplo a questão P4 do inquérito dirigido aos alunos – *Obténs a informação sobre estes temas através da(s) seguinte(s) fonte(s) - em que se submetem ao inquirido algumas possibilidades de resposta, mas se deixa em aberto a categoria Outras. Quais?*. Para medir atitudes optou-se sobretudo por questões-escalas, como por exemplo no caso da questão P5 do inquérito dirigido aos alunos – *Em qual das seguintes fontes confiarias (ou não) para te informar sobre as aplicações da Biotecnologia - em que os inquiridos se podem situar a si próprios numa escala contínua que vai de uma posição extrema até à outra inversa (confio totalmente, confio, não confio e não sei).*

Os pontos que interessavam particularmente foram circunscritos numa questão isolada. As questões foram redigidas de forma a serem facilmente compreendidas pela população-alvo, atendendo-se ao vocabulário empregue.

Para que, quando posto em prática, o questionário permitisse obter uma proporção de respostas suficientes para que a análise fosse válida, fez-se uma reflexão sobre o conjunto do questionário. Assim, alternaram-se os tipos de questões e evitou-se fazer um questionário longo ou questões susceptíveis de desmotivar os inquiridos ou de provocar resistência ou inércia por parte dos mesmos. As questões de natureza mais generalista foram colocadas no início do questionário e separaram-se fisicamente algumas questões para evitar que a própria formulação de uma questão influenciasse a resposta às questões seguintes.

Para detectar questões deficientes, o questionário foi previamente testado junto de um pequeno número de indivíduos pertencentes ao mesmo universo da amostra a que diz respeito o estudo, mas diferentes dos que foram incluídos na amostra. Assim, os inquiridos foram sujeitos a um pré-teste com alunos dos 9º e 12º anos e por docentes do Grupo de Biologia/Geologia pertencentes a uma outra escola que não colaborou no estudo. Este pré-teste não se fez com alunos do ensino superior.

No que respeita à amostra dos alunos, foi elaborado um questionário único para os três níveis de ensino (Básico, Secundário e Superior), de forma a garantir uma maior objectividade na análise comparativa das respostas. Apenas as questões para a caracterização biográfica são diferentes.

No caso do grupo da amostra constituída por docentes, elaborou-se um questionário que, embora apresentando diferenças em relação ao dirigido aos alunos, inerentes ao perfil particular de docentes e educadores, também apresentava algumas questões idênticas. Neste caso enfatizaram-se as questões relativas à actividade docente e respeitantes ao ensino da Biotecnologia. Excluíram-se questões susceptíveis de serem interpretadas como instrumentos de avaliação de conhecimentos e, por conseguinte, capazes de provocar algum tipo de resistência ao preenchimento dos inquiridos por parte dos docentes.

2.1.2. Estrutura do questionário dirigido a alunos

O questionário dirigido aos alunos (anexos 1 e 2) é composto por uma nota introdutória muito breve, onde se contextualiza e se explica o objectivo do mesmo, por uma ficha de caracterização biográfica dos inquiridos e pelas questões propriamente ditas. Os dados biográficos obtidos dizem respeito à idade e género e, no caso dos alunos da FCUP, também ao curso frequentado, à ordem de opção desse curso na candidatura do aluno ao ensino superior, à média de candidatura e ao nome da escola onde foi completado o ensino Secundário.

O questionário aborda várias dimensões relativas à Biotecnologia: conhecimento (P1, P3, P6, P7), interesse (P2, P10), fontes de informação (P4, P5), importância atribuída (P8) e atitudes (P9), com objectivos bem definidos. A primeira questão, P1 – *Na tua opinião a Biotecnologia...* – pretende perceber de que forma os alunos entendem a Biotecnologia e, portanto, em que base irão responder às restantes questões. São enunciadas quatro opções sobre em que consiste a Biotecnologia, para classificar de *verdadeira*, *falsa* ou *não sei*, sendo que as três primeiras são verdadeiras e a quarta falsa. Esta última pretende funcionar como filtro para validar as respostas às opções anteriores. Considerar a terceira opção como verdadeira indica uma perspectiva mais ampla da Biotecnologia por parte dos inquiridos. A primeira e a segunda opção são subdivisões das aplicações da Biotecnologia.

A questão P2 – *Interessas-te por temas relacionados com a Biotecnologia...* – pretende estimar o grau de interesse do aluno por temas relacionados com a Biotecnologia numa escala que varia entre dois extremos que revelam nenhum ou um grande interesse pelo tema.

Com a questão P3 – *Compreendes facilmente notícias sobre Biotecnologia...* – pretende-se avaliar o grau de facilidade com que os inquiridos compreendem notícias sobre Biotecnologia, sendo que as possibilidades de resposta se inserem numa escala que varia entre dois extremos que revelam nenhuma ou muita facilidade. Com esta questão pretendeu-se reforçar a validação de respostas a questões posteriores, pois

maior facilidade em compreender notícias revela, à partida, melhores conhecimentos sobre esta temática.

Com a questão P4 pretende-se ficar a saber quais as principais fontes a partir das quais os inquiridos obtêm informação sobre o tema, sendo dadas várias opções de resposta, desde os media, escola, família, até grupos de pares. Esta questão foi mantida semiaberta pela incerteza na caracterização do universo de respostas, dando a possibilidade aos inquiridos de indicarem outro formato de divulgação científica não referida nas possibilidades fornecidas.

Na questão P5 – *Em qual das seguintes fontes confiarias (ou não) para te informar sobre as aplicações da Biotecnologia* – solicita-se aos inquiridos que indiquem o seu grau de confiança em relação a determinadas fontes que podem servir para obter informação sobre as aplicações da Biotecnologia, tais como organizações ambientais ou de defesa do consumidor, indústria farmacêutica, empresas do ramo agrícola e/ou alimentar, médicos, cientistas e investigadores universitários, professores e manuais escolares, Governo e políticos, informação jornalística e Internet. A cada uma das fontes pode ser atribuída total confiança ou, no outro extremo, nenhuma.

As questões P6 e P7 tiveram como objectivo avaliar o nível de conhecimentos na área da Biotecnologia. Na questão P6 são apresentadas seis afirmações, a maior parte no âmbito da manipulação genética, por ser o tema socialmente mais debatido, para classificar como *verdadeiro*, *falso* ou *não sei*. A caracterização do nível de conhecimentos surge reforçada na questão P7 – *Das seguintes aplicações da Biotecnologia assinala aquelas que conheces...* – na qual são apresentadas nove aplicações da Biotecnologia, solicitando-se que assinalem as que conhecem. As aplicações apresentadas englobam a utilização de microrganismos para a produção de pão, vinho e cerveja, iogurte, vitaminas, aminoácidos, antibióticos, a utilização de OGM na produção de alimentos, a manipulação genética de plantas para as tornar resistentes a pesticidas e insectos nocivos e a utilização de plantas para vários fins industriais.

Com a questão P8 – *Que importância atribuis à Biotecnologia?* - pretende-se perceber a importância que os inquiridos atribuem à Biotecnologia, no sentido de ter contribuído ou não para a melhoria das condições de vida. As respostas permitem aferir também sobre o grau de informação e de

conhecimentos sobre a Biotecnologia dos inquiridos. Considerar que melhorou as condições de vida corresponde, à partida, a uma pessoa informada e com algum conhecimento sobre esta temática.

Na questão P9 – *Indica o teu grau de aprovação relativamente às seguintes aplicações da Biotecnologia...* – solicita-se aos inquiridos que indiquem a sua atitude face à Biotecnologia, sob a forma de diferentes graus de aprovação (*aprovo sem dúvidas, aprovo com reservas, não aprovo em nenhuma circunstância e sem opinião*) e relativamente a seis aplicações da Biotecnologia. Estas aplicações englobam a utilização de insulina e medicamentos produzidos por bactérias, a produção de alimentos a partir de OGM, a manipulação genética de plantas para reduzir a utilização de herbicidas, os transplantes de órgãos para seres humanos a partir de animais transgénicos e a clonagem humana. A escala de atitudes varia entre extremos que indicam a aprovação incondicional ou não aprovação em nenhuma circunstância. As atitudes são medidas separadamente conforme a aplicação em causa, pelo que possivelmente permitirão também inferir sobre o grau de informação e de conhecimento do inquirido relativamente a esse assunto.

O objectivo da questão P10 – *Achas que este inquérito foi importante para despertar o teu interesse por Biotecnologia?* - é perceber se o inquérito despertou o interesse, em cada inquirido, pela Biotecnologia. Comparar o grau de interesse indicado na questão P2 com a resposta a esta questão pode permitir perceber se a informação veiculada pelo inquérito reforçou ou despertou o interesse pela Biotecnologia ou se o pouco ou nenhum interesse pelo tema se manteve, apesar de lacunas de conhecimento ou dúvidas que possam eventualmente ter surgido ao longo do preenchimento do inquérito.

2.1.3. Estrutura do questionário dirigido a docentes

No caso do grupo da amostra constituída por docentes, elaborou-se um questionário (anexo 3) que, embora apresentando diferenças em relação ao do grupo dos alunos, inerentes ao perfil dos inquiridos, também apresenta algumas questões idênticas. Neste caso não são feitas questões para

avaliação de conhecimentos, embora se enfatizem as questões relativas ao percurso académico e percurso formativo e curricular dos docentes nesta área.

O questionário dirigido a docentes também é composto por uma nota introdutória muito breve, onde se contextualiza e se explica o objectivo do mesmo, por uma ficha de caracterização biográfica dos inquiridos (Parte I) e pelas questões propriamente ditas (Partes II-V). Os dados biográficos dizem respeito à idade e ao género, ao tempo de serviço, ao grau académico, ao(s) curso(s) e instituições de ensino superior frequentados, às disciplinas e níveis já leccionados, à formação complementar na área da Biotecnologia e aos manuais utilizados na escola respectiva para o 9º e para o 12º anos.

O questionário aborda várias dimensões relativas à Biotecnologia: percepção (II1, II3), interesse (II2, V1), importância (II5), fontes de informação (II6, II7), ensino (II4, III1-III13, III14) e atitudes (IV1, IV2).

As questões colocadas têm objectivos definidos. A primeira questão, II1 – *Qual das seguintes frases, na sua opinião, define melhor Biotecnologia...* – a par do que aconteceu com os inquiridos dirigidos aos alunos, pretende perceber de que forma os docentes entendem a Biotecnologia e, portanto, em que base irão responder às questões seguintes. A questão é colocada em moldes diferentes do que aconteceu para os alunos. Assim, são dados quatro enunciados para definir Biotecnologia e solicita-se a selecção da melhor segundo a opinião do inquirido. A segunda opção e a terceira, mais abrangentes, indicam uma perspectiva mais lata da Biotecnologia, enquanto que a quarta opção é a mais redutora.

As questões II2 – *Como avalia o seu grau de interesse por assuntos do âmbito da Biotecnologia*, II3 – *Como avalia o seu grau de informação relativamente a estes temas*, II4 – *Que importância atribui ao ensino da Biotecnologia* e II5 – *Considera que a Biotecnologia melhorou as condições de vida*, permitem determinar a relevância atribuída à Biotecnologia pelos professores. Nestas questões, o grau de interesse e de informação do inquirido relativamente à Biotecnologia, a importância atribuída ao ensino da Biotecnologia e à Biotecnologia propriamente dita, são avaliados através duma escala em questão fechada.

Na questão II6 – *Obtém a informação sobre estes temas através da(s) seguinte(s) fonte(s)...* - o objectivo é ficar a conhecer quais as fontes mais

usadas pelos docentes para se informarem sobre os temas da Biotecnologia. Seguindo-se os mesmos critérios usados para os alunos, esta questão manteve-se semiaberta para dar a possibilidade de serem indicadas outras fontes não referidas.

Na Parte III, da questão III1 até à questão III13 – *Relativamente ao ensino da Biotecnologia considera que...*, são apresentadas afirmações relativas à formação dos docentes e à sua actividade docente no âmbito do ensino da Biotecnologia, e solicita-se a sua classificação numa escala de concordância / discordância, com o objectivo de caracterizar o grau de satisfação das valências para o ensino da Biotecnologia, tais como adequação da formação académica para leccionar este assunto, exigência deste tema na preparação das aulas, preocupação em actualizar-se relativamente ao tema, condições de trabalho nas escolas, a vários níveis, pertinência da informação fornecida pelos manuais escolares, adequação dos currículos e interesse demonstrado pelos alunos.

Algumas dificuldades que os docentes encontram no ensino da Biotecnologia são apresentadas na questão III4 – *Segundo a sua opinião, quais as principais dificuldades que podem ser encontradas no ensino da Biotecnologia*. Esta questão manteve-se semiaberta por ser difícil determinar o universo das respostas e para permitir eventualmente caracterizar áreas sensíveis.

O grau de aprovação relativamente a aplicações da Biotecnologia é avaliado na questão IV1 – *Indique o seu grau de aprovação relativamente às seguintes aplicações da Biotecnologia...*, idêntica à questão P9 do inquérito dirigido aos alunos.

A questão IV2 – *Segundo a sua opinião, quem deve tomar decisões sobre as aplicações da Biotecnologia*, permite determinar os órgãos ou grupos profissionais a quem os docentes reconhecem competências para tomar decisões sobre as aplicações da Biotecnologia. Esta questão também é semiaberta por razões idênticas às apresentadas anteriormente.

A questão final, V1, é idêntica à P10 dos alunos e tem os mesmos objectivos, isto é, verificar se perante eventuais dúvidas, lacunas de conhecimento ou indecisões, foi acrescido o interesse no decorrer do preenchimento do questionário.

2.2. Procedimento

Um primeiro pedido de colaboração foi enviado para as escolas, por via institucional (FCUP), através de carta por via postal, em duas datas do mês de Janeiro de 2007, intervaladas por duas semanas. Posteriormente, e atendendo à demora em obter resposta, foram enviadas solicitações por correio electrónico, também por via institucional, de conteúdo idêntico ao das cartas, em duas datas distintas do mês de Fevereiro de 2007.

Duma lista de doze escolas contactadas, quatro deram resposta positiva ao pedido. Uma informou que não estava disponível para colaborar. As restantes não responderam. Numa das escolas que colaborou na investigação foi necessário formalizar em Conselho Pedagógico o pedido para aplicação dos inquéritos.

Foi equacionado solicitar colaborações com base em contactos pessoais dos docentes. Contudo, para além de se pretender observar a dinâmica de resposta por parte das escolas, bem como a receptividade e sensibilização das mesmas relativamente a este tipo de colaboração, também se incorria no risco de enviesar resultados. A quebra de anonimato, quer no caso de alunos quer no caso de professores, criaria um enviesamento, pelo que se decidiu trabalhar apenas com a amostra que se mostrou disponível para colaborar.

Em Março de 2007 os inquéritos foram entregues nas escolas que se prestaram a colaborar, em mão, ao docente do grupo de Biologia/Geologia que se disponibilizou para os distribuir e recolher. Considerou-se que, de acordo com a calendarização programática, esta altura do ano lectivo dava a garantia do tema haver sido abordado, quer ao nível do 9º ano, quer ao nível do 12º ano. Foi pedido que se realçasse o facto de os inquéritos serem anónimos e também que fosse dada a possibilidade de serem os próprios alunos, ao sair da sala, a colocar o inquérito directamente no envelope, se assim o entendessem. Os inquéritos foram preenchidos em contexto de aula, no caso dos alunos, não se tendo imposto qualquer limite de tempo para o seu preenchimento. Os inquéritos foram distribuídos por todas as turmas de 9º ano e de 12º ano existentes em cada uma das escolas. Também no caso dos docentes não foi referido qualquer prazo para a devolução dos inquéritos

preenchidos. Os inquéritos preenchidos foram devolvidos, em média, cerca de um mês e meio após a sua entrega nas escolas, ou seja, no decorrer do mês de Maio de 2007.

Na FCUP os inquéritos foram entregues a docentes do Departamento de Botânica, que os disponibilizaram aos alunos nas aulas práticas das disciplinas relativas ao primeiro ano das licenciaturas em Arquitectura Paisagista, Biologia, Bioquímica, Ciências e Tecnologias do Ambiente, Engenharia Agronómica e Ensino da Biologia e da Geologia. Aos alunos foi-lhes concedido o tempo suficiente para o seu preenchimento. Os inquéritos preenchidos foram devolvidos duas semanas mais tarde.

Os dados foram compilados numa base de dados do programa informático SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*, versão 14.0). A escolha deste programa ficou a dever-se ao facto de permitir trabalhar com bases de dados de grandes dimensões, providenciando contagens de frequência, ordenação de dados e reorganização da informação com relativa facilidade.

2.2.1. A opção por uma metodologia quantitativa baseada em inquérito por questionário

Para este trabalho de investigação optou-se por uma abordagem quantitativa baseada em inquérito por questionário de administração directa. Esta decisão inscreve-se num quadro definido pelos meios disponíveis para a investigação, tais como o prazo, recursos humanos e orçamentais. O presente trabalho insere-se no âmbito de um projecto definido para ser iniciado em Outubro de 2006 e estar concluído em Julho de 2007. Optar por uma metodologia do tipo qualitativo através de entrevista, pese embora as suas vantagens em estudos sociológicos, implicaria uma disponibilidade maior por parte de alunos e dos docentes que não seria exequível sem comprometer as respectivas agendas escolares.

Por outro lado, a metodologia quantitativa confere a possibilidade de quantificar uma multiplicidade de dados de forma mais rápida e de proceder a numerosas análises de correlação.

2.2.2. Amostragem

As hipóteses de trabalho levaram à necessidade de recolher dados junto de duas amostras: uma constituída por estudantes e outra constituída por professores. Assim, na fase inicial da investigação foram seleccionadas doze escolas tendo em conta três variáveis: localização geográfica – interior do país *versus* área metropolitana, tipo de ensino – ensino particular *versus* ensino oficial e tipo de escola – escolas básicas dos 2º e 3º ciclos (vulgo EB 2,3) *versus* escolas secundárias com 3º ciclo (vulgo ES/3). A utilização destes parâmetros tinha como objectivo tornar as amostras o mais abrangentes e dispersas possível.

Tendo em conta os objectivos deste trabalho considerou-se mais adequado que a investigação ao nível da amostra de alunos se focalizasse em anos terminais de ciclos de estudo, em que as questões ligadas à Biotecnologia já são discutidas e também porque antecedem a integração dos alunos na população activa, visto a escolaridade obrigatória ser o 9º ano e muitos alunos não prosseguirem estudos para além do 12º ano. Assim, esta amostra integra alunos do 9º ano, ano terminal do 3º Ciclo, e alunos do 12º ano, ano terminal do ensino Secundário (apenas da área de Ciências e Tecnologias). Após uma breve reflexão considerou-se que também seria interessante incluir na investigação alunos do ensino superior a frequentar o primeiro ano de cursos da área da Biologia ou afins. A inclusão destes alunos neste estudo prende-se com a premissa de que, por estarem a frequentar a Faculdade há relativamente poucos meses, os seus conhecimentos e atitudes relativamente à Biotecnologia reflectem muito do que aprenderam no ensino Secundário, pese embora o facto desses cursos exigirem uma maior sensibilização relativamente a esta área do que outros, pois a Biotecnologia é uma componente temática forte.

A outra amostra é constituída por professores dos ensinos Básico e Secundário a leccionar nas mesmas escolas e pertencentes ao grupo de Biologia/Geologia (520) por ser o grupo de docentes com maior responsabilidade no ensino da Biotecnologia nestes dois níveis de ensino.

A opção por escolas da área metropolitana do Porto e da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) prende-se com razões de ordem prática. Situar os campos de investigação na sociedade onde vive o próprio investigador não constitui *a priori* nem um inconveniente nem uma vantagem (Quivy, 1992).

A dificuldade inesperada em obter resposta por parte das escolas contactadas e a pouca receptividade para preenchimento dos inquéritos numa das escolas que colaborou levou a que o número de inquiridos ficasse aquém do esperado. Atendendo aos prazos e recursos disponíveis, aos contactos e às informações com que se poderia razoavelmente contar, decidiu-se trabalhar apenas com a amostra que se mostrou disponível para colaborar. A questão da representatividade da amostra, a qual segundo Quivy (1992) nunca é absoluta e está sempre limitada por uma margem de erro, foi ultrapassada ao seguir a fórmula que consiste, em termos de amostragem, em estudar o que Quivy (1992) designa por componentes não estritamente representativas mas características da população.

2.2.3. Descrição da amostra de alunos

A amostra de alunos é constituída por 719 indivíduos, dos quais 214 são alunos universitários, 198 são alunos do 12º ano e 307 são alunos do 9º ano. Compreende 41% de indivíduos pertencentes ao sexo masculino e 59% de indivíduos pertencentes ao sexo feminino. Alguns indivíduos (0,3%) não referiram o género.

Na Tabela 1 apresenta-se o número de alunos da amostra relativo aos três níveis de ensino, distribuídos pelas diferentes escolas (incluindo a FCUP) que colaboraram na investigação e os respectivos totais.

Tabela 1 – Número de alunos da amostra, por nível de ensino e por escola

		ESCOLA					Total
		FCUP	ES/3 Castêlo Maia	ES/3 Garcia de Orta	ES/3 Carolina Michäelis	EB2,3 de Paranhos	
NÍVEL DE ENSINO	Al. U	214	-----	-----	-----	-----	214
	Al. 12	-----	98	79	21	0	198
	Al.9	-----	71	82	44	110	307
Total		214	169	161	65	110	719

Al.U – alunos universitários; Al.12 – alunos do 12ºano; Al.9 – alunos do 9º ano.

No que diz respeito à idade, 36% dos alunos inquiridos têm idades compreendidas entre os 14 e os 15 anos, 43% localiza-se na faixa etária dos 18-19 anos, 14% na faixa dos 16-17 anos e 6% na dos 20-21. À faixa etária dos 22-23 anos correspondem apenas 0,56% dos inquiridos e com idade superior a 23 anos apenas 0,83%. As não-respostas equivalem a 0,14% dos inquiridos.

A distribuição dos alunos da amostra, em número de casos, pelas várias faixas etárias, é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Número de alunos da amostra, por nível de ensino e por faixa etária

		IDADE							Total
		14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	>23	NR	
NÍVEL DE ENSINO	Al. U	0	3	166	36	3	6	0	214
	Al.12	0	50	141	5	1	0	1	198
	Al. 9	256	47	4	0	0	0	0	307
Total		256	100	311	41	4	6	1	719

Al. U – alunos universitários; Al.12 – alunos do 12ºano; Al.9 – alunos do 9º ano;

A média de acesso ao ensino superior destes alunos da FCUP, para as licenciaturas consideradas neste trabalho, situa-se entre os 14 e os 17 valores. Na Tabela 3 encontra-se a distribuição dos alunos deste grupo da amostra pelos vários cursos em função da média de acesso ao ensino superior.

Tabela 3 – Distribuição dos alunos da FCUP, em número de casos, pelos vários cursos e por três grupos da nota de acesso

CURSO	MÉDIA				Total
	10-13	14-17	>17	NR	
ArquitECTURA Paisagista	9	14	0	1	24
Biologia	0	69	8	0	77
Bioquímica	0	31	19	1	51
Ciências e Tecnologias do Ambiente	20	8	0	7	35
Engenharia Agronómica	1	2	0	0	3
Ensino da Biologia e Geologia	4	20	0	0	24
Total	34	144	27	9	214

A opção do curso de licenciatura na candidatura de acesso ao ensino Superior dos alunos universitários inquiridos, encontra-se representada na Tabela 4.

Tabela 4 – Opção do curso de licenciatura na candidatura de acesso ao ensino Superior dos alunos universitários, distribuída pelos diferentes cursos

CURSO	OPÇÃO					Total
	1ª	2ª	3ª	>3	NR	
ArquitECTURA Paisagista	17	3	0	4	0	24
Biologia	34	19	7	16	1	77
Bioquímica	28	7	3	13	0	51
Ciências e Tecnologias do Ambiente	14	9	6	5	1	35
Engenharia Agronómica	2	0	0	0	1	3
Ensino da Biologia e da Geologia	2	12	3	7	0	24
Total	97	50	19	45	3	214

Em anexo encontra-se uma tabela (Tabela 5) que representa a lista das escolas em que os alunos universitários concluíram o ensino Secundário.

2.2.4. Descrição da amostra de docentes

A amostra de professores compreende 36 docentes, 28 do sexo feminino e 8 do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 23 e os 66 anos de idade. O tempo de serviço destes docentes varia entre os zero (presentemente a fazerem o estágio profissionalizante) e os 32 anos. No que diz respeito às habilitações académicas, todos os docentes são detentores de licenciatura, sendo que 4 também têm mestrado e 1 doutoramento. A maioria (24) é licenciada em Biologia, 5 em ensino da Biologia e Geologia, 6 em Geologia e 1 em Ciências Biológicas. Em relação às instituições de ensino superior frequentadas, 31 frequentaram a FCUP, sendo que 2 destes obtiveram o grau de Mestre na Universidade de Aveiro (UA) e 1 o grau de Doutor na Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto (FPCEUP), 2 frequentaram a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), 1 a Universidade de Aveiro, 1 a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) e 1 a Universidade do Minho (UM).

Num total de 36 docentes, oito fizeram formação complementar no âmbito de acções de formação para professores do ensino Básico e Secundário na área da Biotecnologia.

Na Tabela 6 encontram-se representados dados biográficos e curriculares relativos aos docentes da amostra utilizada nesta investigação.

Tabela 6 – Caracterização biográfica e académica da amostra de docentes

		ESCOLA				Total
		ES/3 Garcia de Orta	ES/3 Carolina Michäelis	EB 2,3 de Paranhos	ES/3 do Castêlo da Maia	
Idade	23-26 anos	1	0	0	0	1
	27-35 anos	1	4	0	1	6
	36-45 anos	6	4	2	5	17
	46-55 anos	4	0	2	4	10
	56-65 anos	0	1	0	0	1
	» 65 anos	0	1	0	0	1
Sexo	Masculino	1	2	1	4	8
	Feminino	11	8	3	6	28
Tempo de Serviço	0-5 anos	1	3	0	0	4
	6-10 anos	1	1	0	1	3
	10-20 anos	5	2	2	4	13
	21-32 anos	5	4	2	5	16
Grau Académico	Licenciatura	11	8	3	9	31
	Mestrado	1	1	1	1	4
	Doutoramento	0	1	0	0	1
Curso	Biologia	10	5	1	8	24
	Ensino da Biologia e Geologia	1	2	1	1	5
	Geologia	1	2	2	1	6
	Ciências Biológicas	0	1	0	0	1
Instituições de Ensino Superior frequentadas	FCUP	11	7	2	8	28
	UTAD	1	0	0	1	2
	FCUP+ UA	0	0	1	1	2
	UM	0	0	1	0	1
	FCUP+FPCEUP	0	1	0	0	1
	UA	0	1	0	0	1
	FCUL	0	1	0	0	1

No que respeita às disciplinas e aos níveis leccionados, todos os docentes têm experiência ao nível do ensino Secundário e ao nível do ensino Básico. A maioria (30 docentes) já leccionou cinco ou mais disciplinas diferentes.

Relativamente à formação complementar realizada na área da Biotecnologia, verifica-se que em 36 docentes 8 fizeram formação na área da Biotecnologia, conforme os resultados representados na Tabela 7.

Tabela 7 – Número de docentes que frequentou acções de formação na área da Biotecnologia, respectivas designações e horas de duração

Acções de Formação Frequentadas	ESCOLA				Total
	ES/3 Garcia de Orta	ES/3 Carolina Michäelis	EB2,3 de Paranhos	ES/3 Castêlo da Maia	
Nenhuma	7	8	4	9	28
<i>Técnicas de manipulação de DNA (25 horas)</i>	1	0	0	1	2
<i>Biotecnologia no ensino na sala de aula (25 horas)</i>	1	0	0	0	1
<i>Extracção de DNA</i>	1	0	0	0	1
<i>Técnicas de Manipulação de DNA e Biotecnologia + Perfis de DNA (50 horas)</i>	2	0	0	0	2
<i>Biotecnologia na escola (25 horas)</i>	0	2	0	0	2
Total	12	10	4	10	36

O manual adoptado para a disciplina de Biologia do 12º ano foi, em todas as escolas que colaboraram neste trabalho, *Terra, Universo de Vida* da Porto Editora. Para a disciplina de Ciências Naturais do 9º ano, as escolhas das escolas recaíram sobre três manuais diferentes, conforme a distribuição representada na Tabela 8.

Tabela 8 – Manual adoptado para a disciplina de Ciências Naturais do 9º ano nas diferentes escolas

Manual de Ciências Naturais 9º ano	ESCOLA			
	ES/3 Garcia de Orta	ES/3 Carolina Michäelis	EB 2,3 de Paranhos	ES/3 Castêlo da Maia
<i>Descobrir a Terra</i> Areal Editores	-----	-----	-----	X
<i>Bioterra – Viver Melhor na Terra</i> Porto Editora	-----	-----	X	-----
<i>Planeta Vivo</i> Porto Editora	X	X	-----	-----

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Amostra constituída por alunos

No questionário dirigido a alunos, constituído por dez questões (P1 a P10), abordam-se/avaliam-se cinco dimensões relativas à Biotecnologia: *conhecimento* (P1, P3, P6, P7), *interesse* (P2, P10), *fontes de informação* (P4, P5), *importância* (P8) e *atitudes* (P9).

Relativamente à dimensão ***conhecimento***, a análise dos resultados obtidos sugere que ao nível de conhecimentos básicos há uma boa formação dos estudantes nos três níveis de ensino. Em questões que exigem conhecimentos mais específicos verifica-se, porém, que essa formação não é tão sólida, pois a percentagem de respostas certas tende a decrescer com o grau de dificuldade das questões, nas três amostras estudadas. Verifica-se também uma hierarquização do conhecimento entre os três níveis de ensino amostrados, com tendência crescente dos alunos do 9º ano até aos alunos universitários, em praticamente todas as questões. A mistificação do conhecimento, também analisada nesta dimensão, não tem relevo em nenhuma das amostras estudadas.

A primeira questão do inquérito (P1) é constituída por quatro enunciados para classificar como verdadeiros ou falsos: *A Biotecnologia envolve a cultura de células para utilização industrial*, *A Biotecnologia envolve o recurso a técnicas de manipulação genética*, *A Biotecnologia é um conjunto de aplicações tecnológicas da Biologia* e *A Biotecnologia corresponde a técnicas de robótica*. Com esta questão pretende-se perceber de que forma os alunos entendem a Biotecnologia enquanto área científica. Os resultados obtidos estão representados na Figura 1.

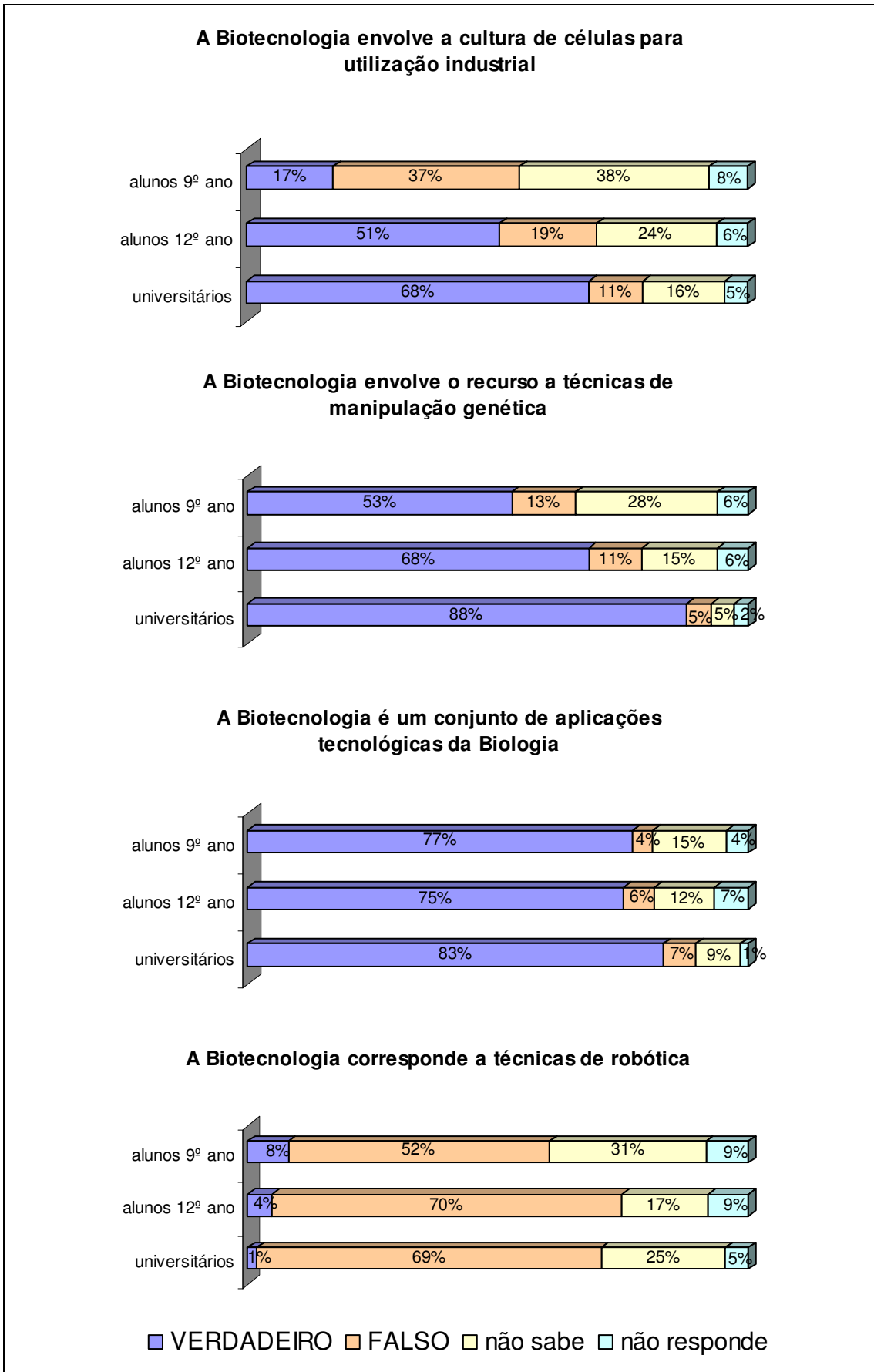


Figura 1 – Perspectiva dos alunos perante diferentes definições de Biotecnologia (P1)

A análise dos resultados obtidos permite verificar que os alunos universitários são, do conjunto das três amostras, os que melhor entendem o que é a Biotecnologia, apresentando a percentagem mais elevada de respostas correctas nos três primeiros enunciados (68%, 88%, 83%, respectivamente). Seguem-se os alunos do 12º ano, em que também se verifica a mesma tendência de respostas, embora de forma menos acentuada nas três primeiras opções (51%, 68% e 75%, respectivamente). Relativamente aos alunos do 9º ano, são os que mais desconhecem que *A Biotecnologia envolve a cultura de células para utilização industrial* (apenas 17% assinala a opção como verdadeira). Este foi também o enunciado que obteve, nas outras duas amostras, menor percentagem de respostas certas, facto que pode resultar da incerteza relativamente ao significado de *utilização industrial*. Nas restantes afirmações, os resultados dos alunos do 9º ano são idênticos aos obtidos nas outras amostras. No entanto, a falta de conhecimentos e/ou as dúvidas parecem ser maiores no caso dos alunos desta amostra, pois a percentagem de respostas *não sei* é maior do que nas outras amostras, para todas as opções. Este resultado pode reflectir o facto de a Biotecnologia ser um tema abordado de forma menos aprofundada neste nível de ensino.

Considerar a terceira opção verdadeira indicava uma perspectiva mais ampla, por parte dos inquiridos, da Biotecnologia enquanto área da Ciência, tendo sido os alunos universitários que mais demonstraram tê-la (83% dos alunos assinalou esta opção como verdadeira).

Os resultados obtidos indicam que o filtro usado (quarto enunciado) é compatível com as respostas dadas. As percentagens de respostas *não sei* na amostra de alunos universitários e do 12º ano podem ficar a dever-se a uma interpretação do enunciado no sentido da utilização de técnicas de robótica em aplicações biotecnológicas.

Também na questão P3 (Figura 2), *Compreendes facilmente notícias sobre Biotecnologia*, a análise dos resultados obtidos nas três amostras de alunos permite verificar que os alunos que mais facilmente compreendem notícias sobre Biotecnologia são os universitários, se considerarmos as percentagens de respostas *algumas vezes* (54%) e *a maior parte das vezes* (42%), seguidos dos alunos do 12º ano (47% e 37%, respectivamente). No que

respeita aos alunos do 9º ano, a maior parte das respostas situa-se em *algumas vezes* (52%) e *raramente* (22%). Mais uma vez se verifica uma hierarquização em termos de resultados, i.e. a facilidade em compreender notícias sobre Biotecnologia decresce dos alunos universitários para os alunos do 12º ano e destes para os do 9º ano. Estes dados sugerem uma relação directa entre o nível de conhecimentos dos alunos e a sua capacidade de interpretar e compreender notícias sobre Biotecnologia.

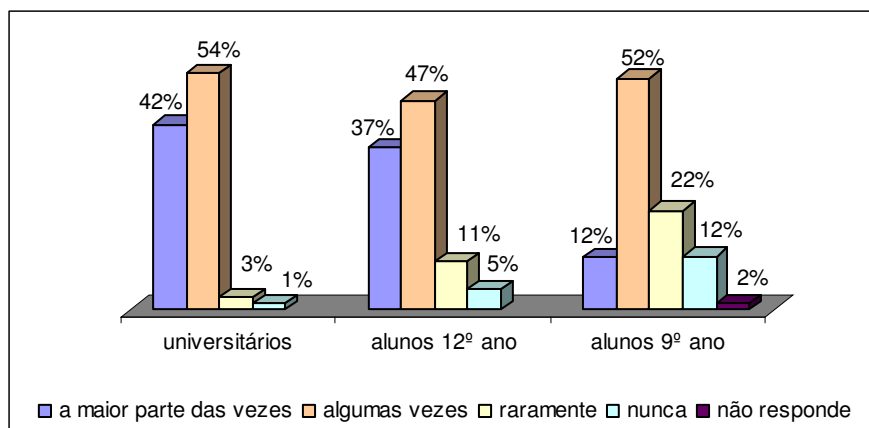


Figura 2 – Facilidade dos alunos em compreender notícias sobre Biotecnologia (P3)

O conhecimento de vocabulário científico e tecnológico que permita compreender notícias nos meios de comunicação integra-se no conceito de alfabetização cívica proposto por Millar (1983 citado por Cabo Hernández, 2006).

A questão P6, constituída por um conjunto de seis afirmações com diferentes graus de dificuldade para classificar de *verdadeiro* ou *falso*, além de avaliar o conhecimento substantivo dos alunos relativamente a alguns aspectos do âmbito da Biotecnologia, permite também verificar se há alguma mistificação do conhecimento (Figura 3).

Relativamente à primeira afirmação *Os tomates possuem genes*, verifica-se que a maioria dos alunos das três amostras respondeu acertadamente (94% dos alunos universitários, 90% dos alunos do 12º ano e 72% dos alunos do 9º ano), resultados positivos no que respeita à detenção de conhecimentos básicos de Genética. Mais uma vez se verifica a hierarquização de conhecimentos, de forma decrescente, dos alunos universitários para os alunos do 9º ano.

Na segunda questão, *É impossível transferir genes de animais para plantas*, os resultados apresentam a mesma tendência para a hierarquização, mas traduzem o grau de dificuldade maior desta questão, pois a percentagem de respostas certas não é tão elevada: 53% dos universitários respondeu *falso*, considerando portanto possível a transferência de genes entre animais e plantas, tal como 51% dos alunos do 12º ano e 39% dos alunos do 9º ano.

Na terceira afirmação, *As plantas geneticamente modificadas não comportam riscos para o ambiente*, há uma tendência clara para considerar a afirmação falsa: 75% dos alunos universitários, 65% dos alunos do 12º ano e 50% dos alunos do 9º ano. De destacar a percentagem de alunos do 9º ano que respondeu *não sei* (35%), o que parece adequado numa questão que se pode considerar difícil para esse nível de ensino.

Na quarta afirmação, *Os riscos decorrentes da utilização de OGM são perfeitamente conhecidos*, respondeu *falso* a maioria dos alunos universitários (83%), assim como 63% dos alunos do 12º ano. Entre os alunos do 9º ano, as respostas repartiram-se de forma quase equitativa entre *falso* (38%) e o *não sei* (39%), o que sugere uma atitude de prudência na resposta a mais uma questão difícil para alunos desse nível de ensino.

Na quinta afirmação, *Se comermos alimentos geneticamente modificados os nossos genes podem sofrer modificações*, os alunos universitários respondem maioritariamente *falso* (61%) e 26% responde *não sei*. Nos alunos do 12º ano, 48% responde *falso* e 30% responde *não sei*. Entre os alunos do 9º ano as respostas estão, mais uma vez, repartidas entre *falso* (38%), *não sei* (38%) e *verdadeiro* (23%). Estes resultados sugerem que a mistificação do conhecimento não surge como um aspecto muito relevante em nenhum dos níveis de ensino amostrados.

Na sexta afirmação, *Todas as aplicações da Biotecnologia estão perfeitamente legisladas e regulamentadas*, em nenhuma das amostras parece haver certezas. A resposta *não sei* foi dada por 45% dos alunos universitários, por 47% dos alunos do 12º ano e por 60% dos alunos do 9º ano. Estes resultados podem advir do facto de estes aspectos do âmbito legal serem pouco divulgados, quer ao nível curricular e das aulas, quer ao nível das outras fontes de informação.

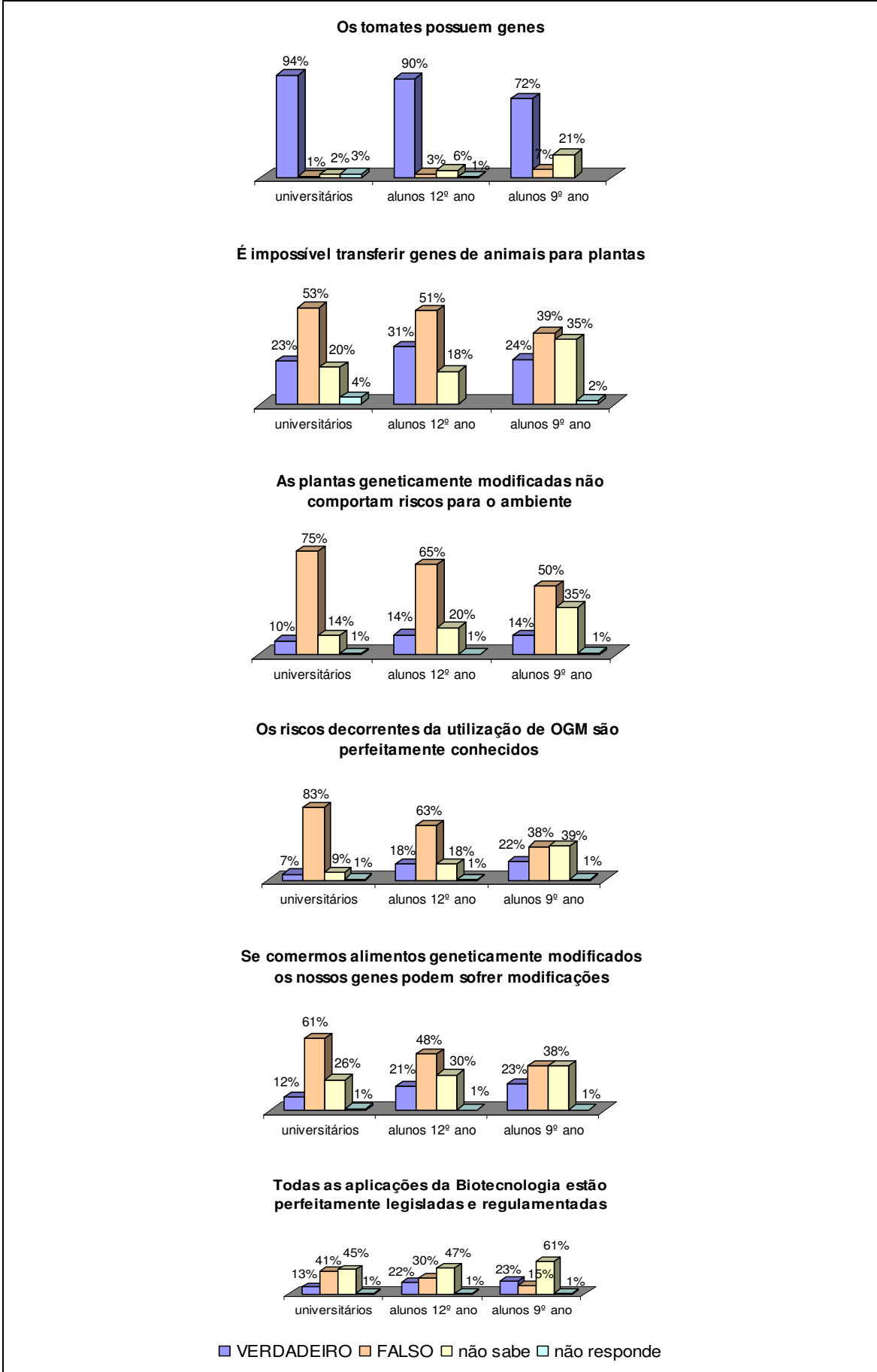


Figura 3 – Conhecimentos e atitudes dos alunos perante a Biotecnologia (P6)

A questão P7 apresenta-se sob a forma de um conjunto de nove aplicações da Biotecnologia, solicitando-se aos alunos que indiquem as que conhecem (Figura 4).

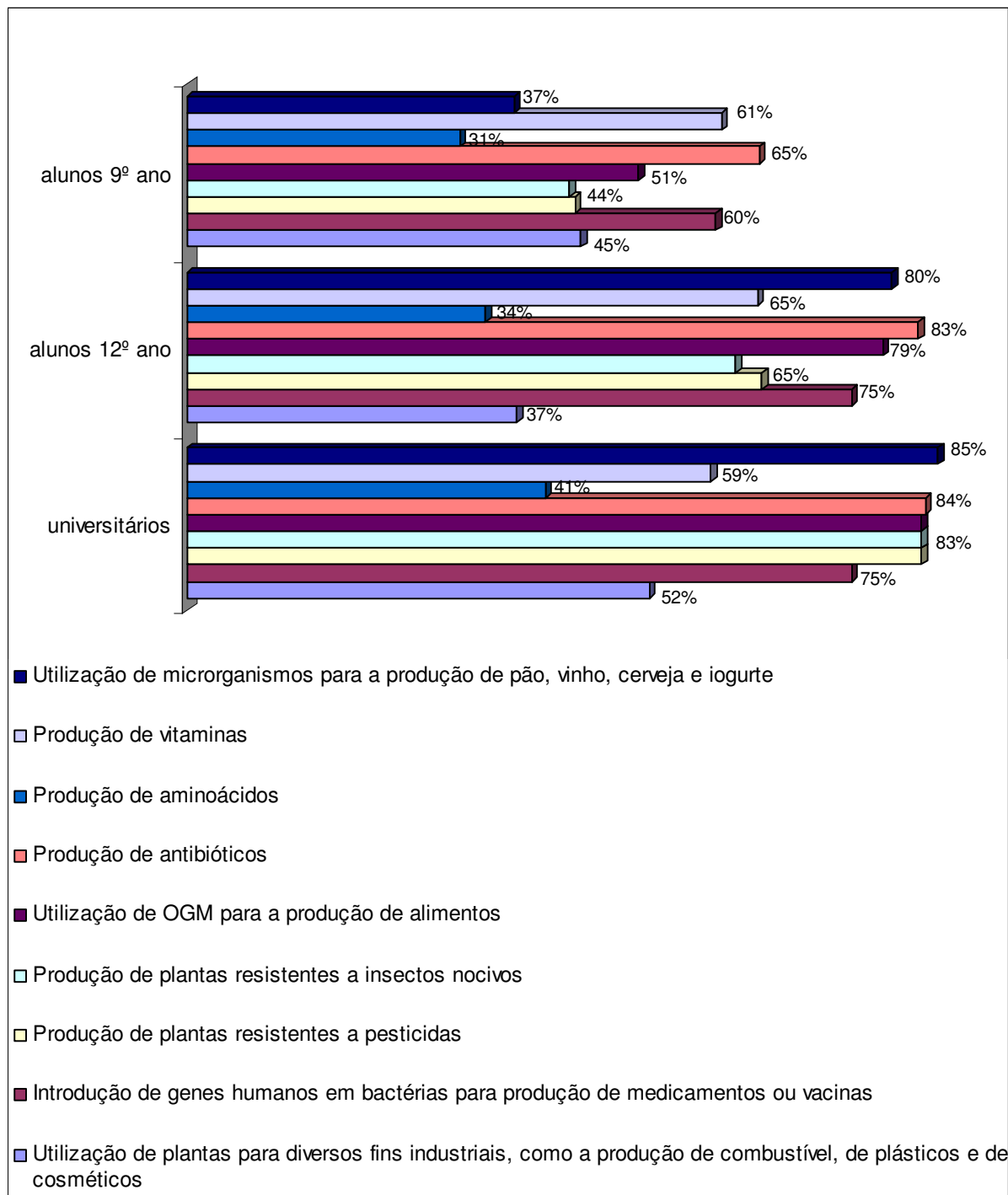


Figura 4 – Conhecimento dos alunos de aplicações da Biotecnologia (P7)

Da análise de resultados (Figura 4) verifica-se que, de modo geral, se mantém a hierarquização de conhecimentos entre os diferentes níveis de ensino. Contudo, é de salientar o facto de se ter verificado um maior critério de resposta nos alunos do ensino superior e do ensino secundário. Ou seja, ao nível do 9º ano houve casos de alunos que afirmaram conhecer todas as aplicações apresentadas, facto que não levou à exclusão desses inquéritos mas que originou uma inflação na percentagem de respostas afirmativas em algumas aplicações.

Entre os alunos universitários verifica-se a detenção de conhecimentos mais profundos relativamente às aplicações da Biotecnologia. A maior parte das aplicações são conhecidas para mais de 80% destes alunos, exceptuando as aplicações: *Produção de vitaminas, Utilização de plantas para diversos fins industriais, como a produção de combustível, de plásticos e de cosméticos e a Produção de aminoácidos* que, curiosamente, parecem não ser tão conhecidas por estes estudantes. A explicação pode residir no facto de, geralmente, se enfatizar e divulgar mais a produção de antibióticos e vacinas, em detrimento de outras aplicações com menos visibilidade social.

Ao nível dos alunos do 12º ano, observa-se uma tendência semelhante à referida para os alunos universitários. A percentagem de respostas afirmativas obtidas não é tão elevada como nos universitários, mas verifica-se que as aplicações menos conhecidas são as mesmas dos alunos universitários.

No que respeita aos alunos do 9º ano verifica-se que as aplicações mais conhecidas são de facto as que têm mais visibilidade a nível da sociedade: produção de antibióticos (65%), produção de vacinas (60%) e utilização de OGM para a produção de alimentos (51%).

A dimensão **Interesse**, foi avaliada através das questões P2 e P10. Relativamente à questão P2 – *Interessas-te por temas relacionados com a Biotecnologia* (Figura 5), verifica-se que a maioria das respostas entre os alunos de todas as amostras incidiu na opção *algumas vezes*: 54% nos alunos universitários, 50,0% nos alunos do 12º ano e 40% nos alunos do 9º ano. No caso dos alunos universitários e do 12º ano seguiu-se a resposta *a maior parte das vezes* - 36% e 27%, respectivamente - enquanto que no caso dos alunos

do 9º ano se seguiu a resposta *raramente*, com 32%. A resposta *nunca* não teve expressão entre os alunos universitários e do 12º ano, mas no 9º ano 16% dos alunos respondeu *nunca*. Estes resultados indicam haver também uma hierarquia em termos de interesse pelos temas da Biotecnologia, em correlação directa com os conhecimentos detidos, pois os alunos universitários são os que mais interesse demonstram, seguidos de perto pelos alunos do 12º ano e, por fim, pelos alunos do 9º ano.

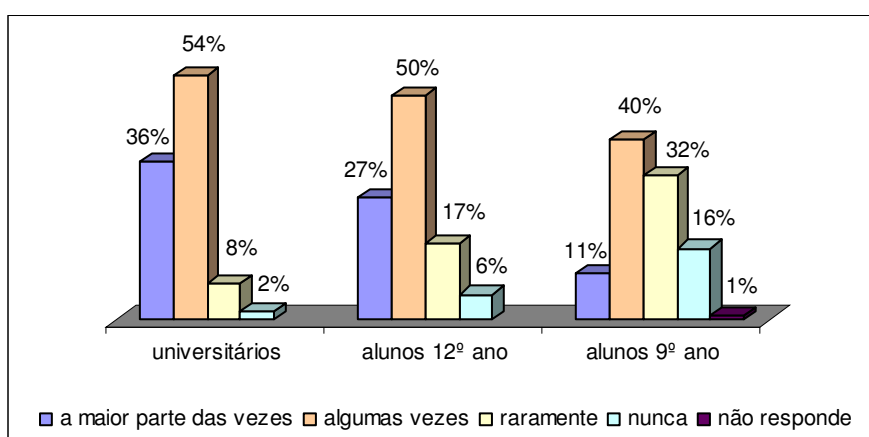


Figura 5 – Interesse demonstrado pelos alunos por temas relacionados com a Biotecnologia (P2)

À questão P10, *Achas que este questionário foi importante para despertar o teu interesse por Biotecnologia* (Figura 6), respondeu *acho que sim* 44% dos alunos universitários, 52% dos alunos do 12º ano e 42% dos alunos do 9º ano. Estas percentagens, significativas, parecem revelar vontade de aprender mais sobre temas focados neste questionário e, eventualmente, esclarecer algumas das dúvidas que se lhes tenham levantado ao longo do inquérito. Curiosamente estes resultados são muito semelhantes aos obtidos em P2 na resposta *algumas vezes*, o que parece indicar que não houve acréscimo significativo no interesse sobre temas da Biotecnologia em relação ao que tinham no início do inquérito. Este facto pode revelar que esse interesse inicial era sincero, o que valida que os alunos já possuíam bons conhecimentos sobre Biotecnologia antes de responder ao inquérito.

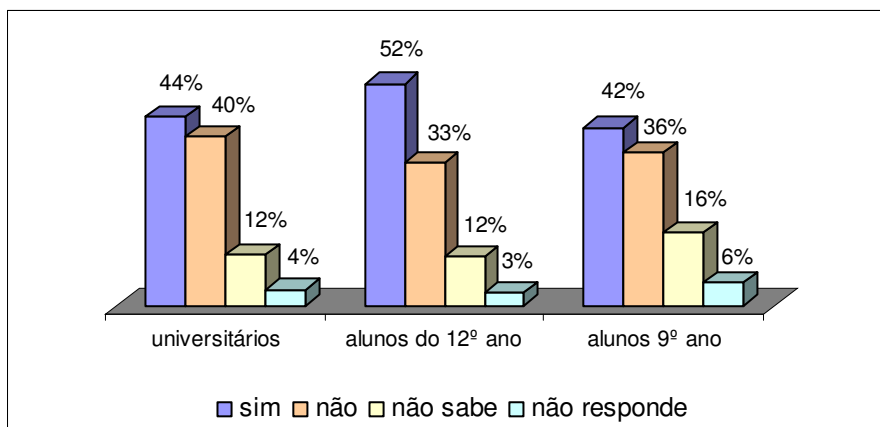


Figura 6 – Importância do inquérito para despertar o interesse dos alunos sobre a Biotecnologia (P10)

As questões P4 e P5 permitem avaliar a dimensão **Fontes de informação** (usadas e confiadas, respectivamente). No que respeita às fontes mais usadas pelos alunos para obter informação relativa à Biotecnologia (questão P4) parece não existirem grandes diferenças entre as três amostras de alunos (Figura 7).

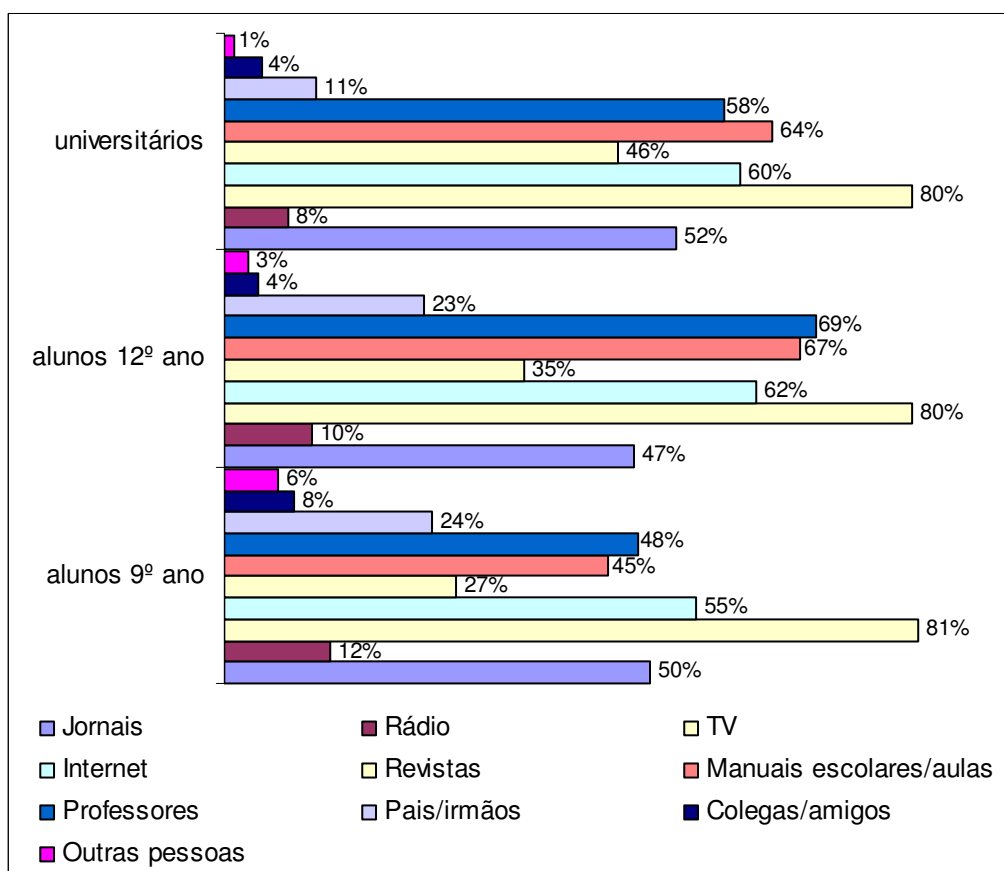


Figura 7 – Fontes de informação sobre Biotecnologia referidas pelos alunos (P4)

Em todas as amostras de alunos a televisão surge como a fonte de informação prioritária, por oposição a outras pessoas, colegas/amigos e rádio. As quatro fontes de informação mais usadas são idênticas entre alunos universitários e alunos do 12º ano, i.e. televisão, professores Internet e manuais escolares/aulas, apesar da ordem ser diferente. Os alunos universitários valorizam mais os manuais escolares/aulas e a Internet do que os jornais, as revistas e os professores enquanto que os alunos do 12º ano valorizam mais os manuais escolares/aulas e os professores do que a Internet, jornais e revistas. Ao nível do 9º ano, antes da escola, surgem como fontes de informação mais usadas a TV, a Internet e os jornais.

Ao nível do ensino superior, verifica-se que os alunos valorizam mais os manuais escolares/aulas do que valorizam os professores, enquanto que ao nível dos ensinos Básico e Secundário os professores e manuais escolares/aulas surgem a par.

No que respeita a revistas de divulgação científica e outras fontes citadas (Figura 8), em todas as amostras a mais referida foi a revista *National Geographic*, sendo que em *outras* surgem referências à revista *Super Interessante*, *Scientific American* e canais de televisão por cabo, *Discovery Channel* e *Discovery Science*.

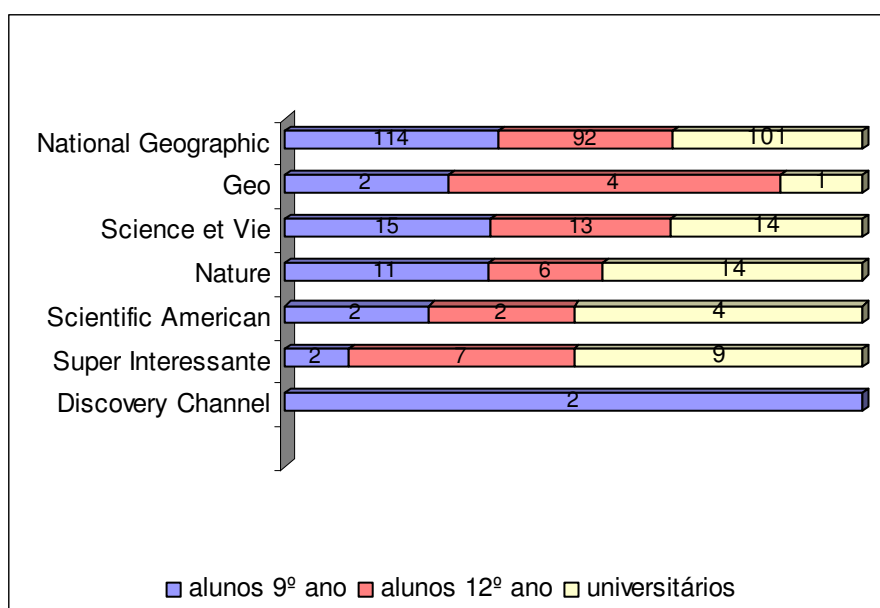


Figura 8 – Revistas de divulgação científica e outras fontes de informação referidas pelos alunos (P4), em nº de alunos

No seu conjunto, estes dados relativos às principais fontes de informação indicam claramente que os media são fontes de informação privilegiadas e que a escola ocupa também um papel importante.

Relativamente à confiança sobre as fontes de informação (questão P5), verifica-se que os alunos das três amostras confiam, de modo geral, em todas as fontes apresentadas com clara excepção para o Governo e políticos (Figuras 9.1 a 9.10). Em todas as fontes apresentadas a maior parte das respostas situa-se no nível *confio* e *confio totalmente*, excepto no caso do Governo e políticos, em que a maior parte das respostas se situa no *não confio* ou *não sei* (Figura 9.1).

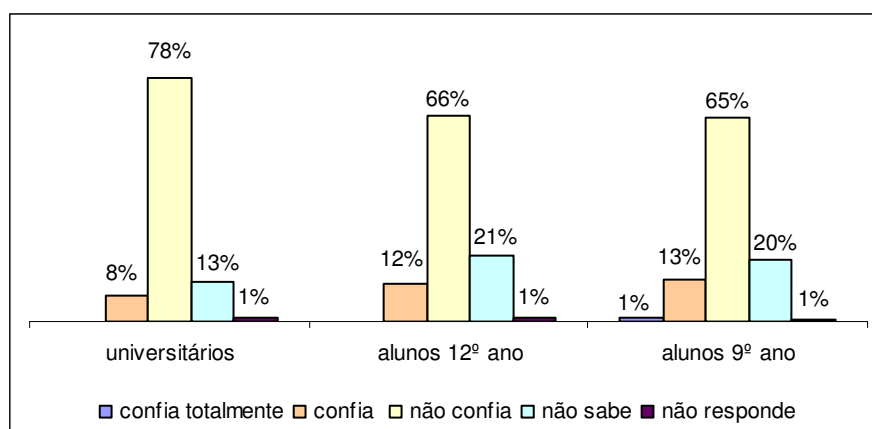


Figura 9.1 – Confiança dos alunos no Governo e políticos (P5)

A fonte em que há claramente um maior nível de confiança, em todas as amostras, diz respeito aos cientistas/investigadores universitários, em que a grande maioria dos alunos, em todas as amostras, respondeu *confio totalmente* e *confio*. (Figura 9.2).

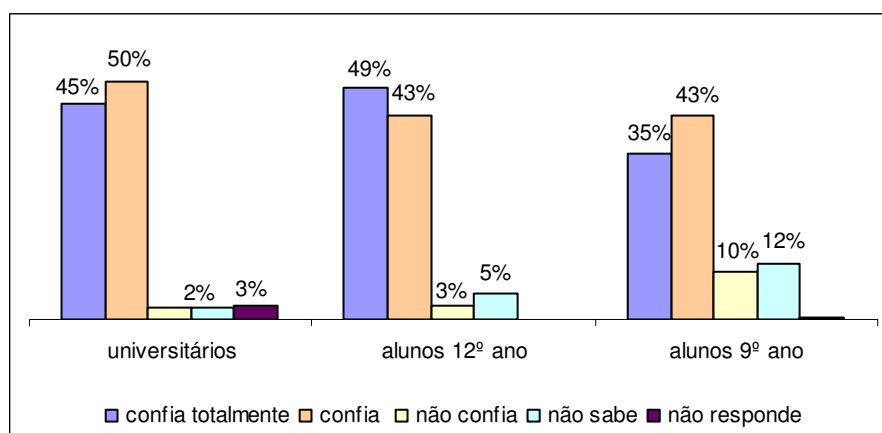


Figura 9.2 – Confiança dos alunos nos cientistas e investigadores universitários (P5)

No caso dos alunos universitários há um grau de confiança quase idêntico nos professores e manuais escolares (Figura 9.3), havendo um ligeiro decréscimo da confiança ao nível dos alunos do 12º ano e um decréscimo mais acentuado ao nível dos alunos do 9º ano. Os professores e manuais escolares surgem em quarto lugar no caso dos alunos do 9º ano, que parecem ser os que confiam mais noutras fontes antes de confiarem nestes.

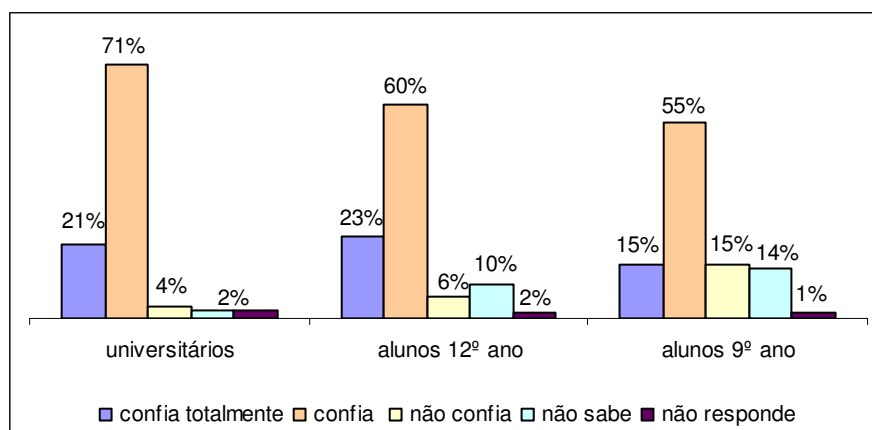


Figura 9.3 – Confiança dos alunos nos professores e manuais escolares (P5)

Seguem-se os médicos (Figura 9.4), como fontes mais confiadas, verificando-se que a maioria das respostas nas três amostras se situa no *confio totalmente* e no *confio*.

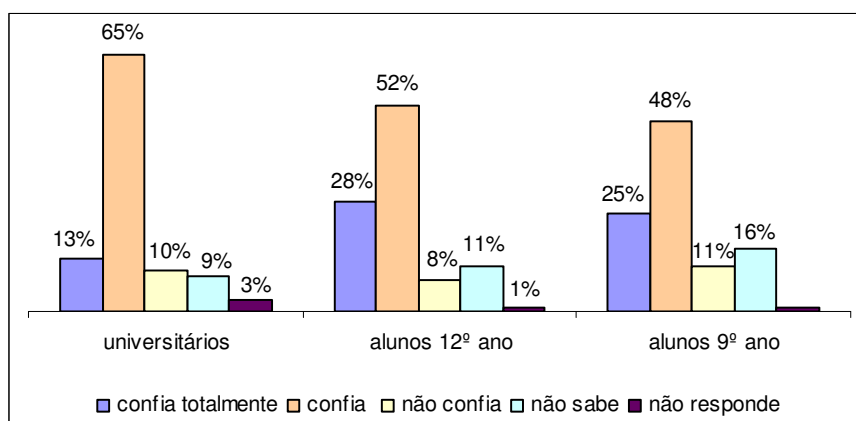


Figura 9.4 – Confiança dos alunos nos médicos (P5)

As Organizações Ambientais (Figura 9.5) surgem com grande credibilidade junto dos alunos dos três níveis de ensino, com os resultados a indicarem percentagens idênticas de respostas *confio totalmente* e *confio*.

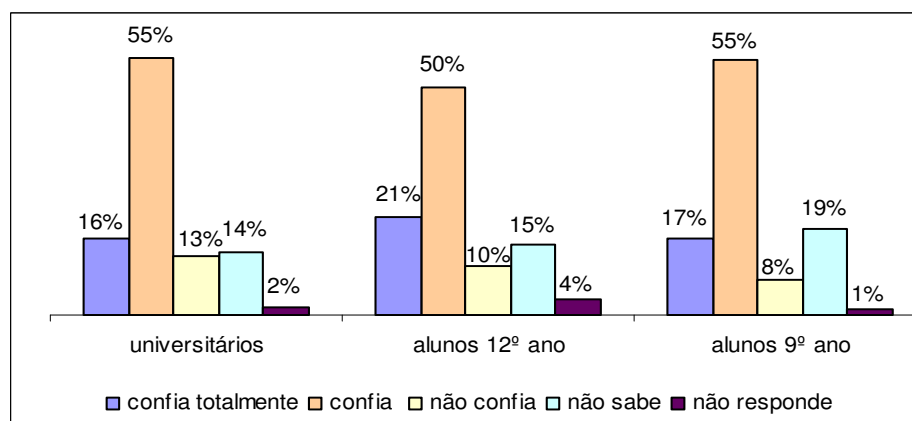


Figura 9.5 – Confiança dos alunos em organizações ambientais (P5)

No caso dos universitários, as organizações ambientais surgem a par com os Jornais (Figura 9.6), a Internet (Figura 9.7) e a Indústria farmacêutica (Figura 9.8).

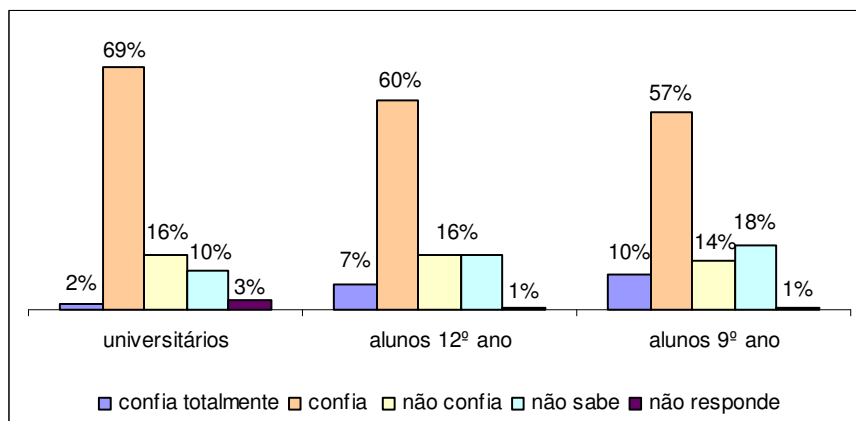


Figura 9.6 – Confiança dos alunos na informação jornalística (P5)

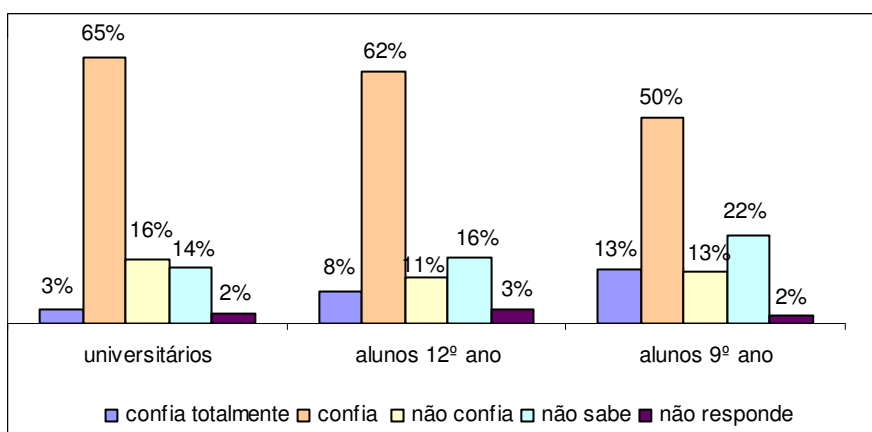


Figura 9.7 – Confiança dos alunos na Internet (P5)

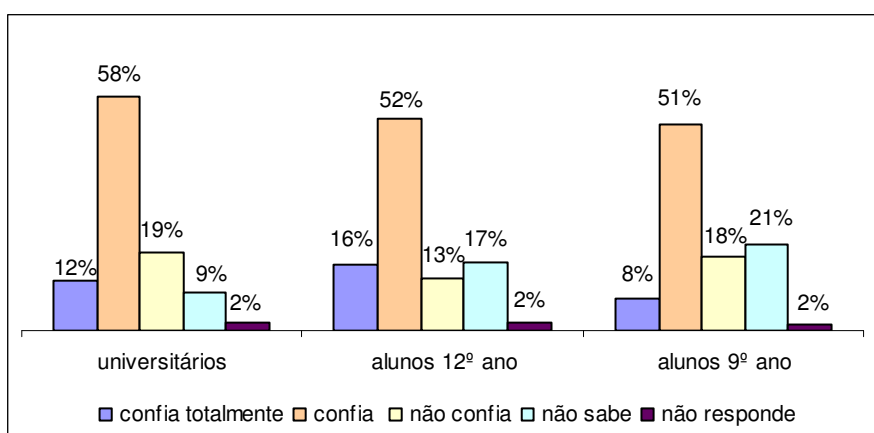


Figura 9.8 – Confiança dos alunos na indústria farmacêutica (P5)

A DECO/Proteste (Figura 9.9) e as empresas agro-alimentares (Figura 9.10) surgem com menor percentagem de respostas ao nível do *confio totalmente* e do *não confio* em relação às fontes anteriormente referidas.

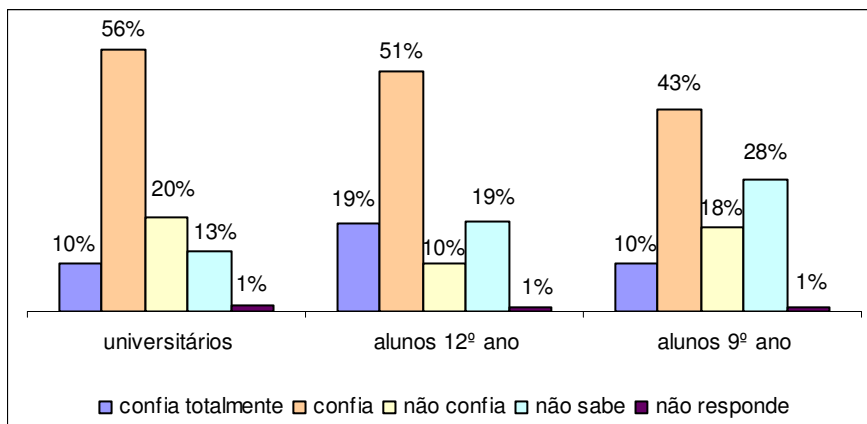


Figura 9.9 – Confiança dos alunos na DECO/Proteste (P5)

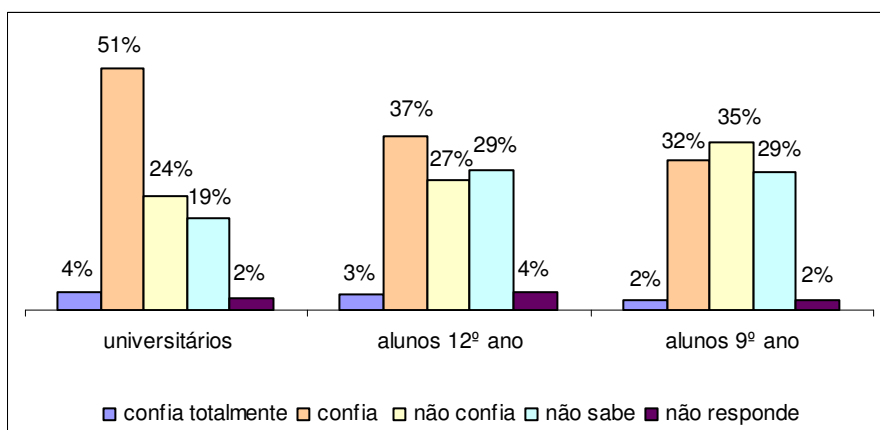


Figura 9.10 – Confiança dos alunos em empresas agro-alimentares (P5)

Os resultados obtidos, no seu conjunto, permitem verificar que as fontes mais usadas não são as mais confiadas. Só depois de cientistas/investigadores, médicos, professores, manuais escolares/aulas e organizações ambientais é que surgem os jornais e a Internet. De realçar que as fontes confiadas não são fontes vocacionadas para a divulgação, mas sim para o ensino, representado pela confiança nos professores e manuais escolares, e para a intervenção nas tomadas de decisão, representada através de cientistas/investigadores e médicos.

Frewer et al. (1997; citados por Savadori et al., 2004), referem estudos em que jornais e TV estavam entre as fontes mais confiadas para informar sobre os malefícios relacionados com a alimentação, seguida das fontes médicas, Governo, amigos, indústrias, revistas e rádio, cientistas universitários e organizações de consumidores. No mesmo estudo, perguntando-se aos participantes qual a fonte que confiariam menos, os jornais e as revistas foram também frequentemente citadas como fontes menos confiadas, pelo que parece não haver resultados consensuais em relação a este aspecto.

A dimensão **Importância** é analisada através da questão P8: *Que importância atribuis à Biotecnologia*. Quando analisados os resultados (Figura 10), verifica-se que a maioria dos alunos tem uma opinião favorável da Biotecnologia, sendo os mais convictos de que esta melhorou as condições de vida os alunos universitários (91%), seguidos dos alunos do 12º ano (77%) e dos alunos do 9º ano (60%). Claramente a maioria dos alunos de todas as amostras estudadas consideram a Biotecnologia importante para a melhoria das condições de vida e, mais uma vez, surge a hierarquização entre os três níveis de ensino.

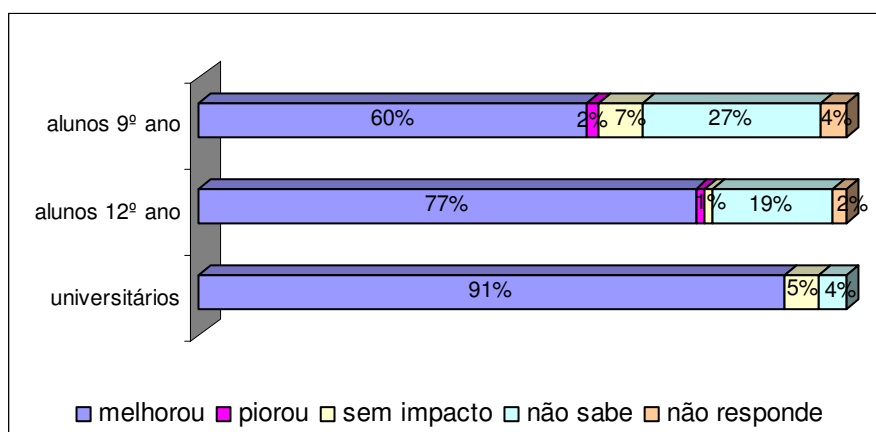


Figura 10 – Importância atribuída pelos alunos à Biotecnologia relativamente às condições de vida (P8)

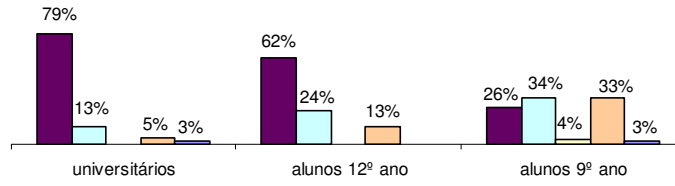
Estes resultados coadunam-se com os resultados do estudo ROSE (Sjøberg e Schreiner, 2006), referido na introdução deste trabalho, que foi levado a cabo em 35 países, incluindo Portugal, com o objectivo de compreender as atitudes e interesses dos jovens face à Ciência e à Tecnologia

e cujos resultados revelam que, no geral, as atitudes dos jovens face à Ciência e à Tecnologia são positivas.

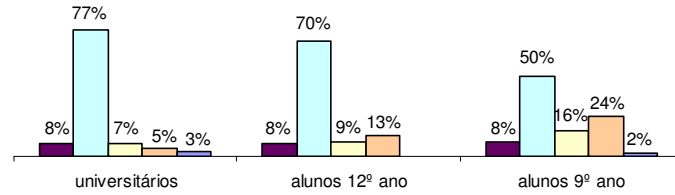
A dimensão **Atitudes** é analisada através da questão P9, na qual os alunos indicam o seu grau de aprovação relativamente a seis aplicações da Biotecnologia. A análise dos resultados obtidos (Figura 11) permite observar que o grau de aprovação dos alunos é maior no caso das aplicações relacionadas com a saúde – *utilização de insulina e medicamentos produzidos por bactérias e detecção e terapia de doenças genéticas*. O transplante de órgãos a partir de animais transgénicos é maioritariamente aprovado com reservas, tal como as aplicações do âmbito agro-alimentar. O grau de aprovação é muito baixo quando se trata de clonagem humana. Verifica-se também que os alunos do 9º ano são os que mais têm falta de opinião sobre as questões colocadas.

Estes resultados estão de acordo com vários estudos encontrados ao longo da revisão bibliográfica. Siegrist (2000) refere estudos que mostram que as aplicações que envolvem plantas são vistas pelas pessoas como mais aceitáveis do que as que envolvem animais e os alimentos geneticamente modificados. Savadori et al. (2004), referem outros estudos segundo os quais as pessoas classificam as aplicações da Biotecnologia de acordo com a sua natureza e especificidade e que as modificações genéticas nos animais têm mais aceitação se forem aplicadas num contexto médico do que num contexto alimentar. Einsiedel (2005) refere estudos que indicam que geralmente as aplicações que geram benefícios para a saúde/medicina são vistas de forma mais positiva e que as aplicações biotecnológicas com pouca aceitação se encontram no campo alimentar e correspondem ao uso de animais transgénicos na alimentação. O mesmo autor refere que nem todas as aplicações médicas são vistas da mesma forma: os testes genéticos são aprovados, mas a xenotransplantação é muito menos aceite; a manipulação de microrganismos gera menos preocupações do que a manipulação de plantas, sendo a manipulação de animais a que levanta mais objecções. Num estudo semelhante a este, Dawson (2007) verificou que a maior parte dos estudantes aprovam o uso dos processos da Biotecnologia que envolvem microrganismos.

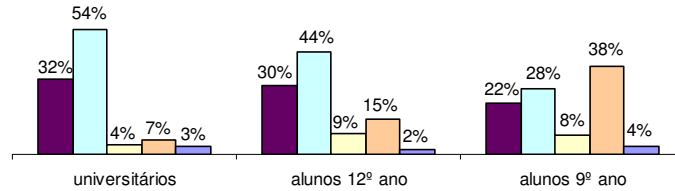
Utilização de insulina e medicamentos produzidos por bactérias



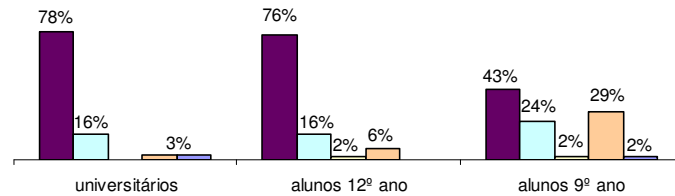
Produção de alimentos a partir de OGM



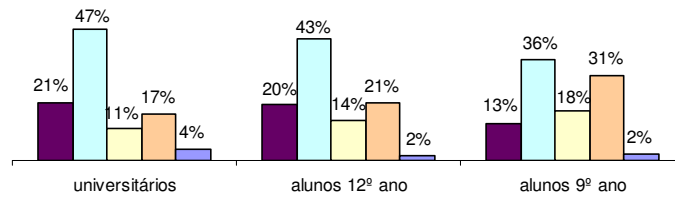
Redução da utilização de herbicidas por manipulação genética de plantas



Deteção e terapia de doenças genéticas



Transplante de órgãos para seres humanos a partir de animais transgênicos



Clonagem humana

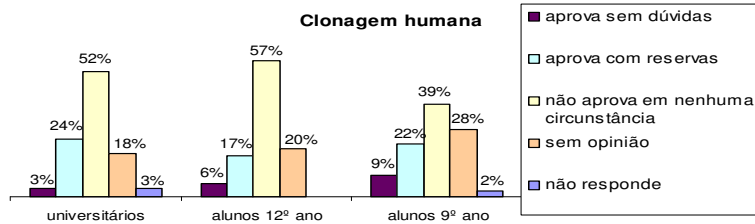


Figura 11 – Aprovação dos alunos relativamente a diferentes aplicações da Biotecnologia (P9)

Quando questionados sobre o grau de aprovação relativamente à *utilização de insulina e medicamentos produzidos por bactérias*, aprova sem dúvidas a maioria dos alunos universitários (79%) e dos alunos do 12º ano (62%). Apenas o faz 26% dos alunos do 9º ano, que repartem as respostas entre a aprovação com reservas (34%) e a falta de opinião (33%). Também em relação à *detecção e terapia de doenças genéticas*, a maioria dos alunos universitários (78%) e do 12º ano (76%) aprova sem dúvidas. Apenas 16%, nas duas amostras, aprova com reservas. No que respeita aos alunos do 9º ano, uma grande parte (43%) aprova sem dúvidas, mas os restantes ou aprovam com reservas (24%) ou não têm opinião (29%).

Relativamente ao *transplante de órgãos para seres humanos a partir de animais transgênicos*, a maioria das respostas tende para a aprovação com reservas – 47% nos alunos universitários, 43% nos alunos do 12º ano e 36% nos alunos do 9º ano. Aprova sem dúvidas apenas 21% dos alunos universitários, 20% dos alunos do 12º ano e 13% dos alunos do 9º ano. Sem opinião surge 17% dos alunos universitários, 21% dos alunos do 12º ano e 31% dos alunos do 9º ano. Não aprova em nenhuma circunstância 11% dos alunos universitários, 14% dos alunos do 12º ano e 18% dos alunos do 9º ano.

Quanto ao grau de aprovação relativamente à *produção de alimentos a partir de OGM, animais e plantas*, verifica-se que claramente a maioria dos alunos universitários e do 12º ano aprova com reservas (77% e 70%, respectivamente), tal como 50% do 9º ano, 24% dos quais respondeu não ter opinião. A *redução da utilização de herbicidas por manipulação genética de plantas*, é maioritariamente aprovada com reservas pelos alunos universitários (54%) e aprovada sem dúvidas por 32%. Dos alunos do 12º ano, 44% aprova com reservas, 30% aprova sem dúvidas e 15% não tem opinião. Em relação aos alunos do 9º ano, 28% aprova com reservas, 22% aprova sem dúvidas e 38% não tem opinião.

A *clonagem humana* apenas é aprovada sem dúvidas por 9% dos alunos do 9º ano, 6% dos alunos do 12º ano e 3% dos alunos universitários. A maioria dos alunos universitários não aprova em nenhuma circunstância (52%) tal como 57% dos alunos do 12º ano e 39% dos alunos do 9º ano. Aprova com reservas 24% dos alunos universitários, 17% dos alunos do 12º ano e 22% dos

alunos do 9º ano. Não tem opinião sobre o assunto 18% dos alunos universitários, 20% dos alunos do 12º ano e 28% dos alunos do 9º ano.

Estes resultados relativos à clonagem humana realçam a prudência dos alunos na abordagem a esta temática, provavelmente fundamentada em valores éticos. Possivelmente os alunos associam a clonagem a técnicas de reprodução sem qualquer objectivo terapêutico, optando pela sua não-aceitação. Alternativamente, em particular os alunos universitários e do 12º ano, conhecem o potencial terapêutico da clonagem mas não deixam de condenar igualmente a sua prática.

2.3.2. Amostra constituída por docentes

O questionário dirigido a docentes também aborda várias dimensões relativas à Biotecnologia: percepção (II1, II3), interesse (II2, V1), importância (II5), fontes de informação (II6, II7), ensino (II4, III1-III13, III14) e atitudes (IV1, IV2).

Relativamente à dimensão da **percepção** que os docentes inquiridos possuem da Biotecnologia, verifica-se pelos resultados obtidos (Figura 12) que as duas definições consideradas como as que melhor a definem são *conjunto de aplicações biotecnológicas da Biologia* (58%) e *técnicas bioquímicas e de engenharia genética* (31%). Nenhum referiu a *produção industrial de alimentos*, que revelaria uma visão reducionista da Biotecnologia.

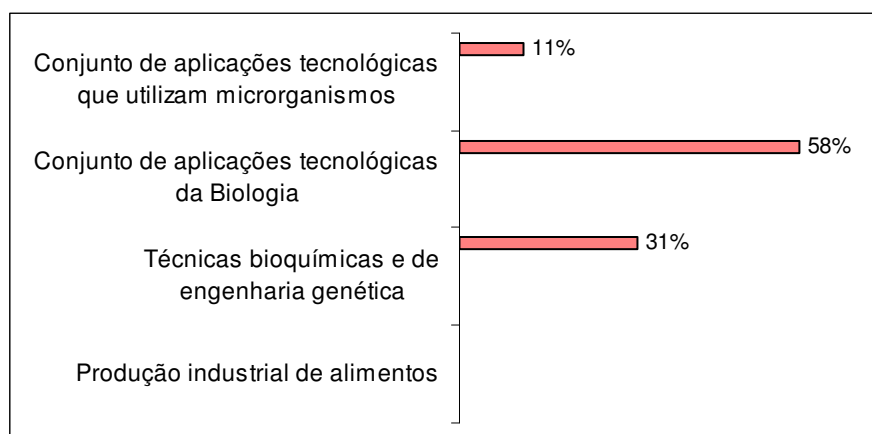


Figura 12 – Frase que melhor define Biotecnologia segundo os docentes (II1)

A maioria dos docentes inquiridos (69%) considera-se razoavelmente informada sobre Biotecnologia, enquanto que os restantes confessam estar pouco informados (Figura 13). Nenhum docente considerou ser elevado o seu grau de informação.

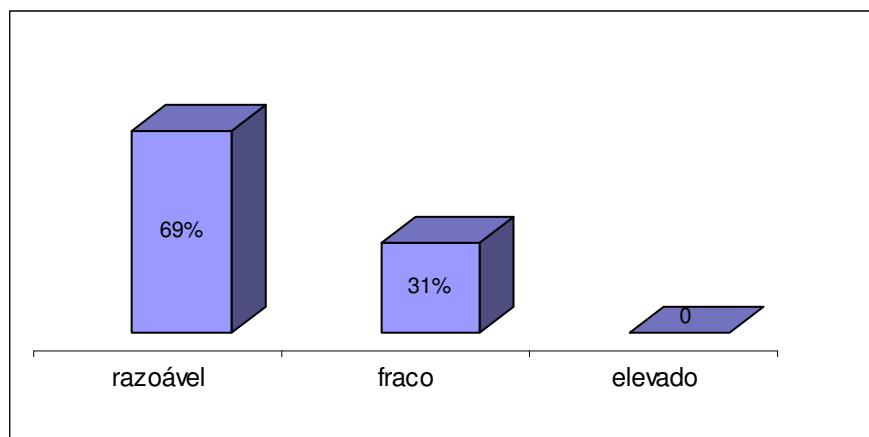


Figura 13 – Informação dos docentes relativamente a temas da Biotecnologia (II3)

No que respeita ao **interesse** pelo tema (Figura 14), as respostas repartem-se entre o médio (50%) e o elevado (44%). Apenas 6% dos docentes considera baixo o seu interesse por Biotecnologia. Contudo, a maioria dos docentes (72%) considera que o inquérito despertou o seu interesse por Biotecnologia (Figura 15).

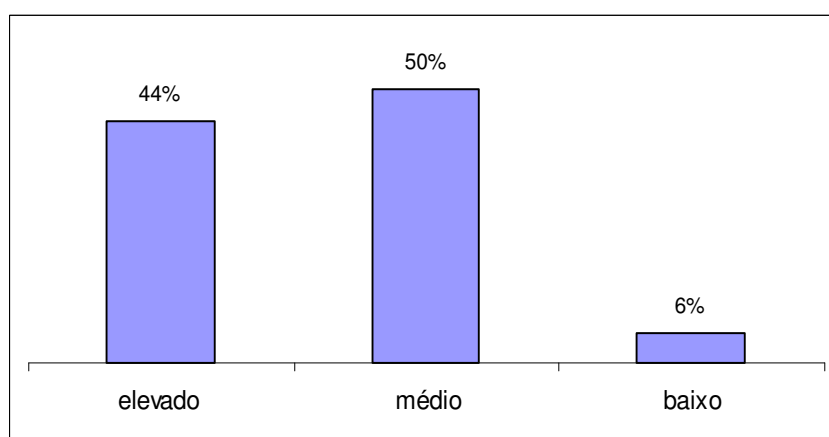


Figura 14 – Interesse dos docentes por assuntos do âmbito da Biotecnologia (II2)

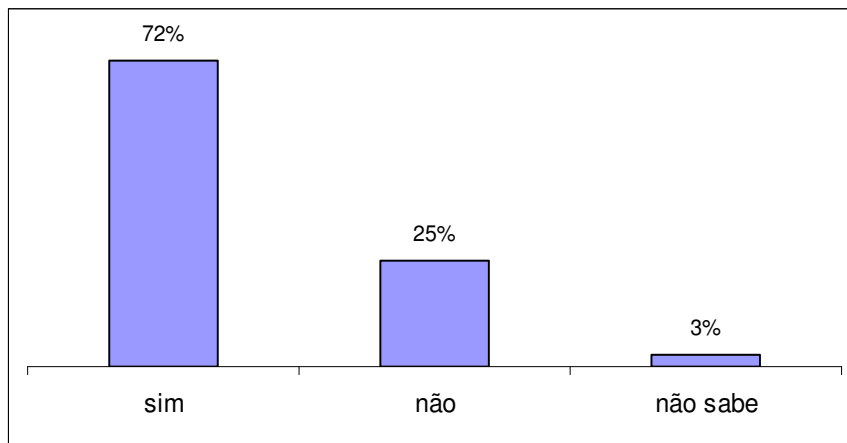


Figura 15 – Importância do inquérito para despertar o interesse dos docentes sobre Biotecnologia (V1)

Quanto à dimensão da **importância**, a quase totalidade (94%) considera que a Biotecnologia foi importante para melhorar as condições de vida (Figura 16) e 72% atribui elevada importância ao ensino da Biotecnologia (Figura 17).

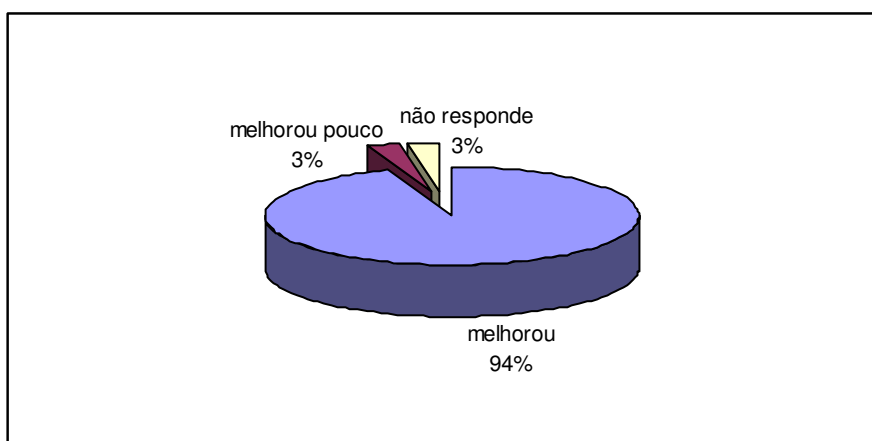


Figura 16 – Importância atribuída pelos docentes à Biotecnologia relativamente às condições de vida (II5)

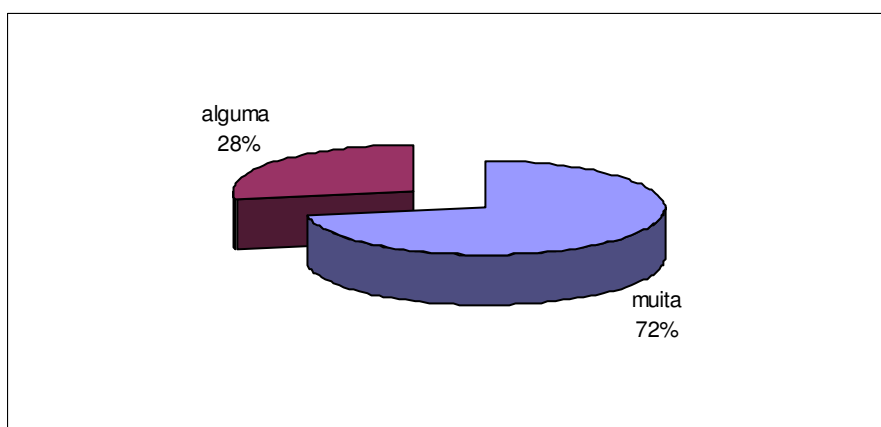


Figura 17 – Importância atribuída pelos docentes ao ensino da Biotecnologia (II4)

Relativamente ao **ensino** da Biotecnologia (Figura 18), 83% dos inquiridos considera que a oferta de formação para docentes nesta área é insuficiente, que esta é uma área que exige mais trabalho na preparação das aulas (72%) e que os alunos se interessam por esta temática (72%). Mais de metade dos docentes considera ainda que esta é uma área prioritária na escolha de formação (64%), que a formação nesta área exige mais disponibilidade (64%), que consulta regularmente fontes para actualização (69%), que os manuais escolares são suficientes (50%) embora, curiosamente, 61% discorde com a afirmação de que a informação dos manuais escolares é fundamentada. Também em relação às condições existentes na escola para leccionar esta área 58% discorda com a afirmação de que são adequadas. 72% dos docentes considera que os alunos se interessam por Biotecnologia e a quase totalidade (53% + 44%) concorda que os aspectos éticos e sociais são importantes no ensino destas temáticas. No que respeita à estrutura curricular, 47% considera-a desadequada.

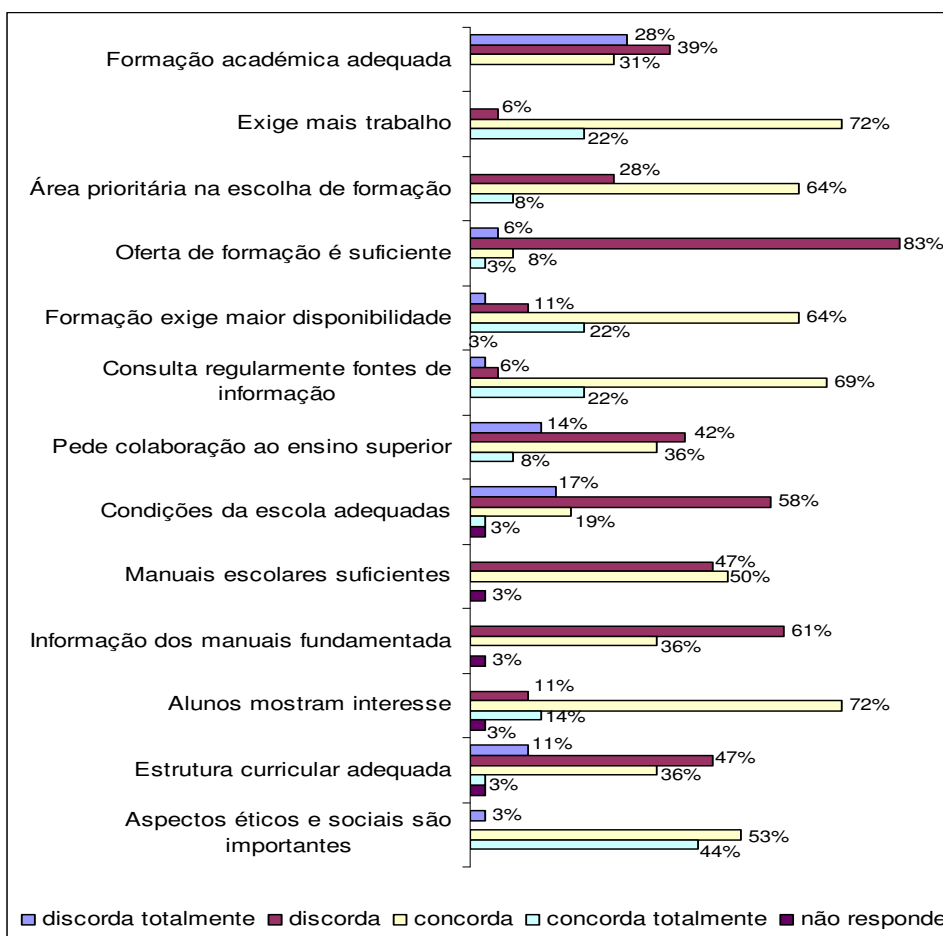


Figura 18 – Considerações dos docentes sobre o ensino da Biotecnologia (III1 – III13)

No que diz respeito às principais dificuldades encontradas pelos docentes no ensino das temáticas da Biotecnologia (Figura 19) surgem destacadas as condições materiais (83%), a falta de tempo para actividades práticas (78%), a falta de experiência (72%), a falta de conhecimentos aprofundados (72%). A necessidade de inovar é referida por 31% dos inquiridos, os conceitos abstractos por 25% e a natureza controversa das matérias por 22%. Um docente acrescentou a falta de preparação científica de professores e alunos como um dos aspectos mais limitativos no ensino da Biotecnologia.

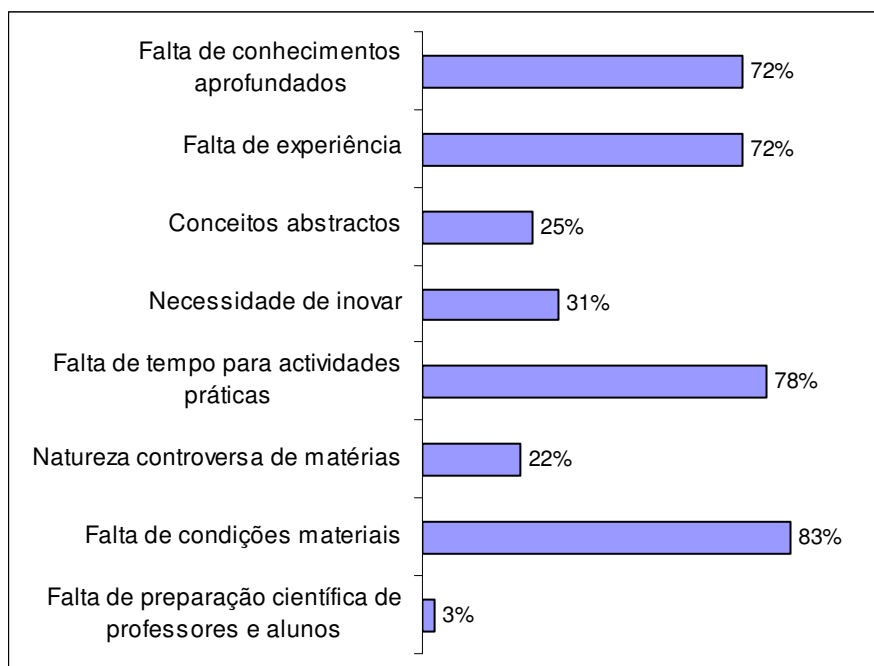


Figura 19 – Principais dificuldades encontradas pelos docentes no ensino da Biotecnologia (III 14)

A falta de recursos materiais e a falta de tempo também são apontados num estudo de Steele e Aubusson (2004) como factores que inibem o sucesso da implementação da Biotecnologia nos currículos. Como descobertas mais relevantes deste estudo os autores apontam o facto de muitos professores não possuírem o conhecimento e a experiência para ensinar adequadamente Biotecnologia e também o facto dos professores terem a percepção de que a falta de trabalho prático adequado é um obstáculo à sua prática no ensino da Biotecnologia. Manassero, Vásquez e Acevedo (2001; citados por Cabo

Hernández et al., 2006) referem também a formação os professores como um factor crítico.

Relativamente às **fontes de informação usadas** pelos docentes para obter informações sobre a Biotecnologia (Figura 20), verifica-se que a Internet (83% dos professores) e os manuais escolares (69%) são as mais utilizadas. Os colegas/amigos, os artigos científicos, os livros, revistas, a TV e os jornais também surgem como fontes citadas por cerca de 50% dos docentes. Apenas 14% dos docentes refere os formadores como fonte de informação e 25% as acções de formação.

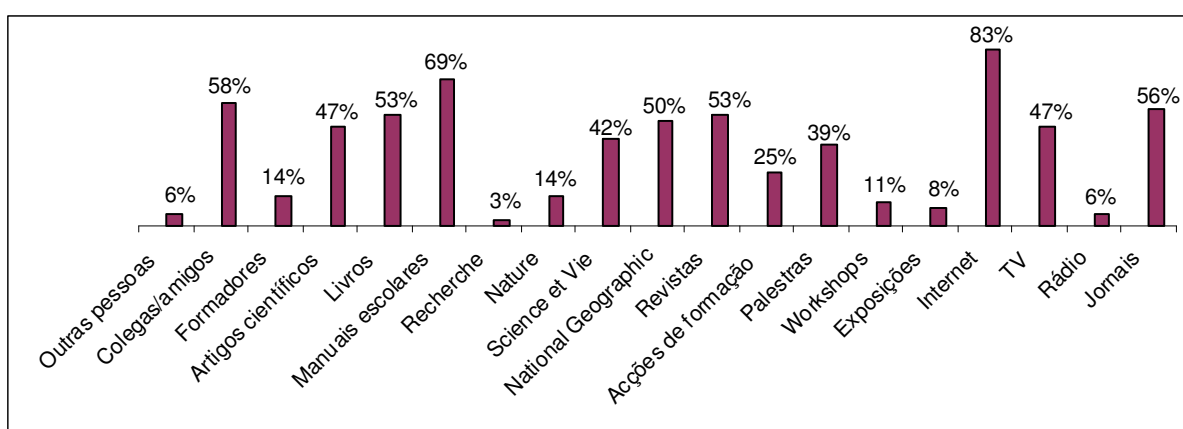


Figura 20 – Fontes usadas pelos docentes para obter informação sobre Biotecnologia (II6)

Manassero, Vásquez e Acevedo (2001 citados por Cabo Hernández et al., 2006) referem estudos anteriores em que os jornais e a TV surgem entre as fontes de informação mais confiadas sobre malefícios relacionados com a alimentação, seguidos dos médicos, Governo, amigos, indústrias, revistas e rádio, cientistas universitários e organizações de consumidores. No entanto, no mesmo estudo, perguntou-se aos participantes qual a fonte que confiariam menos, tendo os jornais e as revistas surgido como fontes menos confiadas. Ainda segundo estes autores, e com base nos dados obtidos, os riscos das aplicações da Biotecnologia podem estar relacionados com o receio, reacção afectiva.

No que respeita às **fontes confiadas** (Figura 21), 75% dos docentes afirma confiar na Internet, 72% nas organizações ambientais, 68% nos médicos e na organização de defesa dos consumidores DECO/Proteste. As fontes que se destacam claramente como de total confiança são os cientistas/investigadores universitários (cerca de 60%) e a literatura científica da especialidade (cerca de 55%). Como fontes não confiadas destacam-se claramente o Governo e os políticos.

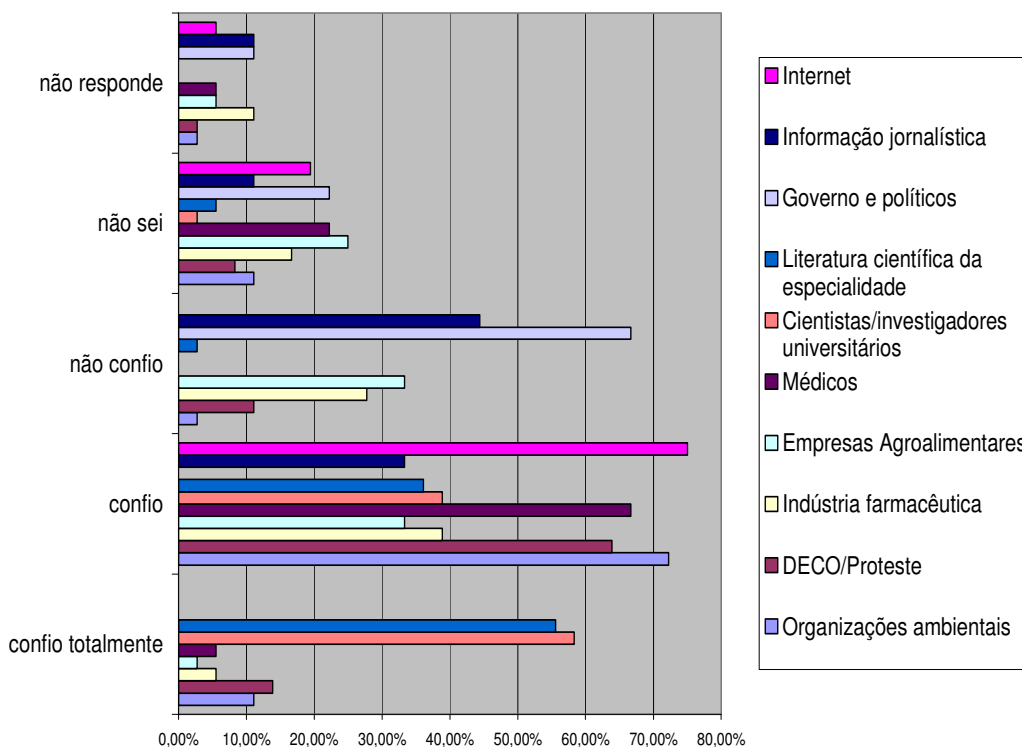


Figura 21 – Confiança dos docentes em fontes de informação (II 7)

Quanto à dimensão das **atitudes** (Figura 22), verifica-se que claramente a *clonagem humana* não é aprovada em nenhuma circunstância por 72% dos docentes inquiridos, sendo aprovada mas com reservas por 22% dos mesmos. Apenas um docente aprova sem dúvidas a clonagem humana. As aplicações relativas à saúde humana são aprovadas sem dúvidas pela maioria dos docentes, sendo de realçar: a *detecção e terapia de doenças genéticas* (81%) e a *utilização de insulina e de medicamentos produzidos por bactérias* (81%). São também aprovadas, mas com reservas, os *xenotransplantes* (75%), a *manipulação genética de plantas para reduzir a utilização de herbicidas* (72%) e a *produção de alimentos a partir de OGM* (72%). Estes resultados parecem reforçar as conclusões de outros estudos

segundo os quais a maioria dos Europeus encoraja e aceita as aplicações da Biotecnologia que trazem claramente benefícios para o diagnóstico e tratamento de doenças humanas (Hampel, Pfenning e Peter, 2000; Pardo, Midden e Miller, 2002; Gaskell et al., 2003; citados por Sturgis et al., 2005).

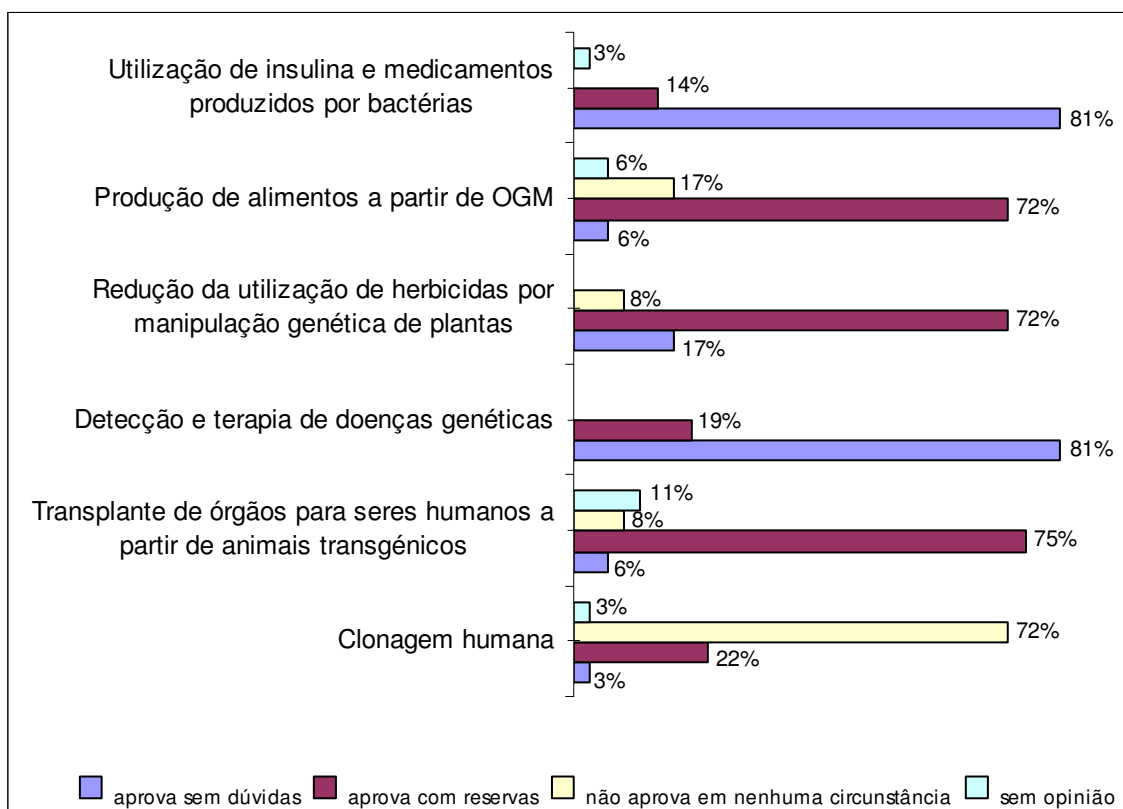


Figura 22 – Aprovação dos docentes relativamente a aplicações da Biotecnologia(IV1)

A competência para tomar decisões sobre as aplicações da Biotecnologia (Figura 23) é reconhecida pela totalidade dos docentes à comunidade científica (100%), seguindo-se os médicos (47%) e os grupos sociais interessados (40%).

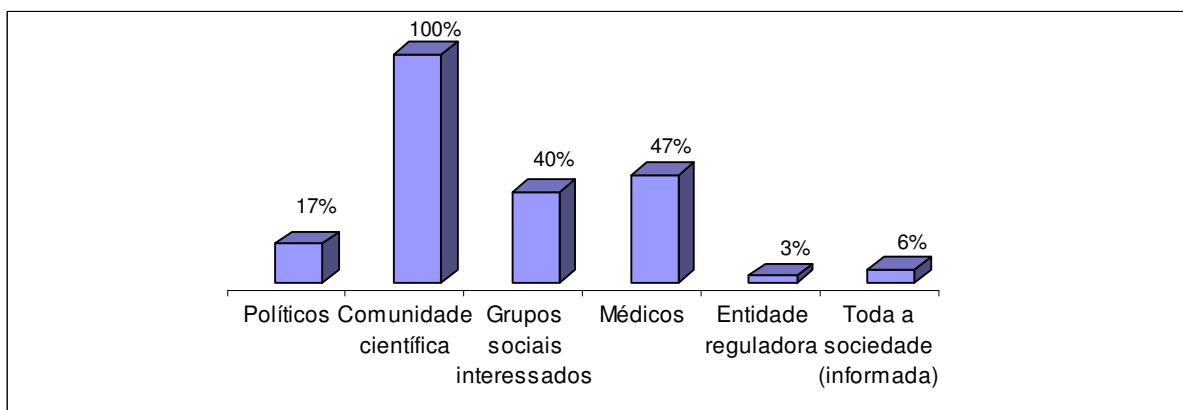


Figura 23 – Quem deve tomar decisões sobre as aplicações da Biotecnologia segundo os docentes (IV2)

3. CONCLUSÕES

3.1. Principais conclusões da investigação desenvolvida

Da análise dos resultados obtidos, e considerando o universo de alunos definido pelas amostras, retiram-se deste estudo as seguintes conclusões:

- Existem conhecimentos básicos nos alunos dos diferentes níveis de ensino, que lhes permite dar respostas correctas a questões básicas no campo da Biotecnologia. Isto é, na generalidade, os alunos sabem o que é a Biotecnologia e conhecem as suas aplicações. Contudo, e como seria de esperar face à sua formação curricular, perante questões com um maior grau de dificuldade verifica-se uma hierarquização de conhecimentos, no sentido decrescente, dos alunos universitários para os do 9º ano de escolaridade.

- A Biotecnologia é um tema que interessa aos alunos, que também a consideram importante para a melhoria das condições de vida.

- De entre as diferentes fontes de informação verifica-se que os media, particularmente a televisão e a Internet, são importantes meios de divulgação da Biotecnologia, com a escola a desempenhar também um papel relevante a este nível. Verifica-se, porém, que nem sempre as fontes de informação mais usadas são as mais confiadas. Neste sentido, cientistas/investigadores, médicos, professores e manuais escolares/aulas merecem grande credibilidade, surgindo só depois os jornais e a Internet. Estes dados revelam que os alunos, independentemente do grau de ensino, apresentam sentido crítico relativamente a esta temática. Esta conclusão surge reforçada no facto de entre as diferentes aplicações da Biotecnologia, serem as relativas à saúde humana aquelas que são mais aceites, em comparação com outras onde existem reservas evidentes, como é o caso da utilização de OGM na agricultura. Este comportamento sugere uma atitude de prudência.

Relativamente ao universo definido pelos professores podem ser identificadas as seguintes conclusões:

- A Biotecnologia é percebida favoravelmente pelos professores, que se interessam pelas temáticas relacionadas e que a consideram importante para a melhoria da qualidade de vida.

- Os professores atribuem grande importância ao ensino desta área, que consideram ser mais exigente na preparação das aulas e em que a oferta de formação para docentes é insuficiente.

- Como os estudantes, também os professores privilegiam os media como importantes fontes de informação, embora não as reconheçam como as de maior confiança.

- Entre os vários constrangimentos que se colocam no ensino das temáticas relativas à Biotecnologia, para além da falta de conhecimentos e de experiência na área, os professores destacam a falta de acções de formação nesta área, bem como a inexistência de condições materiais nas escolas e da falta de tempo para realizar actividades práticas. Numa perspectiva global, as lacunas na formação/actualização e na informação de qualidade dos professores serão talvez os constrangimentos mais limitativos, já que condicionam a resolução de outras limitações, como por exemplo, a falta de condições materiais.

- A competência para tomar decisões relativamente às aplicações da Biotecnologia é reconhecida sobretudo à comunidade científica, em detrimento do Governo e políticos. Da análise do binómio fontes de informação/confiança, foram referenciadas como as mais credíveis as classes profissionais constituídas por cientistas, médicos e professores, por oposição ao Governo e políticos, alvo de grande desconfiança.

3.2. Aplicabilidade deste trabalho

As informações obtidas neste estudo poderão ser utilizados no sentido de desenvolver abordagens mais eficientes ao ensino da Biotecnologia. Atendendo à importância assumida pelos media como fonte de informação, poder-se-à incentivar a leitura e a análise crítica, nas aulas, de notícias veiculadas pelos media sobre estes temas, de forma a ajudar os alunos a seleccionar entre fontes mais e menos credíveis e a desenvolver o espírito crítico através da pesquisa de informação validada cientificamente. Também a importância atribuída aos manuais escolares, quer pelos alunos, quer pelos professores, sustenta a necessidade de desenvolver e fundamentar a informação contida nos mesmos.

Adicionalmente, e perante a importância que os professores assumem no ensino desta temática, onde identificam inúmeros constrangimentos, dos quais a falta de formação surge como o mais limitativo, este trabalho reforça a necessidade de se investir mais na formação de professores. Entenda-se por formação o aumento da possibilidade de uma actualização permanente dos professores, fundamental numa área de rápido desenvolvimento como é a Biotecnologia. A julgar pelas lacunas apontadas pelos docentes, esta formação deverá consistir em cursos de cariz essencialmente prático, mas também na necessidade de um maior intercâmbio com a comunidade científica. Este trabalho torna evidente que o sucesso de um investimento na formação dos docentes estará directamente dependente do estímulo da classe docente, particularmente através da melhoria de condições laborais, com a organização de cursos e *workshops* em regime pós-laboral e do apetrechamento dos laboratórios das escolas.

4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Este estudo, de carácter essencialmente exploratório, pode constituir uma base de trabalho para investigações futuras. Considera-se que seria interessante desenvolver outros estudos complementares tomando em conta as limitações inerentes a este trabalho, que são essencialmente uma consequência das opções tomadas em termos de objetivos e de metodologia. Entre estas limitações aponta-se a necessidade de reformular os questionários, com base nas orientações dos resultados obtidos, de modo a permitir caracterizar o significado estatístico de novos estudos. O tratamento estatístico dos dados, recorrendo a ferramentas informáticas adequadas como o SPSS, permitirá uma correlação mais fina dos dados e, conseqüentemente, chegar a conclusões através de interpretações alternativas, múltiplas e convergentes de resultados. Seria também interessante desenvolver a mesma investigação em amostras mais alargadas, sobretudo de docentes mas também de alunos, de forma a dispor de uma maior diversidade de contextos sócio-pedagógicos.

Futuras investigações poderão centrar-se na tentativa de formular hipóteses de trabalho a partir dos dados recolhidos e testar a sua validade através de novo trabalho de campo. Nesta perspectiva deverão ser consideradas outras metodologias, por exemplo, a realização de entrevistas (metodologia qualitativa), que permitirão sustentar ou refutar as interpretações obtidas através de uma análise em inquéritos fechados.

Atendendo a que os manuais escolares surgem como uma fonte de informação prioritária e credível no ensino de temas de Biotecnologia, será também importante, em trabalhos futuros, correlacionar a informação contida nos manuais escolares com a literacia dos alunos nesta área do conhecimento. Por último, e uma vez que uma das restrições apontadas relativamente ao ensino da Biotecnologia foi a falta de formação docente na área, e atendendo ao facto de que a maior parte dos alunos se baseia nestes para obter informação relativa ao tema, seriam também importantes estudos alongados que acompanhassem a formação de professores e permitissem perceber a influência destes no ensino da Biotecnologia, bem como avaliar a eficácia das acções de formação dirigidas aos docentes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arantes-Oliveira, N. (2007). A case study on obstacles to the growth of biotechnology. *Technological Forecasting & Social Change*, 74, 61 – 74.

Buttel, F. (2005). The Environmental and Post-Environmental Politics of Genetically Modified Crops and Foods. *Environmental Politics*, 14, 309-323.

Cabo Hernández, J. M., Mirón, E., Jurado, C. (2006). Opiniones y intenciones del profesorado sobre la participación social en Ciencia y Tecnología. El caso de la Biotecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3, 349-369.

Cachapuz, A., Jorge, M., Praia, J. (2001). *Perspectivas de ensino – textos de apoio Nº 1*, 2ª edição, Centro de Estudos de Educação em Ciência (CEEC), Porto.

Cantley, M. (2004). How should public policy respond to the challenges of modern biotechnology?. *Current Opinion in Biotechnology*, 15, 258 – 263.

Cavanagh, H., Hood, J., Wilkinson, J. (2005). Riverina high school student's views of biotechnology. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8.

Dawson, V. (2007). An Exploration of High School (12 – 17 Year Old) Students' Understandings of, and Attitudes Towards Biotechnology Processes. *Journal of Research in Science Education*, 37, 59 – 73.

Demain, A. L., (2006). From natural products discovery to commercialization: a success story. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 33, 486-495.

Departamento da Educação Básica (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico: Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.

Departamento da Educação Básica (2001). *Orientações Curriculares do Ensino Básico – Ciências Físicas e Naturais*. Lisboa: Ministério da Educação.

Direção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, (2004). *Programa de Biologia 12^o ano*. Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Ministério da Educação.

Einsiedel, E. F. (2005). Public perceptions of transgenic animals. *Scientific and Technical Review Office International des Epizooties*, 24, 149-157.

Elliot, P. (2006). Reviewing Newspaper Articles as a Technique for Enhancing the Scientific Literacy of Student-teachers. *International Journal of Science Education*, 28, 1245 – 1265.

Fujimaki, K., Haklak, R. (2006). Quantitative evaluation of positive or negative feelings for Biotechnology – or health related scenes in movies. *Scienctometrics*, 68, 213-226.

Garcia, R. (2006). *Sobre a Terra. Um guia para quem lê e escreve sobre ambiente*, 2^a edição, Ed. Público, Lisboa.

Gaskell, G., Stares, S., Allansdottir, A., Allum, N., Corchero, C., Fischler, C., Hampel, J., Jackson, J., Kronberger, N., Mejlgaard, N., Revuelta, G., Schreiner, C., Torgersen, H., Wagner, W. (2006). Europeans and Biotechnology in 2005: Patterns and Trends. Final Report on Eurobarometer 64.3. *European Commission's Directorate-General for Research*.

Guichard, S., Larre, B. (2006). Enhancing Portugal's Human Capital. *Economics Department Working Papers of Organisation for Economic Co-operation and Development (OCDE)*, 33, N° 505.

Harms, U. (2002). Biotechnology Education in Schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, 5, 5-6.

Jauhar, P. (2006). Modern Biotechnology as an Integral Supplement to Conventional Plant Breeding. The Prospects and Challenges. *Crop Science*, 46, 1841 – 1859.

Kachan, M., Guilbert, S., Bisanz, G. (2006). Do Teachers Ask Students to Read News in Secondary Science? : Evidence from the Canadian Context. *Science Education*, 90, 496 – 521.

Klop, T. (2007). An Exploration of Attitudes toward Modern Biotechnology: A study among Dutch secondary school students. *International Journal of Science Education*, 29, 663-679.

McGloughlin, M. (2006). A retrospective prospective perspective on agricultural biotechnology ten years on. *Journal of Commercial Biotechnology*, 13, 20-27.

Melo, E. (2007). Animal transgenesis: State of the art and applications. *Journal of Applied Genetics*, 48, 47-61.

Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation of a Scientific Literacy Approach in School Science. *International Journal of Science Education*, 28, 1499-1521.

Miller, H., Conko, G. (2005). Agricultural Biotechnology: Overregulated and Underappreciated. *Issues in Science and Technology*, 76 – 80.

OMS (2004). 20 questões acerca de produtos alimentares geneticamente modificados (GM). Disponível em <http://ww.cibpt.org>

Palma, S. (2006). ¿Qué factores pueden influir em el trabajo de los profesores de ciencias chilenos? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, 378 – 392.

Pelletier, D. (2006). FDA's regulation of genetically engineered foods: Scientific, legal and political dimensions. *Food Policy*, 31, 570 – 591.

Petersen, A. (2005). The metaphors of risk: Biotechnology in the news. *Health, Risk & Society*, 7, 203-308.

Quivy, R. (1992). Manual de investigação em Ciências Sociais, 1ª Edição, Gradiva Publicações, Lisboa.

Rittmann, B. (2006). Microbial ecology to manage processes in environmental biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 24, 261 – 266.

Savadori, L., Savio, S., Nicotra, E., Rumiati, R., Finucane, M., Slovic, P. (2004). Expert and Public Perception of Risk from Biotechnology. *Risk Analysis*, 24, 1289 - 1299.

Siegrist, M. (2000). The influence of Trust and Perceptions of Risk and Benefits on the Acceptance of Gene Technology. *Risk Analysis*, 20, 195-203.

Sjøberg, S., Schreiner, C. (2006). How do students perceive science and technology? *Science in School*, 1, 66 – 69.

Spielman, D. (2006). Pro-poor agricultural biotechnology: Can the international research system deliver the goods? *Food Policy*, 32, 189 – 204.

Steele; F., Aubusson, P. (2004). The Challenge in Teaching Biotechnology. *Research in Science Education*, 34, 365-387.

Sturgis, P., Cooper, H., Fife-Schaw, C. (2005). Attitudes to biotechnology: estimating the opinions of a better-informed public. *New Genetics and Society*, 24, 31 – 56.

Tencalla, F. (2006). Science, politics, and the GM debate in Europe. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 44, 43 – 48.

Wheeler, M. (2007). Agricultural applications for transgenic livestock. *Trends in Biotechnology*, 25, 204-210.

Valdez, M., Rodriguez, I., Sittenfeld, A. (2004). Percepción de la biotecnología en estudiantes universitarios de Costa Rica. *Revista de Biología tropical* [online], 52, 745-756.

Väliverronen, E. (2006). Expert, healer, reassurer, hero and prophet: framing genetics and medical scientists in television news. *New Genetics and Society*, 25, 233-247.

Videira, A. (2001). *Engenharia Genética – Princípios e Aplicações*, Lidel - edições técnicas, Lisboa-Porto-Coimbra.

Zhu, Y.C., Abel, C.A., Chen, M.S. (2007). Interaction of Cry1Ac toxin (*Bacillus thuringiensis*) and proteinase inhibitors on the growth, development, and midgut proteinase activities of the bollworm, *Helicoverpa zea*. *Pesticide, Biochemistry and Physiology*, 87, 39-46.

6. ANEXOS

Anexo 1 – Questionário dirigido a alunos dos 9º e 12º anos

QUESTIONÁRIO SOBRE BIOTECNOLOGIA

Este questionário faz parte de um estudo, em curso na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, sobre a literacia científica da comunidade escolar relativamente à Biotecnologia.

Os dados obtidos são estritamente confidenciais.

É importante que respondas de acordo com a tua opinião e os teus conhecimentos.

Obrigado pela tua colaboração.

IDADE: _____ **SEXO (M / F):** _____ **ANO DE ESCOLARIDADE:** _____

ESCOLA QUE ESTÁS A FREQUENTAR: _____

Responde a cada questão sombreando a tinta preta ou azul o círculo correspondente à opção escolhida. Ex:

Para cada uma das seguintes questões assinala a opção que consideras mais apropriada.

P1. Na tua opinião, a Biotecnologia:	Verdadeiro	Falso	Não sei
envolve a cultura de células para utilização industrial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
envolve técnicas de manipulação genética.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é um conjunto de aplicações tecnológicas da Biologia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
corresponde a técnicas de robótica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

P2. Interessas-te por temas relacionados com Biotecnologia:

- a maior parte das vezes
- algumas vezes
- raramente
- nunca

P3. Compreendes facilmente notícias sobre Biotecnologia:

- a maior parte das vezes
- algumas vezes
- raramente
- Nunca

P4. Obténs a informação sobre estes temas através da(s) seguinte(s) fonte(s): (várias respostas possíveis)

<input type="checkbox"/> Jornais <input type="checkbox"/> Rádio <input type="checkbox"/> Televisão <input type="checkbox"/> Internet	<input type="checkbox"/> Revistas Revistas de divulgação científica: <input type="checkbox"/> <i>National Geographic</i> <input type="checkbox"/> <i>Geo</i> <input type="checkbox"/> <i>Science et Vie</i> <input type="checkbox"/> <i>Nature</i> <input type="checkbox"/> Outras. Quais?	<input type="checkbox"/> Manuais escolares/aulas Oralmente, através de: <input type="checkbox"/> professores <input type="checkbox"/> pais/irmãos <input type="checkbox"/> colegas/amigos <input type="checkbox"/> outras pessoas
---	--	--

P5. Em qual das seguintes fontes confiarias (ou não) para te informar sobre as aplicações da Biotecnologia? (uma resposta por linha)

Fonte	Confio totalmente	Confio	Não confio	Não sei
Organizações ambientais (<i>Quercus, Liga para a Protecção da Natureza, Geota, etc.</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Organizações de defesa dos consumidores (<i>DECO/PROTESTE</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Indústria farmacêutica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Empresas do ramo agrícola e/ou alimentar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Médicos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cientistas / investigadores universitários.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Professores / manuais escolares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Governo e políticos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informação jornalística (televisão, rádio, jornais, revistas, etc.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P6. Classifica as seguintes afirmações de acordo com o quadro apresentado: (uma resposta por linha)

Afirmações	Verdadeiro	Falso	Não sei
Os tomates possuem genes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
É impossível transferir genes de animais para plantas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
As plantas geneticamente modificadas não comportam riscos para o ambiente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os riscos decorrentes da utilização de Organismos Geneticamente Modificados (OGM) são perfeitamente conhecidos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se comermos alimentos geneticamente modificados os nossos genes podem sofrer modificações.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Todas as aplicações da Biotecnologia estão perfeitamente legisladas e regulamentadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P7. Das seguintes aplicações da Biotecnologia, assinala aquelas que conheces: (várias respostas possíveis)

- Utilização de microrganismos para a produção de pão, vinho, cerveja e iogurte.
- Produção de vitaminas.
- Produção de aminoácidos.
- Produção de antibióticos.
- Utilização de Organismos Geneticamente Modificados (OGM) para a produção de alimentos.
- Produção de plantas resistentes a insectos nocivos.
- Produção de plantas resistentes a pesticidas.
- Introdução de genes humanos em bactérias para produção de medicamentos ou de vacinas.
- Utilização de plantas para diversos fins industriais, como a produção de combustível, de plásticos e de cosméticos.

P8. Que importância atribuis à Biotecnologia?

- Melhorou as condições de vida.
- Piorou a nossa vida.
- Não teve impacto significativo na nossa vida.
- Não sei.

P9. Indica o teu grau de aprovação relativamente às seguintes aplicações da Biotecnologia: (uma resposta por linha)

Aplicação	Aprovo sem dúvidas	Aprovo com reservas	Não aprovo em nenhuma circunstância	Sem opinião
Utilização de insulina e medicamentos produzidos por bactérias.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produção de alimentos a partir de Organismos Geneticamente Modificados (animais e plantas) .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Redução da utilização de herbicidas por manipulação genética de plantas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Detecção e terapia de doenças genéticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transplante de órgãos para seres humanos a partir de animais transgénicos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clonagem humana.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P10. Achas que este questionário foi importante para despertar o teu interesse por Biotecnologia?

- Acho que sim.
- Acho que não.
- Não sei responder.

O questionário terminou. Mais uma vez, obrigado pela tua colaboração.

Anexo 2 – Questionário dirigido a alunos universitários

QUESTIONÁRIO SOBRE BIOTECNOLOGIA

*Este questionário faz parte de um estudo, em curso na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, sobre a literacia científica da comunidade escolar relativamente à Biotecnologia.
 Os dados obtidos são estritamente confidenciais.
 É importante que responda de acordo com a sua opinião e os seus conhecimentos.
 Obrigado pela colaboração.*

IDADE: _____ **SEXO (M / F):** _____ **CURSO QUE ESTÁ A FREQUENTAR:**

OPÇÃO DESTE CURSO NA SUA CANDIDATURA: _____ **MÉDIA DE CANDIDATURA :** _____

ESCOLA ONDE COMPLETOU O ENSINO SECUNDÁRIO: _____

Responda a cada questão sombreando a tinta preta ou azul o círculo correspondente à opção escolhida. Ex:

Para cada uma das seguintes questões assinale a opção que considera mais apropriada.

P1. Na sua opinião, a Biotecnologia:	Verdadeiro	Falso	Não sei
envolve a cultura de células para utilização industrial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
envolve técnicas de manipulação genética.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
é um conjunto de aplicações tecnológicas da Biologia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
corresponde a técnicas de robótica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

P2. Interessa-se por temas relacionados com Biotecnologia:

- a maior parte das vezes
- algumas vezes
- raramente
- nunca

P3. Compreende facilmente notícias sobre Biotecnologia:

- a maior parte das vezes
- algumas vezes
- raramente
- Nunca

P4. Obtém a informação sobre estes temas através da(s) seguinte(s) fonte(s): (várias respostas possíveis)

<input type="checkbox"/> Jornais <input type="checkbox"/> Rádio <input type="checkbox"/> Televisão <input type="checkbox"/> Internet	<input type="checkbox"/> Revistas Revistas de divulgação científica: <input type="checkbox"/> <i>National Geographic</i> <input type="checkbox"/> <i>Geo</i> <input type="checkbox"/> <i>Science et Vie</i> <input type="checkbox"/> <i>Nature</i> <input type="checkbox"/> Outras. Quais?	<input type="checkbox"/> Manuais escolares/aulas Oralmente, através de: <input type="checkbox"/> professores <input type="checkbox"/> pais/irmãos <input type="checkbox"/> colegas/amigos <input type="checkbox"/> outras pessoas
---	--	--

P5. Em qual das seguintes fontes confiaria (ou não) para se informar sobre as aplicações da Biotecnologia? (uma resposta por linha)

Fonte	Confio totalmente	Confio	Não confio	Não sei
Organizações ambientais (<i>Quercus, Liga para a Protecção da Natureza, Geota, etc.</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Organizações de defesa dos consumidores (<i>DECO/PROTESTE</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Indústria farmacêutica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Empresas do ramo agrícola e/ou alimentar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Médicos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cientistas / investigadores universitários.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Professores / manuais escolares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Governo e políticos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informação jornalística (televisão, rádio, jornais, revistas, etc.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P6. Classifique as seguintes afirmações de acordo com o quadro apresentado: (uma resposta por linha)

Afirmações	Verdadeiro	Falso	Não sei
Os tomates possuem genes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
É impossível transferir genes de animais para plantas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
As plantas geneticamente modificadas não comportam riscos para o ambiente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os riscos decorrentes da utilização de Organismos Geneticamente Modificados (OGM) são perfeitamente conhecidos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se comermos alimentos geneticamente modificados os nossos genes podem sofrer modificações.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Todas as aplicações da Biotecnologia estão perfeitamente legisladas e regulamentadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P7. Das seguintes aplicações da Biotecnologia, assinale aquelas que conhece: (várias respostas possíveis)

- Utilização de microrganismos para a produção de pão, vinho, cerveja e iogurte.
- Produção de vitaminas.
- Produção de aminoácidos.
- Produção de antibióticos.
- Utilização de Organismos Geneticamente Modificados (OGM) para a produção de alimentos.
- Produção de plantas resistentes a insectos nocivos.
- Produção de plantas resistentes a pesticidas.
- Introdução de genes humanos em bactérias para produção de medicamentos ou de vacinas.
- Utilização de plantas para diversos fins industriais, como a produção de combustível, de plásticos e de cosméticos.

P8. Que importância atribui à Biotecnologia?

- Melhorou as condições de vida.
- Piorou a nossa vida.
- Não teve impacto significativo na nossa vida.
- Não sei.

P9. Indique o seu grau de aprovação relativamente às seguintes aplicações da Biotecnologia: (uma resposta por linha)

Aplicação	Aprovo sem dúvidas	Aprovo com reservas	Não aprovo em nenhuma circunstância	Sem opinião
Utilização de insulina e medicamentos produzidos por bactérias.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produção de alimentos a partir de Organismos Geneticamente Modificados (animais e plantas).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Redução da utilização de herbicidas por manipulação genética de plantas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Detecção e terapia de doenças genéticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transplante de órgãos para seres humanos a partir de animais transgénicos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clonagem humana.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P10. Acha que este questionário foi importante para despertar o seu interesse por Biotecnologia?

- Acho que sim.
- Acho que não.
- Não sei responder.

O questionário terminou. Mais uma vez, obrigado pela sua colaboração.

Anexo 3 – Questionário dirigido a docentes

INQUÉRITO SOBRE BIOTECNOLOGIA

Este inquérito faz parte de um estudo, em curso na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, sobre a literacia científica dos alunos relativamente à Biotecnologia. Os dados obtidos são estritamente confidenciais. É importante que responda de acordo com a sua opinião e os seus conhecimentos. Obrigado pela colaboração.


I

11. Idade: _____ Sexo: (M / F) _____ Tempo de serviço (anos): _____
12. Grau(s) académico(s): _____
13. Designação do(s) Curso(s): _____
14. Instituição(ões) de ensino superior frequentada(s): _____
15. Disciplinas/níveis já leccionados: _____

16. Já fez formação complementar na área da Biotecnologia? _____
. Se sim, indique o nome da(s) acção(ões) que frequentou e, se possível, o n.º de horas de duração.

17. Indique, por favor, o manual adoptado actualmente na sua escola para as disciplinas de:
Ciências Naturais – 9º ano _____
Biologia – 12º ano _____

II

Responda a cada questão sombreando a tinta preta ou azul o círculo correspondente à opção escolhida. Ex: 

II1. Qual das seguintes frases, na sua opinião, define melhor Biotecnologia?

- Conjunto de aplicações tecnológicas que utilizam microrganismos.
- Conjunto de aplicações tecnológicas da Biologia.
- Técnicas bioquímicas e de Engenharia Genética.
- Produção industrial de alimentos.

II2. Como avalia o seu grau de interesse por assuntos do âmbito da Biotecnologia?

- Elevado
 Médio
 Baixo
 Nulo

II3. Como avalia o seu grau de informação relativamente a estes temas?

- Elevado
 Razoável
 Fraco
 Nulo

II4. Que importância atribui ao ensino da Biotecnologia?

- Muita
 Alguma
 Pouca
 Nenhuma

II5. Considera que a Biotecnologia melhorou as condições de vida?

- Sim, melhorou
 Melhorou pouco
 Não melhorou
 Não sei

II6. Obtém a informação sobre estes temas através da(s) seguinte(s) fonte(s): (várias respostas possíveis)

<input type="checkbox"/> Jornais <input type="checkbox"/> Rádio <input type="checkbox"/> Televisão <input type="checkbox"/> Internet <input type="checkbox"/> Exposições <input type="checkbox"/> Workshops <input type="checkbox"/> Palestras <input type="checkbox"/> Acções de Formação	<input type="checkbox"/> Revistas Revistas de divulgação científica: <input type="checkbox"/> <i>National Geographic</i> <input type="checkbox"/> <i>Geo</i> <input type="checkbox"/> <i>Science et Vie</i> <input type="checkbox"/> <i>Nature</i> <input type="checkbox"/> Outras. Quais? _____	<input type="checkbox"/> Manuais escolares <input type="checkbox"/> Livros <input type="checkbox"/> Artigos científicos Oralmente, através de: <input type="checkbox"/> Formadores <input type="checkbox"/> Colegas/amigos <input type="checkbox"/> Outras pessoas
---	--	--

II7. Em qual das seguintes fontes confiaria (ou não) para se informar sobre as aplicações da Biotecnologia? (uma resposta por linha)

Fonte	Confio totalmente	Confio	Não confio	Não sei
Organizações ambientais (<i>Quercus, Liga para a Protecção da Natureza, Geota, etc.</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Organizações de defesa dos consumidores (<i>DECO/PROTESTE</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Indústria farmacêutica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Empresas do ramo agrícola e/ou alimentar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Médicos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cientistas / Investigadores universitários.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Literatura científica da especialidade.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Governo e políticos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informação jornalística (televisão, rádio, jornais, revistas, etc.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

III

Responda a cada uma das proposições a seguir apresentadas, sombreando a tinta preta ou azul o círculo correspondente à opção escolhida.

Relativamente ao ensino da Biotecnologia considera que:	Discordo totalmente	Discordo	Concordo	Concordo totalmente
III1. a sua formação académica foi adequada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III2. exige mais trabalho na preparação das aulas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III3. é uma área prioritária na sua escolha de acções de formação.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III4. a oferta de formação complementar é suficiente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III5. as acções de formação exigem maior disponibilidade.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III6. consulta regularmente fontes de informação para esclarecer dúvidas e manter-se actualizado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III7. pede colaboração a instituições de ensino superior para a preparação de aulas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III8. as condições físicas e materiais de que dispõe na escola são adequadas para o ensino desta área.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III9. os manuais escolares fazem uma abordagem suficiente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III10. a informação dos manuais escolares dirigida aos professores é convenientemente fundamentada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III11. os alunos se mostram interessados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III12. a estrutura curricular ao longo do 3º Ciclo e do ensino Secundário é adequada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III13. os aspectos éticos e sociais das aplicações da Biotecnologia devem ser integrados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

III14. Segundo a sua opinião, quais as principais dificuldades que podem ser encontradas no ensino da Biotecnologia (várias respostas possíveis)

- A falta de conhecimentos aprofundados, dos professores, nesta área.
- A falta de experiência dos professores no ensino desta área.
- A dificuldade causada pelos conceitos abstractos.
- A necessidade de inovar métodos de ensino.
- A falta de tempo para fazer actividades práticas suficientes.
- A natureza controversa de algumas destas matérias.
- As escolas não terem condições materiais para suportar esta área emergente.
- Outras. Quais? _____

IV

Responda a cada questão sombreando a tinta preta ou azul o círculo correspondente à(s) opção(ões) escolhida(s).

IV1. Indique o seu grau de aprovação relativamente às seguintes aplicações da Biotecnologia: (uma resposta por linha)

Aplicação	Aprovo sem dúvidas	Aprovo com reservas	Não aprovo em nenhuma circunstância	Sem opinião
Utilização de insulina e medicamentos produzidos por bactérias.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produção de alimentos a partir de Organismos Geneticamente Modificados (animais e plantas) .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Redução da utilização de herbicidas por manipulação genética de plantas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deteção e terapia de doenças genéticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transplante de órgãos para seres humanos a partir de animais transgénicos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clonagem humana.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

IV2. Segundo a sua opinião, quem deve tomar decisões sobre as aplicações da Biotecnologia? (várias respostas possíveis)

- Políticos.
- Comunidade científica.
- Grupos sociais interessados.
- Médicos.
- Outros. Quais? _____

V

V1. Acha que este inquérito foi importante para despertar o seu interesse por Biotecnologia?

- Acho que sim.
- Acho que não.
- Não sei responder.

O inquérito terminou. Mais uma vez, obrigada pela sua colaboração.

Anexo 4 – Tabela 5 – Distribuição dos alunos da FCUP por curso e escola de conclusão do Ensino Secundário

Tabela 5 – Distribuição dos alunos da FCUP por curso e escola de conclusão do ensino Secundário

Ensino Secundário	CURSO					
	AP	EA	BQ	B	EBG	CTA
ES/3 D Sancho I – V. N. de Famalicão	2	0	1	0	0	0
ES/3 de Rio Tinto	0	0	1	1	1	0
ES/3 Aurélia de Sousa - Porto	0	0	2	4	0	1
ES/3 Augusto Gomes - Matosinhos	4	0	2	3	0	1
ES/3 Antonio Nobre - Porto	0	0	0	3	2	0
ES/3 Senhora Hora Matosinhos	0	0	0	1	0	0
Externato Paulo VI - Porto	0	0	2	1	0	0
ES/3 Garcia de Orta - Porto	1	0	2	1	1	2
ES/3 Rocha Peixoto – Póvoa de Varzim	0	0	0	1	1	0
ES/3 de Valadares – V.N. de Gaia	0	0	0	1	0	0
ES/3 José Regio – Vila do Conde	0	0	1	2	2	0
ES/3 de Miranda do Douro	0	0	0	1	0	0
ES/3 Maria Lamas – Torres Novas	0	0	0	1	0	0
ES/3 Almeida Garrett – V.N. de Gaia	1	0	1	2	0	1
ES/3 de Monção	1	0	0	0	0	0
ES/3 Carolina Michãelis - Porto	1	0	3	0	0	1
ES/3 Alberto Sampaio - Braga	1	0	0	0	0	0
ES/3 Virgílio Ferreira - Lisboa	1	0	0	0	0	0
Colégio do Rosário - Porto	1	0	0	0	0	0
ES/3 da Maia	1	0	0	1	1	2
ES/3 de Felgueiras	1	0	0	0	1	0
ES/3 S ^{ia} Maria do Olival - Tomar	1	0	0	0	0	0
ES/3 Marques Castilho - Águeda	1	0	0	0	0	0
ES/3 Oliveira do Douro – V.N. de Gaia	1	0	0	1	0	2
Cooperativa de Ensino de Riba d' Ave	1	0	1	1	0	0
ES/3 Filipa de Vilhena – Porto	1	0	0	1	0	2
ES/3 Henrique Medina - Esposende	0	0	1	1	0	1
ES/3 Ferreira de Castro – Oliveira de Azeméis	0	0	0	2	0	0
ES/3 Alexandre Herculano - Porto	0	0	0	1	0	0
ES/3 Fontes Pereira Melo - Porto	0	0	0	1	0	1
ES/3 Padrão da Légua- Matosinhos	0	0	1	2	0	0
ES/3 Alves Martins – Viseu	0	0	0	2	0	0
ES/3 Francisco de Holanda - Guimarães	0	0	0	1	0	1
Externato Ribadouro – Porto	0	0	3	6	0	0
Colégio dos Carvalhos – V. N. De Gaia	0	0	2	0	2	0
ES/3 Carlos Amarante - Braga	0	0	2	2	0	1
Externato D.Dinis - Porto	0	0	2	1	2	1
Cabo Verde	0	1	0	1	0	0
ES/3 de Lousada	0	0	2	0	0	1
ES/3 de Vizela	0	0	1	0	0	0
ES/3 Monserrate – Viana do Castelo	2	0	2	1	0	1
ES/3 João da Silva Correia – S. J. da Madeira	0	0	1	0	0	0
ES/3 Martins Sarmiento - Guimarães	0	0	1	0	0	0
ES/3 Sá de Miranda - Braga	0	0	1	0	1	0

Ensino Secundário	AP	EA	BQ	B	EBG	CTA
ES/3 da Trofa	0	0	1	1	0	0
ES/3 de S ^{ta} Maria da Feira	0	1	0	4	0	0
Colégio de Gaia – V. N. De Gaia	0	0	1	2	0	0
ES/3 Tomaz Pelayo – Santo Tirso	0	0	0	1	1	0
ES/3 de Anadia	0	0	0	1	0	0
ES/3 de Lanheses	0	0	1	0	0	0
ES/3 Infante D. Henrique - Porto	0	0	1	0	0	1
ES/3 Latino Coelho - Lamego	0	0	0	1	0	0
ES/3 Eça de Queirós – Póvoa de Varzim	0	0	0	3	0	0
ES/3 Inês de Castro – V. N. De Gaia	0	0	0	0	0	1
Colégio de Lamego	0	0	0	1	0	0
ES/3 de S ^{ta} Maria Maior – Viana do Castelo	0	0	0	1	0	0
Externato Lúmen - Porto	0	0	0	1	0	1
Colégio N. S. da Apresentação - Vagos	0	0	0	1	0	0
ES/3 de Barroselas	0	0	0	1	0	0
ES/3 Tomás Figueiredo – Arcos de Valdevez	0	0	0	1	0	0
ES/3 Dr. Antonio Granjo - Chaves	0	0	0	1	0	0
ES/3 Serafim Leite – S. J. da Madeira	1	0	0	0	0	0
ES/3 Gonçalves Zarco - Matosinhos	0	1	1	0	0	1
ES/3 da Boa Nova – Leça da Palmeira	0	0	0	1	1	2
ES/3 Rodrigues de Freitas - Porto	0	0	1	1	0	0
Externato de Vila Meã	0	0	0	1	1	0
ES/3 do Marco de Canaveses	0	0	0	0	1	0
ES/3 de Resende	0	0	0	0	1	0
ES/3 de Paços de Ferreira	0	0	0	0	1	0
ES/3 Penafiel N.º1	0	0	0	0	1	0
Colégio da Bonança – V. N. De Gaia	0	0	1	0	0	0
Colégio Luso-Francês - Porto	0	0	1	0	0	0
ES/3 de S. Pedro – Vila Real	0	0	0	0	0	1
ES/3 Camilo Castelo Branco – Vila Real	0	0	0	0	0	1
ES/3 Jaime Moniz - Funchal	0	0	0	0	0	1
ES/3 Raúl Proença – Caldas da Rainha	0	0	0	0	0	1
ES/3 do Cerco - Porto	0	0	0	0	0	1
ES/3 de São Pedro da Cova - Gondomar	0	0	0	0	0	1
ES/3 Coelho e Castro - Fiães	0	0	1	0	0	0
ES/3 de Cantanhede	0	0	1	0	0	0
ES/3 António Sérgio – V.N. de Gaia	0	0	0	1	0	0
ES/3 de Fafe	0	0	1	0	0	0
ES/3 F. R. Lobo - Leiria	0	0	0	1	0	0
Colégio de S ^{ta} Maria de Lamas	0	0	0	1	0	0
ES/3 de Valongo	0	0	1	0	1	2
ES/3 dos Carvalhos – V.N. de Gaia	1	0	0	2	0	1
Colégio D. Duarte - Porto	0	0	2	1	1	0
ES/3 de Amarante	0	0	1	0	0	0
Externato Augusto S F da Silva	0	0	1	0	0	0
Não responde	0	0	0	1	1	1
Total	24	3	51	77	24	35

AP – Arquitectura Paisagista; **EA** – Engenharia Agronómica; **BQ** – Bioquímica; **B** – Biologia;
EBG – Ensino da Biologia e da Geologia; **CTA** – Ciências e Tecnologias do Ambiente