



Adequação do Ciclo de Estudos conducente ao grau de Doutor em Engenharia Biomédica

I- Enquadramento

II- Candidatos a que se destina o DEA e o Doutoramento em Engenharia Biomédica

III- Programa de Doutoramento e DEA

IV- Plano de Estudos de Doutoramento

V- Resposta aos quesitos do Art.º 29 do Decreto-Lei 74/2006

A. Corpo docente próprio, qualificado

B. Existência de recursos necessários à realização de Investigação

C. Demonstração de experiência acumulada de investigação

VI- Resposta aos Quesitos do art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006

A. Identificação do ciclo de Estudos

B. Estrutura curricular e Plano de Estudos

C. Descrição dos objectivos

Objectivos da formação e Áreas Científicas

D. Fundamentação do número de créditos por unidade curricular

E. Fundamentação do número total de créditos e da duração do ciclo

F. Fundamentação da adequação da organização e metodologias de ensino

G. Análise Comparativa com ciclos com objectivos similares

H. Forma como os resultados de avaliação externa foram incorporados

ANEXO A

ANEXO B

5 de Junho 2006

I Enquadramento

O desenvolvimento científico e técnico das áreas na fronteira entre a Medicina e a Engenharia, ocorrido desde os finais da década de 80, e medido em publicações, colaborações internacionais e práticas clínicas de vanguarda, levou a uma massa crítica de actividade e a uma acumulação de conhecimento. No IST, ocorreu também o crescimento da investigação Engenharia Biomédica, nas suas diferentes vertentes, e de forma dispersa pelos seus vários departamentos, dada a sua natureza multidisciplinar e de interface.

Neste enquadramento, que motiva a criação de um Diploma de Estudos Avançados em Engenharia Biomédica e um Programa de Doutoramento na mesma área, vamos focar três aspectos relevantes para a presente proposta:

- 1) A investigação científica em Engenharia Biomédica no IST.
- 2) A oportunidade do momento para organizar um 3º ciclo de formação em Engenharia Biomédica.
- 3) Objectivos Institucionais do IST.

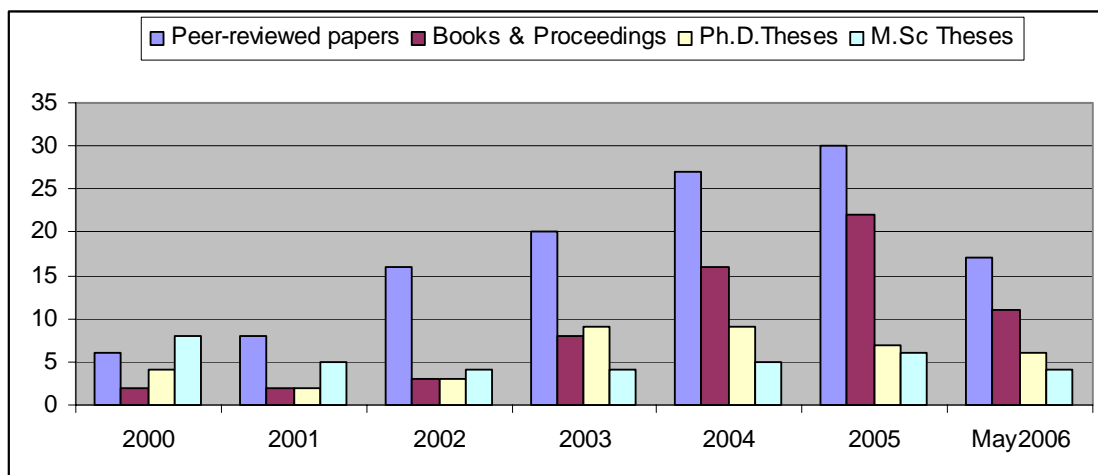
Assim:

1) Em nove das onze unidades académicas (Departamentos) do IST, existem grupos com praticas e resultados de investigação científica em Engenharia Biomédica (EBM), como se pode sintetizar no quadro I. Por outro lado, o quadro II analisa a investigação em EBM no IST através da evolução do número de artigos científicos da autoria de professores do IST e teses de mestrado e doutoramento orientadas no IST na área temática de EBM, entre 2000-2005. Realçe-se que neste período (em Outubro de 2001) se iniciou o funcionamento da licenciatura em Engenharia Biomédica, organizada pelo IST e alicerçada num

protocolo de colaboração institucional com a Faculdade de Medicina de Lisboa (FML).

Departamento	Grupos de Investigação em EBM
Engenharia Civil e Arquitectura	Biomecânica
Engenharia Electrotécnica e de Computadores	Instrumentação e processamento de sinais Reconhecimento de Padrões e Diagnóstico Automático
Engenharia Informática	Bioinformática
Engenharia de Materiais	Biomateriais e Órgãos Artificiais Polímeros
Engenharia Mecânica	Biomecânica do Movimento Humano Mecânica dos Ossos e Implantes Ortopédicos
Física	Detecção da Radiação e Instrumentação Lasers e Óptica Microscopia de Força Atómica
Engenharia Química e Biológica	Biotecnologia Médica Ciências Biológicas
Departamento de Matemática	Modelos Matemáticos e Hemodinâmica
Departamento de Engenharia e Gestão	Gestão de Sistemas de Saúde

Quadro I- Grupos de Investigação em EBM no IST. Fonte: *Biomedical Engineering Research at IST*, publicação GIRE-IST, ed. Fernando Lopes da Silva e Teresa Peña, em preparação.



Quadro II- Publicações e Teses em EBM do IST, entre 2000-2005, Fonte: *Biomedical Engineering Research at IST*, publicação GIRE-IST, ed. Fernando Lopes da Silva e Teresa Peña, em preparação.

Sendo avançado e simultâneamente em constante evolução, este conhecimento pode organizar-se agora de modo integrado, em disciplinas de graduação académica de terceiro ciclo. Desta forma a transmissão de conhecimento pode efectuar-se de forma orientada e eficaz, com optimização dos seus efeitos, seguindo padrões estabelecidos internacionalmente.

2) Asseguradas que estão assim as condições científicas subjacentes à oferta de um Diploma de Estudos Superiores (DEA) específico em EBM pelo IST, e de um Programa de Doutoramento, que se propõem neste documento, resta notar também a oportunidade, isto é, a adequação do momento presente ao arranque de tal iniciativa.

A inovação tecnológica em conjunto com a recente evolução nas ciências da vida, e as exigências actuais no sistema de saúde, conduzem à afirmação da EBM como uma área técnico-científica com objectivos e metodologias definidos, embora em constante actualização. Decerto, o grande impacto social e económico destas áreas arrastará investimentos que exigirão recursos humanos

altamente qualificados de forma a assegurar um elevado retorno.

Em paralelo, saliente-se a conclusão próxima da primeira edição no país de Licenciaturas em Engenharia Biomédica, que nos concursos nacionais de acesso preencheram todas as vagas, desde que entraram em funcionamento em 2001. De facto, podemos afirmar que os alunos que se encontram a frequentar qualquer dos 5 anos da actual licenciatura (pre-Bologna) no IST têm um perfil muito particular de apetência pelo conhecimento, manifestando expectativas de realização de trabalho técnico-científico de vanguarda. Esta apetência traduzir-se-á pela opção dos alunos em prosseguir programas de doutoramento, que se verifica já nos alunos finalistas.

3) O IST tem como um dos seus principais objectivos assegurar aos estudantes portugueses de ciências, engenharia e tecnologia condições de formação e de integração profissional similares às dos restantes estados da União Europeia. Ao mesmo tempo, pretende o IST constituir-se como Escola capaz de responder à procura de estudantes estrangeiros, num espaço universitário europeu. A este respeito, note-se que tendo as ofertas de formação em EBM já tradição nos Estados Unidos, a sua história na Europa é bem mais recente (o Imperial College criou o BSc. e o MSc. nesta área científica em 2003), e bem menos generalizada que a dos ramos clássicos de Engenharia, com raízes na ciência que remontam aos séculos XVIII a XX. Podendo considerar-se pioneiro na iniciativa de formação de 1º e 2º ciclo em EBM, e na introdução das tecnologias e ciências biológicas no ensino de engenharia prestado, o IST encontra-se bem posicionado para realizar agora formação de 3º ciclo nesta área, no quadro internacional.

Neste contexto, o IST preparou em 2005 um programa de Doutoramento em Engenharia Biomédica (EBM), que foi aprovado e publicado em Diário da República- II série. nº 51, 13 de Março de 2006, Deliberação nº 315/2006.

Na presente proposta, este programa de 3º Ciclo conducente ao Grau de Doutor, com a duração de quatro anos, a que corresponde um número total de 240 créditos ECTS (European Credit Transfer System) é apresentado como um programa de Doutoramento, com uma parte curricular assente nas disciplinas de um DEA em EBM. O presente documento também adequa o mesmo programa de Doutoramento às normas da nova legislação, que regulamenta em Portugal a concretização do Processo de Bolonha para a criação de espaço europeu de formação e mobilidade no ensino superior.

Assim, e no quadro das alterações estabelecidas pelo Decreto-Lei 74/2006 sobre graus académicos e diplomas do Ensino Superior, serve o presente documento para instruir o respectivo processo de adequação.

Finalmente, queremos realçar que o ciclo conducente à obtenção do Grau de Doutoramento em EBM pretende utilizar a realidade de investigação existente no IST e na Faculdade de Medicina (FML) neste domínio, e por outro, usufruir da vasta experiência dos ramos clássicos da Engenharia e da Medicina na operacionalização, padronização e validação de programas de Doutoramento. É também um dos objectivos do DEA e do Programa de Doutoramento em EBM criar condições ao longo do seu funcionamento para parcerias estáveis com empresas e hospitais com sólidas valências científicas.

II Candidatos a que se destina o DEA e o Programa de Doutoramento em EBM

A especialização garantida pelo DEA e pelo grau de doutor em EBM serve de formação avançada a habilitados com formação de 2º ciclo (mestrado), ou com licenciatura ou mestrado (pré-Bologna), em Engenharia Biomédica, Ciências Físicas, Ciências Biológicas, Biofísica, Física Médica, Matemática, nalgum ramo de Engenharia, em Medicina, ou em qualquer outro 2º ciclo considerado adequado para anteceder este programa.

O programa deve dirigir-se tanto ao mercado interno (IST) de 2º ciclo em EBM, como também ao externo, nacional e internacional, de habilitados com o 2º ciclo.

Por último, saliente-se a necessidade nas empresas, hospitais e organismos de saúde, de formação profissional especializada continuada. Médicos e mestres em Gestão são assim potenciais interessados no DEA e no doutoramento em EBM.

III Programa de Doutoramento e DEA

O Programa de Doutoramento em EBM é constituído por

- 1) Uma parte curricular organizada em unidades de créditos ECTS (European Credit Transfer System) ,
- 2) Uma Tese de Doutoramento com contribuições originais para o domínio científico e substanciada em publicações em revistas da especialidade.

À aprovação em unidades curriculares correspondentes a 42 créditos ECTS corresponde a certificação de um DEA em EBM.

As unidades curriculares do Programa de Doutoramento em EBM são as do DEA em EBM. Podem ainda integrar a parte curricular do Programa de Doutoramento em EBM unidades curriculares de outro DEA do IST, neste caso não excedendo 18 ECTS.

Alguns candidatos que não tenham formação considerada adequada, poderão ser, caso a caso, admitidos no Programa de Doutoramento, estabelecendo-se o requisito de um programa individual de unidades curriculares que pode incluir formação através de unidades curriculares de 1º e 2º ciclo.

IV Plano de estudos de Doutoramento

A escolha das unidades curriculares e do tema da tese de um plano de doutoramento é individual e feita livremente, exigindo-se a aprovação de dois supervisores, escolhidos também livremente, sendo um pelo menos do IST, e recomendando-se ser o segundo da FML, sempre que possível

A escolha das unidades curriculares num plano de estudos de doutoramento deve ser orientada por três princípios: ser flexível e numa base individual, assegurar uma formação geral, garantir uma formação especializada, orientada para o trabalho de investigação conducente à tese de doutoramento.

A formação superior e/ou a actividade profissional na área científica podem ser consideradas equivalentes à frequência e aprovação de unidades curriculares do plano de Doutoramento, quando devidamente justificado.

A parte curricular do plano de doutoramento deverá também ser concluída em 2 semestres lectivos, podendo o trabalho de dissertação do doutoramento iniciar-se em paralelo.

O IST nomeia em cada caso uma Comissão de Acompanhamento do Doutoramento, constituída pelo menos por três pessoas, e que inclui os 2 supervisores.

Compete aos supervisores acompanharem a realização do programa curricular e da tese, bem como elaborar um relatório sobre a Proposta da Tese de Doutoramento.

Os candidatos devem apresentar por escrito uma proposta de tese no prazo de 18 meses após a inscrição no Programa de Doutoramento. Esta proposta deve incluir o tema e uma descrição do trabalho realizado e planeado.

A proposta deve ser validada pela Comissão de acompanhamento do Doutoramento.

V- Resposta aos quesitos do Art.º 29 do Decreto-Lei 74/2006

A. Corpo docente próprio, qualificado

A sustentação científica do programa de doutoramento em EBM é realizada por docentes doutorados que fazem parte de 9 departamentos do IST, a que se associam docentes doutorados da Faculdade de Medicina. Esta associação, formalizada através de um Protocolo entre as duas escolas, é imprescindível dada a natureza de interface da formação, e o efeitos de potenciação de sinergias para o desenvolvimento da área científica.

Esta colaboração institucional, entre uma Escola de Engenharia e uma Escola de Medicina, formalizada por protocolo, é inovadora e singular no panorama nacional e internacional, contando já com a experiência do funcionamento dos cinco anos da Licenciatura (pre-Bologna) em EBM (1º e 2º ciclo de estudos superiores), onde 20% das unidades curriculares são da responsabilidade científico-pedagógica da Faculdade de Medicina. Em Anexo junta-se a informação por Departamento, dos 31 Professores doutorados do IST e da FML directamente envolvidos no Ensino e Investigação em EBM no IST.

Os departamentos do IST envolvidos são os Departamentos de Engenharia Civil e Arquitectura, Engenharia Electrotécnica e Computadores, Física, Engenharia Informática, Matemática, Engenharia Mecânica, Engenharia de Materiais, Engenharia Química e Biológica, Engenharia e Gestão, existindo já em todos eles uma tradição e experiência de programas de doutoramento nos ramos clássicos da engenharia, e aferição de funcionamento por normas de qualidade.

B. Existência de recursos necessários à realização de Investigação

Na execução de um programa de Doutorado em EBM são utilizados não só os recursos financeiros provenientes da propina, mas também os recursos financeiros e humanos de instituições públicas e privadas, como os Centros de Investigação e empresas, onde se inserem presumivelmente, na sequência da parte curricular do doutoramento ou do DEA, os trabalhos de dissertação.

C. Demonstração de experiência acumulada de investigação

No IST e na FML desenvolve-se actividade de inovação e investigação científica em várias vertentes da Engenharia Biomédica.

1 Biomateriais e Órgãos Artificiais	2 Biotecnologia Médica, genética aos níveis molecular e celular	3. Bomecânica e Tecnologias de Reabilitação	4. Imagem Biomédica e novas terapias biofísicas	5. Análise de sinais de diagnóstico e reconhecimento de padrões	6.Bionfomática	7. Modelação de Sistemas Biológicos	8 Gestão de Sistemas de Saúde
Investigação de Polímeros para aplicações dentais	Engenharia do Ácido Nucleico	Mecânica dos ossos e implantes ortopédicos	Imagiologia molecular e de amostras biológicas	Instrumentação, medidas e processamento de sinal	Métodos e Algoritmos para a análise de redes regulatórias de genes	Modelos Matemáticos para Hemodinâmi ca	Qualidade e Melhoria de Vida
Modificações laser em superfícies de biomateriais e materiais biológicos	Engenharia de Cultura de células	Biomecânica do Movimento Humano	Técnicas oftalmológicas ópticas e de laser	Reconhecimento de padrões, análise de sinais biomédicos e diagnóstico automático			
	Resposta da levedura a stress químico/drogas e novos transportadores de resistência	Biomecânica de estruturas e tecidos	Fontes de Hadrões para terapia oncológica				
	Identificação de determinantes da persistência e virulência		Microscopia de Prova de varrimento Scanning Probe Microscopy (SPM).				
	Produtos bacterianos e novos agentes anticancerígeno		Desenvolvi- mento de Tecnologia PET				

Quadro III - Projectos de Investigação em EBM no IST. Fonte: *Biomedical Engineering Research at IST*, publicação GIRE-IST, ed. Fernando Lopes da Silva e Teresa Peña, em preparação.

Nos nove Departamentos do IST indicados em A) estão em execução diferentes projectos, como se mostra no quadro III, onde se optou por uma organização temática da Investigação em lugar da tradicional organização orgânica departamental.

Estes projectos são financiados ou pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) ou por financiamento com enquadramento internacional, o que pressupõe

sempre uma avaliação por peritos internacionais. Esta actividade científica traduz-se em publicações internacionais com “referee”, em revistas com índices elevados de impacto. Notamos que o número de publicações se multiplicou por um factor de 6 entre 2000 e 2005, a que não será estranha a entrada em funcionamento da Licenciatura em Engenharia Biomédica em 2001. Parece pois estarmos perante um caso em que houve relevantes investimentos materiais e de equipamento, e em que o esforço no ensino e formação de novas gerações impulsionou a investigação.

A realidade acabada de descrever traduz a existência de recursos humanos e laboratoriais de qualidade, para assegurar uma formação de 3º ciclo e ainda mais desenvolvimento na área científica, através de projectos materializáveis em publicações científicas e teses de doutoramento, satisfazendo padrões internacionais de qualidade.

Resposta aos Quesitos do art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006

A . Identificação do ciclo de estudos

Pretende-se adequar o Ciclo de Estudos Conducente ao Grau de Doutor em Engenharia Biomédica, criado em 2006 (Diário da República- II série. nº 51, 13 de Março de 2006, Deliberação nº 315/2006), a que correspondem 240 créditos ECTS.

B . Estrutura Curricular e Plano de Estudos

O terceiro ciclo de estudos conducente ao Doutoramento em Engenharia Biomédica apresenta um plano de estudos constituído por

a) unidades curriculares, organizadas no sistema de créditos ECTS, orientadas para a formação geral em princípios e metodologias da Engenharia Biomédica, e para a investigação, sendo preparatórias e complementares da tese de doutoramento em EBM,

b) uma tese original, especialmente elaborada para esse fim, adequada à natureza da área de especialização pretendida.

O trabalho de dissertação do doutoramento pode iniciar-se em paralelo à frequência das unidades curriculares. À tese não podem corresponder menos de 180 créditos ECTS.

O elenco das unidades curriculares é constituído por unidades curriculares de dois grupos: as de formação geral (Tabela I do Anexo B), e o grupo das unidades curriculares de especialização, organizadas em especialidades da Engenharia Biomédica (Tabela II do Anexo B). Num plano de doutoramento, um mínimo de 30 créditos ECTS tem de corresponder a unidades curriculares de especialização.

C. Descrição dos objectivos

Objectivos da formação e Áreas Científicas

Os dois primeiros ciclos de formação em Engenharia Biomédica no IST foram planeados para assegurar uma formação abrangente e multidisciplinar nos vários sub-domínios da EBM, fornecendo alicerces formativos e informativos.

O terceiro ciclo de estudos em EBM pretende desenvolver formação avançada especializada nos sub-domínios de desenvolvimento e inovação que definem actualmente vários aspectos da Engenharia Biomédica.

Segundo a definição operacional do *National Institute of Health* nos Estados Unidos,

“A Engenharia Biomédica integra as ciências físicas, químicas, matemáticas e computacionais, e os princípios da engenharia para estudar biologia, medicina, comportamento e saúde. Estabelece conceitos fundamentais; cria conhecimento desde o nível molecular até ao nível dos órgãos; desenvolve materiais, processos, e implantes biológicos, métodos de instrumentação e informática inovadores para a prevenção, diagnóstico e tratamento da doença, reabilitação e melhoria da saúde.”

As áreas de especialização das disciplinas do Doutoramento em EBM correspondem exactamente a esta definição internacional, sendo:

- 1-Bioinstrumentação e Processamento de sinais
- 2-Biotecnologia e Bioinformática
- 3-Biomecânica e Biomateriais

4-Modelação e Biofísica

5-Gestão de Sistemas de Saúde

Bioinstrumentação e Processamento de Sinais, para as tecnologias de diagnóstico como por exemplo a imagiologia, bem como as novas terapias biofísicas e práticas sofisticadas de cirurgia e engenharia clínica;

Bioetecnologia e Bioinformática, ligadas à biologia molecular e celular, de onde poderá emergir a chamada ciência do “*enhancement*”, e também aos “*nanobiochips*” que revolucionarão as práticas de monitorização e prevenção médicas;

Biomecânica e Biomateriais, domínios directamente relacionados com a compreensão e a modelação mecânica do comportamento dos órgãos e estruturas do corpo humano e com as tecnologias de reabilitação e de implantação de órgãos artificiais;

Modelação e Biofísica, conduzindo à compreensão de sistemas fisiológicos, através da aquisição de dados de parâmetros fisiológicos e/ou a computação complexa.

Gestão de Sistemas de Saúde, exigindo cada vez mais a associação da realidade social e económica à tecnológica e científica.

O ciclo de estudos conducente ao grau de doutoramento em EBM tem como objectivo fornecer os instrumentos para desenvolver nos candidatos admitidos

- capacidades de compreensão de **princípios** e organização do domínio científico,
- competências nas **metodologias** específicas da EBM,
- capacidades na **concepção de projecto** e adaptação de conhecimentos a soluções inovadoras,
- capacidades de **execução e liderança** de projectos, dentro dos padrões académicos internacionais de qualidade e originalidade,
- capacidade de **sintetizar** novas ideias e **avaliar** criticamente argumentos.

Pretende-se que o grau de doutor dê capacidades para, consoante o percurso e especialização escolhidos,

- na indústria, criar projectos exigentes de um conhecimento profundo sobre os sistemas vivos e a tecnologia, e participar na promoção, concepção e teste de novos produtos,
- nos hospitais, customizar e desenvolver equipamento para cuidados de saúde e investigação,
- nas unidades de investigação, supervisionar laboratórios e equipamentos, e liderar actividades de colaboração com médicos, em temas ligados à fisiologia e à imagiologia.

D. Fundamentação do número de créditos por unidade curricular

Em todas as unidades curriculares, a componente de trabalhos autónomos (fora das aulas), a participação em seminários, a preparação e apresentação escrita e oral de textos originais ("essays"), de resenhas críticas ("critical reports") conferências feitas por convidados ("key-note speakers") e leitura de artigos ("papers") é a regra do modo de funcionamento. Assim, todas as disciplinas funcionarão na tipologia de projecto orientado, pois a melhor preparação para a investigação é fazê-la. A orientação nas aulas presenciais serve para a definição de normas e contacto com padrões de qualidade e "case studies".

Em geral, nas aulas de formação geral (Tabela I do anexo B), como a abordagem dos temas é feita numa perspectiva avançada, as matérias tratadas necessitarão de aprofundamento individual, desenvolvimento e prática a ser realizados de forma autónoma. Considera-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir pelo menos duas horas de trabalho extra aula, o que origina pelo menos 42 horas de trabalho por semestre de 14 semanas, por hora de aula. Esta situação, para 4 horas presenciais por semana, traduz-se em 6 ECTS, e um total de 168 horas de trabalho por semestre.

Quanto às aulas das unidades curriculares de especialização (Tabela II do Anexo B), sendo de natureza mais técnica do que as aulas das unidades curriculares da Tabela I do Anexo B, implicam maior exigência, e mais investigação autónoma, o que se traduz, para 4 horas presenciais por semana, em 7,5 ECTS, e um total de 210 horas de trabalho por semestre.

E . Fundamentação do número total de créditos e da duração do ciclo

Sendo a tese uma peça decisiva neste ciclo de estudos, o seu desenvolvimento para conduzir a trabalho original e de vanguarda, exige a concentração de trabalho, que em conjunto com a formação dada pela frequência das unidades curriculares, correspondente no total a 240 ECTS, em 8 semestres. A parte curricular deverá ser concluída em 2 semestres lectivos, podendo o trabalho de dissertação do doutoramento iniciar-se em paralelo.

Saliente-se que esta organização e duração do ciclo de estudos em causa se alicerça na experiência do IST noutras áreas da Engenharia e em experiências internacionais de referência.

F . Fundamentação da adequação da organização e metodologias de ensino

Para se cumprirem os objectivos descritos, inserir o trabalho de investigação em Unidades de Investigação e Desenvolvimento é fundamental, bem como a participação da FML na formação deste ciclo de estudos.

Adicionalmente, durante o funcionamento do programa de doutoramento serão privilegiadas parcerias estáveis com empresas, hospitais, e outras universidades, materializadas em visitas, seminários e contactos.

Nas unidades curriculares há sempre ênfase nas competências de criação autónoma do conhecimento, de aplicação do mesmo, de formulação de juízos, de comunicação, de autonomia e auto-aprendizagem. As competências de autonomia e produção crítica de juízos só são plenamente conseguidas pelo estudo autónomo através da pesquisa --- quer de informação e bibliografia, como também de estratégias de resolução de problemas complexos e na fronteira do conhecimento.

Note-se ainda que a flexibilidade nas escolhas das unidades curriculares assegurada pelo sistema de créditos, permite uma formação alargada a várias áreas e tipos de aplicação dos princípios da engenharia biomédica, o que potencia a capacidade crítica e de análise informada.

Por outro lado, a investigação focada para conduzir à tese fornece as competências e aptidões para a inovação e criação do conhecimento. Por

último, a capacidade de projectar e realizar segundo padrões de qualidade é adquirida ao longo da realização da tese, sendo também assimilada através de exemplos e “case-studies” apresentados nas unidades curriculares.

G . Análise Comparativa com ciclos com objectivos similares

A Engenharia Biomédica é essencialmente multi - e inter-disciplinar, o que leva a uma multiplicidade de variantes nos currículos de 1º ciclo, e ainda mais acentuadamente no que respeita aos programas de Mestrado e Doutoramento. Uma comparação com programas de Mestrado e Doutoramento similares em Universidades estrangeiras é pois dificultada pela variedade de programas nos vários países.

Começando pela forma de acesso ao Programa de Doutoramento, a mais vulgar corresponde à escolhida nesta proposta. Assim, nas regras de acesso a Cornell University (New York) pode ler-se: “Students with a B.S. or M.S. degree in engineering, mathematical sciences, the physical sciences and biological sciences from an accredited college or university will be eligible for admission to the Ph.D. program. Students who have a baccalaureate or master’s degree from a non-engineering discipline will be considered for admission to the program on a case by case basis (...) Students with non-engineering degrees will be required to complete pre-requisite courses or BME faculty to full admission into the Graduate program. “

Quanto aos Conteúdos Curriculares, os mais semelhantes aos apresentados aqui são os oferecidos na TU Eindhoven, sendo que a generalidade os programas existentes apresentam variantes curriculares com programas paralelos, tal como as variantes ou áreas de especialização incluídas nesta proposta, com possibilidades da constituição de programas combinados. Na configuração que propomos, tal é equivalente ao recurso a unidades curriculares de DEA’s

noutras áreas. Um exemplo desta prática é o caso do MIT de Cambridge, Massachussets: "... Biological Engineering offers a Ph.D. program with two tracks, one in Bioengineering and one in Applied Biosciences. Biomedical Engineering is also a track for the Computational and Systems Biology (CSB) Ph.D., a collaborative effort involving Biomedical Engineering, Biology, and Electrical Engineering & Computer Science.(...) these tracks complement one another as a reflection of the importance of approaching quantitative biological and biomedical problems from the two perspectives. Keep in mind that students in one track or the other may pursue research projects in any area by agreement with their research supervisor."

Quanto à organização, uma forma que pode ser considerada similar com a situação no programa do IST+FML é de novo o Programa Ph.D. de Cornell University: "The amount of required course work depends on each student's previous preparation and chosen concentration." No entanto, o caso típico corresponde a 6 unidades curriculares, duas de base geral ("Fundamentals of Biomedical Engineering Research") e quatro avançadas e especializadas, seleccionadas pelo estudante depois de consultada a respectiva comissão de doutoramento. Seguindo as regras desta proposta, esta situação corresponde também ao plano de estudos típico: 2 unidades curriculares de formação geral (12 ECTS) e 4 unidades curriculares de especialização (30 ECTS) num total de 42 ECTS do DEA.

Tal como no caso IST-FML, "Students are also encouraged to take a course in entrepreneurship and to gain experience in a clinical setting". Claramente,

também como o caso IST-FML, e noutros casos, em Cornell o doutoramento é centrado em “Research Project, Thesis, and Dissertation (...). Ultimately, the M.S. and Ph.D. programs are shaped by the research project and thesis or dissertation experience”.

H. Forma como os resultados de avaliação externa foram incorporados

Nunca tendo sido objecto de avaliação externa, deve no entanto mencionar-se que o Ensino e a Investigação em EBM são monitorizados com particular proximidade por uma Comissão de Acompanhamento, que inclui representantes dos nove Departamentos do IST envolvidos, e ainda da Faculdade Medicina de Lisboa.

Note-se ainda que as unidades de investigação em que se inserem os professores responsáveis pelas unidades curriculares têm sido avaliadas por painéis independentes e internacionais nomeados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, com resultados de Muito Bom ou Excelente. Acresce-se também que o financiamento dos projectos científicos em curso foi concedido após avaliação externa e independente.

ANEXO A

COMPOSIÇÃO DO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE DOUTORAMENTO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

Coordenação: Prof. Fernando Lopes da Silva

PROFESSORES DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura

- Prof. Eduardo Borges Pires
- Prof. João Correia Martins

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

- Prof^a Ana Fred
- Prof. Agostinho Rosa
- Prof. João Miguel Raposo Sanches
- Prof. João Sequeira
- Prof. Pedro Girão
- Prof. Raúl Daniel Carneiro Martins

Departamento de Engenharia e Gestão

- Prof^a Mónica Oliveira

Departamento de Física

- Prof. João Mendanha Dias
- Prof. João Varela
- Prof. Luís Melo
- Prof. Paula Bordalo
- Prof. Paulo Freitas
- Prof. Rui Dilão

- Prof^a Teresa Peña
- Prof. Sérgio Ramos

Departamento de Informática

- Prof. Arlindo Oliveira
- Prof. Renato Nunes
- Prof^a Teresa Freitas

Departamento de Matemática

- Prof^a Adélia Sequeira

Departamento de Materiais

- Prof. António Correia Diogo
- Prof^a Fátima Vaz

Departamento de Mecânica

- Prof. Helder Rodrigues
- Prof. Jorge Ambrósio
- Prof. Miguel Silva

Departamento de Engenharia Química e Biológica

- Prof^a Ângela Taipa
- Prof. Álvaro Tavares
- Prof. Arsénio Fialho
- Prof. Gabriel Monteiro
- Prof^a Isabel Sá Correia
- Prof. Joaquim Sampaio Cabral

PROFESSORES DA FACULDADE DE MEDICINA DE LISBOA

- Prof. Afonso Fernandes
- Prof. Alexandre Ribeiro
- Prof^a Ana Sebastião

- Prof. António Jacinto
- Prof. Fernandes e Fernandes
- Prof. Fernando Godinho
- Prof. Jacinto Monteiro
- Prof. João Abrantes
- Prof. João Eurico Fonseca
- Prof. Jorge Campos
- Prof. Luís Moita
- Prof. Mello Cristino
- Prof. Pereira Miguel
- Prof^a Leonor Parreira
- Prof^a Teresa Paiva

ANEXO B

Na tabela I listam-se as unidades curriculares de formação geral.

Tabela I

Módulo	1º Semestre	Créditos ECTS	2º Semestre	Créditos ECTS
Física e Química	Física da Radiação	6		
Engenharia	Mecânica Computacional e Modelação	6	Processamento Digital de Sinais	6
	Instrumentação e Aquisição de Sinais	6	Biomateriais I	6
	Biomecânica do Movimento	6	Biomecânica dos Tecidos	6
	Biomateriais II	6		
Medicina e Biologia	Engenharia Biomolecular e Celular	6	Técnicas de Imagiologia	6
	Biologia Computacional	6		
	Temas de Front. Entre Eng. e Medicina	6		

Na Tabela II listam-se as unidades curriculares de especialização do 3º ciclo da EBM. Sendo de formação mais específica e técnica são organizadas por áreas científicas.

TABELA II

Áreas de Especialização	1º Semestre	Créditos ECTS	2º Semestre	Créditos ECTS
Bioinstrumentação e Processamento de Sinais	MODELAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SINAIS BIOMÉDICOS	7,5	CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA E TIPOLOGIA DE PARÂMETROS BIOMÉDICOS	7,5
	INSTRUMENTAÇÃO BIOMÉDICA AVANÇADA	7,5		7,5
	ELECTROMECAÂNICA DOS MEIOS CONTÍNUOS	7,5		7,5
Bioinstrumentação e Processamento de Sinais Biotecnologia			MODELAÇÃO, SIMULAÇÃO E CONTROLO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS	7,5
Bioinstrumentação e Processamento de Sinais ; Biomecânica e Biomateriais			RECONSTRUÇÃO EM IMAGEM MÉDICA	7,5
Biotecnologia	TERAPIA GÉNICA	6	BIOENGENHARIA DE CÉLULAS ESTAMINAIS	6
			MICROBIOLOGIA MÉDICA	6
Biomecânica e Biomateriais	ANÁLISE E CONTROLO DE SISTEMAS BIOMECÂNICOS	7,5	BIOMECÂNICA DA CIRCULAÇÃO	7,5
	MODELAÇÃO E PROJECTO EM BIOMECÂNICA E BIOMATERIAIS	7,5		7,5
Gestão de Sistemas de Saúde		7,5	AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE TECNOLOGIA NA SAÚDE	7,5
			SISTEMAS E POLÍTICAS DE SAÚDE	7,5
Modelação e Biofísica	PROBLEMAS INVERSOS EM EDP'S E IMAGIOLOGIA MÉDICA	7,5		
Bioinformática	ALGORITMOS APLICADOS	7,5		