

AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROGRAMAS DE DOUTORADO EM  
ENGENHARIA BIOMÉDICA DO REINO UNIDO

B. WANG

RESUMO -- Os principais programas de doutorado em Engenharia Biomédica do Reino Unido foram visitados e avaliados com base na organização do programa, na qualidade do seu corpo docente e da sua infraestrutura física, na sua experiência em formação de doutores e na sua interação com serviços de saúde. Como resultado, as especialidades julgadas recomendáveis em cada programa foram listadas. Além disso, é feita uma discussão geral das características intrínsecas dos programas britânicos. Espera-se que esta avaliação contribua tanto para a orientação dos alunos interessados, como também para o julgamento, pelas agências de fomento, das solicitações de bolsas.

INTRODUÇÃO

Compreendendo a importância fundamental da Engenharia Biomédica na melhoria dos serviços de saúde e no progresso da tecnologia nacional, o governo brasileiro e o setor privado vem investindo de forma acentuada nesta área nos últimos 15-20 anos. A expansão é especialmente sentida na sub-área de Engenharia Hospitalar, com a criação e expansão das equipes de manutenção, e na sub-área de Engenharia Médica, com o crescimento da indústria de artigos e equipamentos odonto-médico-hospitalares e de laboratório (para uma caracterização detalhada das sub-áreas, vide Wang, 1983).

Entretanto, um sério obstáculo está dificultando a evolução da Engenharia Biomédica no Brasil. Trata-se da falta de recursos humanos em todos os níveis, desde técnicos de segundo grau até pesquisadores com doutorado ou pós-doutorado. A carência é especialmente preocupante nos níveis mais altos, já que estes são responsáveis pela liderança das equipes de pesquisa e desenvolvimento e, além disso, pela produção de novos recursos humanos. Atualmente há no Brasil apenas cerca de 20 indivíduos com doutorado, sendo que alguns já abandonaram esta área para atuarem em outras.

Para superar este obstáculo, as agências de fomento têm contribuído com a concessão de um significativo número de bolsas para doutoramento no Exterior, uma vez que ainda falta condições adequadas de se obter este tipo de treinamento no País, com algumas raras exceções. Nos últimos 5 anos, o número total de bolsas concedidas tem sido na faixa de 5-10 cada ano, e há disposição de se incrementar substancialmente este número, caso haja candidatos que tenham boa qualificação e bons programas de estudo.

Entretanto, a experiência do autor tanto no aconselhamento de candidatos como no julgamento das solicitações apresentadas às agências de fomento o fizeram concluir que ambos ressentem a falta de informações mais precisas e organizadas e de orientações para selecionar o programa que seja mais apropriado. Frequentemente um bom candidato é prejudicado por ter escolhido um programa, uma universidade ou até um país inadequado, por não oferecer a especiali

---

- Deptº de Engenharia Biomédica, DEB/FEE, e Centro de Engenharia Biomédica, CEB, UNICAMP, Campinas - SP - 13081

///Trabalho recebido em 30/06/87 e aceito em 12/07/87///

dade desejada ou por esta não ser de bom nível.

Aparentemente, muitas vezes a seleção dos cursos, por parte dos candidatos, é baseada sobretudo em critérios subjetivos, tais como:

- 1- recomendações de colegas/professores que, embora tenham estudado no Exterior, nem sempre se especializaram em Engenharia Biomédica;
- 2- prestígio genérico da instituição;
- 3- preferências pessoais (ou familiares) sobre o país (até a região) de destino; e
- 4- contatos eventuais com docentes da instituição.

Por outro lado, no julgamento das solicitações de bolsas os assessores das agências têm dificuldades para avaliar e comparar os programas oriundos de universidades e países distintos, com alta especialização em alguns campos muito específicos. Isto porque a Engenharia Biomédica é muito vasta e os assessores não têm condições de se manter atualizados em todas as especialidades e sobre as instituições que as oferecem.

Considerando o alto custo de cada bolsa para Exterior, as dificuldades criadas pela seleção inadequada de programa/instituição para o bolsista e as agências de fomento e, sobretudo, o futuro aproveitamento social dos conhecimentos a serem adquiridos pelos bolsistas, concluiu-se que seria essencial realizar um levantamento e uma análise crítica dos programas de doutorado em Engenharia Biomédica no Exterior. Este artigo analisa e discute os principais programas do Reino Unido, com base em dados e observações colhidas "in loco". Um esforço similar, porém realizado por correspondência, foi feito em relação aos programas norte-americanos e canadenses e os resultados serão disponíveis brevemente.

#### METODOLOGIA

Inicialmente uma pesquisa foi feita para se definir quais seriam os programas a serem visitados e analisados. Para tanto informações foram recolhidas junto a pessoas que concluíram doutorado nessa área no Reino Unido e junto a pesquisadores britânicos de renome; além disso, recomendações foram solicitadas ao Conselho Britânico. Desta pesquisa resultou uma relação preliminar de 15 instituições, que foram contatadas por correspondência, solicitando informações mais detalhadas e permissão para visitá-las.

Com base na análise das respostas recebidas das próprias universidades, revisou-se a relação preliminar, ficando a mesma reduzida para 13 programas. Deste total, 12 foram visitados em maio de 1986 e são analisados neste artigo.

Em cada uma das instituições fez-se, primeiro, uma entrevista com o coordenador do programa ou chefe de departamento. Em seguida, visitou-se a infraestrutura física e conversou-se com alguns alunos de doutorado e/ou pós-doutorado. Dentro das possibilidades, tentou-se recolher as seguintes informações de cada programa:

- 1- níveis de treinamento: graduação, mestrado, doutorado e/ou pós-doutorado;
- 2- especialidades da Engenharia Biomédica oferecidas;
- 3- corpo docente: quantidade total e qualificação de cada um, com a respecti-

va produção técnico-científica;

- 4- infra-estrutura: quantidade e qualidade dos laboratórios e oficinas de pesquisa, as bibliotecas existentes, as tecnologias dominadas, os apoios alcançáveis em outras unidades e/ou instituições vizinhas através de convênios, etc.;
- 5- interação com serviços de saúde: tipo e grau de relacionamento com clínicas e hospitais, sobretudo com relação ao acesso que os estudantes podem ter ao corpo clínico, aos equipamentos e aos pacientes;
- 6- organização do programa: processo de seleção de candidatos, qualificação mínima, disciplinas obrigatórias e/ou eletivas, exames de qualificação, prazos mínimos de residência, tempo médio de conclusão, quantidade de alunos já formados e os respectivos destinos, experiência com estudantes estrangeiros, etc.; e
- 7- estrutura administrativa: existência de um departamento específico ou programa interdepartamental, vinculação com outros departamentos/faculdades, convênios com outras instituições, etc.

### RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os principais laboratórios de cada programa visitado. Não foi possível anotar detalhadamente os equipamentos existentes em cada laboratório devido à curta duração da visita. Além disso, não foram incluídos unidades básicas de apoio, tais como oficina mecânica, almoxarifado, etc.

A tabela 2 resume os recursos humanos disponíveis em cada programa, com indicação da quantidade de pessoas portadoras do título de Doutorado e de docentes orientadores. Esta última categoria é importante destacar, pois apenas estes têm afiliação acadêmica formal com departamentos universitários e, portanto, podem ser orientadores oficiais de Doutorado. Os demais funcionários, mesmo com esta titulação, não podem assumir esta responsabilidade, embora possam (e normalmente o fazem) ajudar os alunos de Doutorado.

A tabela 3 apresenta, para cada programa, as quantidades de doutores já formados e de alunos de Doutorado existentes em abril de 1986. Deve-se salientar que vários números são aproximados e diversos programas nem puderam responder com precisão esta pergunta. Isto se explica pelo fato que estes programas não são dedicados exclusivamente à Engenharia Biomédica e, assim sendo, não puderam apresentar dados conforme solicitação.

### DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

#### Avaliação Individual dos Programas

Uma tentativa de avaliar e classificar os programas visitados foi feita com base nos dados quantitativos colhidos e apresentados nas tabelas 1, 2 e 3, bem como nas impressões qualitativas obtidas durante as visitas.

Reconhece-se que nesta avaliação há um forte componente subjetivo que pode ser explicado por diversos motivos. Primeiro, os dados quantitativos não são reflexão fiel da realidade, principalmente em termos da qualidade da pesquisa. Segundo, os dados quantitativos nem sempre retrata a situação atual ou o potencial futuro de cada programa, por serem dados relativos sobretudo ao passado. Finalmente, a precisão dos dados não pôde ser confirmada, embora não haja razões para se acreditar que houvesse erros acidentais ou mesmo intencio

nais.

Com esses esclarecimentos, passa-se a apresentar o resultado da avaliação sobre cada programa visitado. Optou-se por classificar as diversas especialidades oferecidas por cada departamento em três categorias: as altamente recomendáveis, as recomendáveis e as não recomendáveis.

A tabela 4 apresenta as duas primeiras categorias de cada programa, sendo que a terceira foi omitida para evitar desperdício de espaço. As instituições marcadas com \* são aquelas que possuem departamento específico de Engenharia Biomédica (ou nome equivalente).

Das universidades visitadas, a única que não apresenta nenhuma especialidade recomendável, tanto para mestrado como doutorado, é a Cambridge University. Embora tenha um dos melhores cursos de Engenharia Elétrica e de Engenharia Mecânica, além de outras disciplinas, há poucos pesquisadores dedicados à Engenharia Biomédica. Existem apenas alguns docentes e investigadores que orientam esporadicamente alguns projetos de iniciação científica nesta área.

Outro programa não recomendado para doutorado é o oferecido pelo St. Bartholomew's Hospital Medical College, situado em Londres. Apesar de ter um bom programa de mestrado em Engenharia Biomédica, possui pouca experiência em treinamentos de mais alto nível. Além disso, o corpo docente é pequeno e não aparenta ter qualificação para orientar boas teses de doutorado.

#### Comentários Gerais

De uma forma geral, constatou-se que os cursos de doutorado visitados apresentam um nível bastante elevado quando comparados com os de outros países que se tem informações. Por exemplo, comparados aos oferecidos pelas universidades norte-americanas e canadenses, os cursos britânicos são competitivos aos bons daqueles países, podendo ser inferiores em alguns casos; por outro lado, se comparados aos franceses e italianos, são normalmente superiores.

Uma diferença importante, contudo, deve ser salientada. Como a maioria dos cursos de doutorado europeus, os britânicos não oferecem nem exigem a participação dos alunos em disciplinas teóricas e/ou práticas, como é o caso da maioria dos programas norte-americanos. Dessa forma, fica mais difícil ao aluno adquirir de forma sistemática uma maior quantidade de informações, fazendo com que ele fique mais restrito ao projeto específico da sua tese. Além disso, impossibilita ao mesmo retornar ao Brasil com material didático que poderia ser aproveitado nos cursos nacionais.

Observou-se ainda que o curso de mestrado nem sempre é pré-requisito indispensável para o doutorado. Além disso, o mestrado normalmente não envolve a realização de uma tese, i.e., o título de Mestre é concedido após a aprovação do aluno numa série de disciplinas e a conclusão de um trabalho prático curto (de aproximadamente um semestre). Em suma, é possível de se obter o título de Ph.D. em apenas 3 anos após a conclusão da graduação, que é de 4 anos. Portanto, um jovem de apenas 24 anos pode se tornar um Doutor se seguir exatamente o currículo escolar.

Na prática, no entanto, se observa que nem todos os alunos são tão jovens, o que poderia prejudicar o curso por apresentarem pouca maturidade. Isto porque cerca da metade (ou até mais) dos alunos de doutorado são funcionários empregados pelo próprio departamento/hospital, ou trabalham em institui-

ções vizinhas. Além disso, existe um contingente considerável de alunos estrangeiros, que normalmente apresentam maior idade.

Em termos de organização administrativa, constatou-se que quase sempre existe um departamento universitário específico para a Engenharia Biomédica, principalmente onde há um programa de maior tradição. Aliás, normalmente este é denominado "Departamento de Física Médica e Bioengenharia", porque o envolvimento de físicos em problemas clínicos é mais antigo que a de engenheiros. Além disso, um grande número destes departamentos está associado às faculdades de Medicina e não às de Engenharia, como é comum nos EE.UU. ou mesmo no Brasil.

A associação desses departamentos às faculdades de Medicina talvez possa ser explicado pelo envolvimento dos mesmos com a administração/manutenção de equipamentos médico-hospitalares e com a aplicação clínica rotineira de diversos métodos de diagnóstico e terapêutica (e.g., ultra-sonografia para diagnóstico de doenças vasculares e hipertermia para tratamento de tumores malignos). Apesar de drenar muita atenção e mão-de-obra desses departamentos, os seus responsáveis explicaram que este envolvimento é benéfico para as pesquisas, já que permite maior entrosamento entre as equipes médicas e os engenheiros/físicos. Além disso, este envolvimento traz significativos benefícios políticos, por serem serviços essenciais ao bom funcionamento dos hospitais.

Outro aspecto importante relacionado com essa associação íntima com os serviços de saúde merece destaque. Embora os departamentos normalmente apresentem um número reduzido de docentes (muitas vezes inferior a 6-10), há uma quantidade considerável de pesquisadores com doutorado (ou, pelo menos, mestrado) contratados como funcionários do hospital. Portanto, na prática, o número real de pesquisadores acessíveis aos alunos é maior que o registrado formalmente como corpo docente.

Apesar do bom nível das pesquisas e do bom lastro clínico das mesmas, algumas dificuldades sérias estão afetando os cursos britânicos. A primeira e a mais evidente é a falta de recursos públicos, obrigando os pesquisadores a restringir os dispêndios e, conseqüentemente, a amplitude, a profundidade e a velocidade das suas investigações. Outra limitação imposta pela falta de recursos é a impossibilidade de se contratar pessoal de todos os tipos. Em função disso, notou-se uma série de equipamentos e pesquisas paralisadas por falta de assistentes de pesquisa e técnicos de apoio.

Por causa das dificuldades econômicas que afetam o Reino Unido e, principalmente, da proibição de novas contratações no setor público, houve redução significativa no número de alunos de doutorado provenientes da própria Grã-Bretanha. Além disso, a política de aumentar substancialmente as taxas escolares para os alunos estrangeiros fez reduzir ainda mais a mão-de-obra indispensável às pesquisas. Esta carência de alunos de pós-graduação está obrigando as instituições a adotar medidas pouco desejáveis: reduzir as exigências das admissões, prejudicando o nível dos trabalhos realizados, ou reduzir a quantidade de pesquisas do departamento. A maioria dos programas está tentando encontrar um compromisso entre estes dois extremos.

Uma peculiaridade dos cursos britânicos merece registro e discussão. Trata-se da ênfase generalizada em pesquisas que envolvem técnicas não-invasivas e quase inexistência de investigações experimentais em animais. Apesar das justificativas apresentadas (aliás, nem todas aceitáveis), precebeu-se que esta polarização se explica sobretudo pelo fato que existem legislações

muito rígidas e restritivas para experimentações "in vivo" e mesmo para dissecações, aparentemente devido às pressões das sociedades protetoras de animais. Somente indivíduos especificamente licenciados podem realizar este tipo de trabalho. Por outro lado, notou-se que procedimentos ainda não estabelecidos são frequentemente aplicados em pacientes, mesmo por engenheiros e físicos, sem tanta preocupação. Em síntese, os programas britânicos são pouco recomendáveis aos interessados em aprender e/ou trabalhar com pesquisas experimentais envolvendo animais, a não ser que se dispõem a realizá-las em departamentos biológicos e após a obtenção de licença específica.

#### AGRADECIMENTOS

O autor agradece as críticas e sugestões de Dr. Saide Jorge Calil e Dr. Gurdip Singh Deep, bem como o apoio financeiro do CNPq e do Conselho Britânico. A colaboração dos programas visitados foi obviamente indispensável.

#### BIBLIOGRAFIA

WANG, B. (1983), Engenharia Biomédica, in "Avaliações e Perspectivas - 1982", CNPq, Brasília, pp. 85-101.

Tabela 1 - Principais laboratórios existentes em cada programa.

INSTITUIÇÃO	PRINCIPAIS LABORATÓRIOS EXISTENTES
- King's College Univ. London	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ultra-som para fluxo sanguíneo</li> <li>- desenv. transdutores de ultra-som</li> <li>- marcha humana</li> <li>- polímeros</li> <li>- próteses de membro inferior</li> <li>- MRI (no Churchill Hospital)</li> </ul>
- Univ. of Manchester - Inst. Science & Technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ultra-som de alta resolução</li> <li>- sensores de fibra óptica</li> <li>- instrumentação eletrônica</li> <li>- processamento de imagens</li> <li>- biotecnologia</li> <li>- MRI e espectroscopia (no hospital da escola de Medicina)</li> </ul>
- Imperial College Univ. London	<ul style="list-style-type: none"> <li>- processamento de sinais</li> <li>- processamento de imagens</li> <li>- acesso a laboratórios e clínicas de hospitais conveniados</li> </ul>
- Univ. of Aberdeen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NMR: imagens e espectroscopia</li> <li>- hipertermia por RF</li> <li>- ultra-som</li> <li>- equipamentos clínicos da Royal Infirmary e Medical School: radioterapia, radiodiagnóstico e medicina nuclear</li> </ul>
- Univ. of Strathclyde	<ul style="list-style-type: none"> <li>- marcha humana</li> <li>- cultura de tecidos</li> <li>- biocompatibilidade de polímeros</li> <li>- eletrônica para estimulação funcional</li> <li>- laser cirúrgico</li> <li>- CAD para prótese do membro inferior</li> <li>- caracterização e análise de implantes</li> </ul>
- Univ. of Sheffield	<ul style="list-style-type: none"> <li>- próteses valvulares</li> <li>- tomografia por impedância elétrica</li> <li>- instrumentação eletrônica</li> <li>- marcha humana</li> <li>- hipertermia</li> <li>- equipamentos clínicos no hospital: ultra-som, medicina nuclear, radiodiagnóstico e radioterapia</li> </ul>

**Tabela 1** - Principais laboratórios existentes em cada programa. (cont.)

<p>- Bristol General Hospital</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ultra-som para fluxo sanguíneo</li> <li>- desenvolvimento de transdutores ultra-sônicos</li> <li>- equipamentos clínicos no hospital: ultra-som, radiodiagnóstico, radioterapia e medicina nuclear</li> </ul>
<p>- Univ. of Wales (Cardiff)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ultra-som para fluxo sanguíneo</li> <li>- fantasmas para ultra-som</li> <li>- próteses</li> <li>- microcomputadores para deficientes físicos</li> <li>- equipamentos clínicos no hospital: ultra-som, radiodiagnóstico, radioterapia e medicina nuclear</li> </ul>
<p>- University College Univ. London</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sensores para gases sanguíneos</li> <li>- processamento de imagens tri-dimensionais</li> <li>- NMR: imagens e espectroscopia</li> <li>- imagens por luz infra-vermelha</li> <li>- hipertermia por laser</li> <li>- instrumentação eletrônica</li> <li>- ultra-som</li> <li>- vários equipamentos clínicos no University Hospital</li> </ul>
<p>- University of Oxford</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sensores para gases sanguíneos</li> <li>- instrumentação eletrônica</li> <li>- ultra-som para fluxo sanguíneo</li> <li>- incubadores para recém-nascidos</li> <li>- laser para medidas de <math>O_2</math></li> <li>- pletismografia por impedância elétrica</li> </ul>

Tabela 2 - Recursos humanos existentes em cada programa.

INSTITUIÇÃO	Nº TOTAL DE FUNCIONÁRIOS	Nº DE FUNCIONÁRIOS COM DOUTORADO	Nº DE DOCENTES ORIENTADORES
- King's College Univ. London	38	10	3
- Univ. of Manchester Inst. Science & Technology	85	15(8)*	8(4)
- Imperial College Univ. London	23	10	4
- Univ. of Aberdeen	76	22	8
- Univ. of Strathclyde	114	26	6
- Univ. of Sheffield	29	12	4
- Bristol General Hospital	35	17	4
- Univ. of Wales (Cardiff)	50	6	3
- University College Univ. London	120	27	10
- Univ. of Oxford	23	6	2

\* Os números em parênteses indicam quantidade de pessoas efetivamente envolvidas com instrumentação biomédica.

Tabela 3 - Dados relativos à formação de doutores de cada programa.

INSTITUIÇÃO	Nº DOUTORES JÁ FORMADOS	Nº ALUNOS EM DOUTORADO (abril 86)
- King's College Univ. London	~12	6
- Univ. of Manchester Inst. Sci. & Technol*	?	75(25)
- Imperial College Univ. London*	?	15
- Univ. of Aberdeen	~85	10
- Univ. of Strathclyde	~80	30
- Univ. of Sheffield	2	3
- Bristol General Hospital	5	3
- Univ. of Wales (Cardiff)	2	4
- University College Univ. London*	?	8
- Univ. of Oxford	1	8

\* Não possuem dados precisos sobre o número de doutores especializados em Engenharia Biomédica. O número em parênteses indica a quantidade de teses de doutorado em andamento com aplicações biomédicas.

Tabela 4 - Especialidades recomendadas de cada programa.

INSTITUIÇÃO	ESPECIALIDADES	
	ALTAM. RECOMENDADAS	RECOMENDADAS
- King's College Univ. London*	- ultra-som para medidas de fluxo sanguíneo - teoria e aplicações médicas de ultra-som	- marcha humana - polímeros - próteses de membro inferior - imagens por NMR
- Univ. of Manchester - Inst. Science & Technology	- ultra-som de alta resolução - sensores de fibra óptica - instrumentação eletrônica biomédica	- processamento de imagens - imagens e espectroscopia NMR
- Imperial College Univ. London	- processamento de sinais e imagens	- modelagem de sistemas fisiológicos
- Univ. of Aberdeen*	- imagens e espectroscopia por NMR - processamento de sinais e de imagens - física médica	- hipertermia por RF e ultra-som - localização por radionuclídeos
- Univ. of Strathclyde*	- Eng. de reabilitação - biomateriais - biomecânica - próteses e estimulação funcional	- propr. mecânicas do tecido - laser cirúrgico
- Univ. of Sheffield*	- próteses valvulares - tomografia por impedância elétrica - física médica	- marcha humana - instrumentação eletrônica - hipertermia
- Bristol General Hospital*	- ultra-som para medidas de fluxo sanguíneo - física médica	- transdutores ultrassônicos
- Univ. of Wales* (Cardiff)	- ultra-som para medidas de fluxo sanguíneo - fantasmas para ultra-som	- Eng. de reabilitação

Tabela 4 - Especialidades recomendadas de cada programa (cont.)

<p>- University College Univ. London*</p>	<p>- sensores para gases sangüíneos e transcutâneos          - proc. de imagens tri-dimensionais          - imagens e espectroscopia por NMR em recém-nascidos e prematuros</p>	<p>- imagens por luz infra-vermelho          - hipertermia          - farmacodinâmica com radionuclídeos</p>
<p>- Univ. of Oxford*</p>	<p>- sensores para gases sangüíneos e transcutâneos          - diagnósticos e terapêuticas para recém-nascidos</p>	<p>- pletismografia e imagens por impedância elétrica          - instrumentação eletrônica</p>

EVALUATION OF THE MAIN DOCTORAL PROGRAMS IN BIOMEDICAL  
ENGINEERING IN THE UNITED KINGDOM

ABSTRACT -- The main doctoral programs in Biomedical Engineering offered in the United Kingdom have been visited and evaluated. The evaluation was based on the programs' organization, the quality of its staff and of its infrastructure, its experience in doctoral training, and its interaction with health services. Thus the research areas judged to be recommended for prospective Brazilian students are listed for each program. Furthermore, a general discussion of the features of British doctoral programs in Biomedical Engineering is made. It is hoped that this evaluation will help both prospective students and scholarship granting institutions.