

## **O que é Engenharia Biomédica?**

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos têm estado presentes em todos os aspectos do cotidiano. No caso dos hospitais e centros de saúde, particularmente depois da Segunda Guerra Mundial, podem ser citados alguns exemplos da aplicação de novas tecnologias nas áreas de:

-**Terapia e Diagnóstico:** monitoração de sinais vitais e diagnóstico do estado dos pacientes nas Unidades de Terapia Intensiva com os aparelhos de eletrocardiografia (ECG) e eletroencefalografia (EEG).

-**Medicina Nuclear:** criação e uso de radiofármacos para permitir uma compreensão da fisiologia do paciente, e instrumentação para detectar e monitorar a atividade desses elementos radioativos no organismo.

-**Imagens Médicas:** utilização de aparelhos de raios-x, ultra-som, tomografia computadorizada, e ressonância magnética para mostrar detalhes anatômicos dos pacientes.

-**Suporte à Vida:** surgimento e aperfeiçoamento de aparelhos que substituem temporariamente funções do organismo (respiradores, marcapasso, máquinas de hemodiálise e de circulação sanguínea extra-corpórea).

-**Informática médica:** uso de redes de computadores para armazenar e fazer o tratamento estatístico dos registros médicos e monitorar o estado dos pacientes em Unidades de Terapia Intensiva.

Assim, além dos profissionais das áreas de biológicas, percebe-se a crescente importância do papel dos profissionais das áreas de engenharia, física e das ciências exatas em geral para o fornecimento dos modernos serviços de saúde. Disto surgiram três grandes áreas onde estes profissionais podem atuar em conjunto com os profissionais tradicionais da área de saúde aumentando a visão multidisciplinar das ciências médicas em geral:

-Engenharia Biomédica;

-Física Médica;

-Informática Médica.

Cada uma destas áreas será abordada superficialmente a seguir.

### **1. Engenharia Biomédica:**

#### **1.1. Introdução**

No século 20, a inovação tecnológica vem progredindo a um passo tão acelerado que penetrou em quase todas as facetas de nossas vidas. Isto se aplica especialmente aos campos da medicina e de serviços de saúde. Hoje, na maioria dos países desenvolvidos, o hospital moderno emergiu como o centro de um sistema de saúde tecnologicamente sofisticado mantido por um pessoal igualmente capacitado.

Com uma seqüência de inovações tecnológicas quase ininterrupta que direciona os serviços médicos, os profissionais de engenharia se envolveram intimamente em muitas pesquisas médicas. Como resultado, a disciplina de engenharia biomédica emergiu como um meio de integração para duas profissões dinâmicas: medicina e engenharia. No processo, engenheiros biomédicos participaram ativamente no projeto, desenvolvimento, e utilização de materiais, dispositivos (como litotripsia ultrasônica, marca-passo, etc.), e técnicas (como processamento de sinal e imagens, inteligência artificial, etc.) para pesquisa clínica, assim como o diagnóstico e tratamento de pacientes. Assim muitos engenheiros biomédicos atuam agora como membros de equipes de fornecimento de serviços de saúde buscando novas soluções para os problemas de saúde que defrontam nossa sociedade. O objetivo desta aula é prover um fio central de conhecimento dos campos abrangidos pela disciplina de engenharia biomédica. Para isso, serão abordadas a evolução do sistema de saúde moderno e a identificação das diversas atividades que os engenheiros biomédicos executam para ajudar no diagnóstico e tratamento de pacientes.

#### **1.2. Evolução do Sistema de Saúde Moderno**

Antes de 1900, a medicina tinha pouco a oferecer para o cidadão comum, pois os seus recursos consistiam principalmente do médico e da sua pequena bagagem educacional e material. Em geral, os médicos pareciam ser mal-providos, mas a escassez tinha causas bem diferentes da atual crise de disponibilidade de profissionais de saúde. Embora os custos de obtenção do treinamento médico eram relativamente baixos, a demanda para os serviços dos doutores também era muito pequena, pois muitos dos serviços também providos pelo médico, poderiam ser obtidos de curandeiros da comunidade. A casa era tipicamente o local para tratamento e recuperação, e os parentes e vizinhos constituíam um corpo de enfermagem capaz e disposto. Bebês eram entregues por parteiras, e as enfermidades que não eram curadas através de remédios caseiros, eram deixadas para correr o seu, freqüentemente fatal, curso natural. O contraste com as práticas de saúde contemporâneas, nas quais médicos especializados e enfermeiras se localizam dentro de um hospital, onde fornecem serviços críticos de diagnóstico e de tratamento, é dramático.

As mudanças dentro da ciência médica se originaram nos desenvolvimentos rápidos que ocorreram nas ciências aplicadas (química, física, engenharia, microbiologia, fisiologia, farmacologia, etc.) na virada do século. Este processo de desenvolvimento foi caracterizado por intensa fecundidade inter-disciplinar que proporcionou um ambiente no qual a pesquisa médica foi capaz de dar imensos saltos no desenvolvimento de técnicas para o diagnóstico e tratamento de doenças. Por exemplo, em 1903, Willem Einthoven, um fisiologista holandês, inventou o primeiro eletrocardiógrafo para medir a atividade elétrica do coração. Ao aplicar descobertas das ciências físicas para analisar um processo biológico, ele iniciou uma nova era tanto na medicina cardiovascular e nas técnicas de medidas elétricas.

Novas descobertas nas ciências médicas se seguiram umas às outras como intermediárias em uma reação de cadeia. Entretanto, a inovação mais significativa para a medicina clínica foi o desenvolvimento dos raios-X. Este “novo tipo de raios” como o descobridor deles W. K. Röntgen os descreveu em 1895, abriu o “interior do homem” para a inspeção médica. Inicialmente, foram usadas radiografias para diagnosticar fraturas e deslocamentos dos ossos, e no processo, máquinas de radiografia ficaram comuns na maioria dos hospitais urbanos. Departamentos de radiologia foram estabelecidos, e a influência deles se espalhou pelos outros departamentos do hospital. Pelos anos trinta, a visualização de radiografias de praticamente todos os sistemas de órgãos do corpo humano tinham se tornado possíveis graças ao uso de sais de Bário e uma ampla quantidade de materiais radiopacos.

A tecnologia da radiografia deu aos médicos uma ferramenta poderosa que, pela primeira vez, permitiu diagnósticos precisos de uma grande variedade de doenças e problemas de saúde. Além disso, visto que as máquinas de radiografia também eram inviáveis e caras para os médicos e clínicas locais, elas tiveram que ser colocadas em centros de saúde ou hospitais. Uma vez lá, a tecnologia de radiografia ativou a transformação do hospital de ser essencialmente um receptáculo passivo para o doente a uma instituição de cura ativa para todos os membros da sociedade.

Por razões econômicas, a centralização dos serviços de saúde tornou-se essencial devido a inúmeras outras inovações tecnológicas importantes que foram aparecendo no cenário médico. Porém, os hospitais continuaram sendo instituições para temer, e isto se verificou até o surgimento da sulfanilamida nos anos 30 e da introdução da penicilina no começo da década de 40, quando o maior perigo da hospitalização, ou seja, a infecção-cruzada entre pacientes, estava significativamente reduzido. Com estas novas drogas em seus arsenais, foi permitido aos cirurgiões executar as operações sem a morbidez e mortalidade proibitivas devido a infecção. Além do mais, apesar da descoberta dos grupos sanguíneos e da incompatibilidade entre grupos ter sido em 1900 e do citrato de sódio ser usado em 1913 para prevenir coagulação, o pleno desenvolvimento dos bancos de sangue não foi possível até os anos trinta, quando a tecnologia permitiu uma refrigeração adequada. Até aquele tempo, doadores “frescos” eram sangrados e o sangue transfundido enquanto ainda estava morno.

Uma vez que estes avanços cirúrgicos foram estabelecidos, o emprego de peças de tecnologia médica especificamente projetadas ajudou no desenvolvimento de procedimentos cirúrgicos complexos. Por exemplo, o respirador de Drinker foi introduzido em 1927 e a primeira ligação de contorno de coração-pulmão em 1939. Pelos anos quarenta, procedimentos médicos que dependiam fortemente da tecnologia médica, como a cateterização cardíaca e a angiografia (uso de uma cânula enfiada por uma veia do braço até o coração com uma injeção de tinta de líquido radiopaco para a visualização de veias e válvulas do pulmão e do coração) foram desenvolvidos. Como resultado, o diagnóstico preciso de doenças congênitas e adquiridas do coração, principalmente desordens da válvula devido à febre reumática, foi possível, e uma nova era de cirurgia cardíaca e vascular foi estabelecida.

Após a Segunda Guerra Mundial, os avanços tecnológicos foram estimulados através de esforços para desenvolver sistemas superiores de armamentos e estabelecer habitats no espaço e no fundo do oceano. Como um subproduto desses esforços, o desenvolvimento de dispositivos médicos foi acelerado e a medicina se beneficiou grandemente desta rápida onda de inovações tecnológicas. Considere os seguintes exemplos:

1. Os avanços na eletrônica do estado-sólido tornaram possíveis o mapeamento do comportamento sutil da unidade fundamental do sistema nervoso central, o neurônio, e o monitoramento de vários parâmetros fisiológicos, como o eletrocardiograma, de pacientes em unidades de terapia intensivas.

2. Novos dispositivos protéticos se tornaram uma meta de engenheiros envolvidos no desenvolvimento de ferramentas para melhorar a qualidade de vida dos inválidos.

3. A Medicina Nuclear, um subproduto da era atômica, resultou em um avanço poderoso e efetivo na descoberta e tratamento de anormalidades fisiológicas específicas.

4. O Ultra-Som para diagnóstico, baseado na tecnologia do sonar, se tornou tão aceito que estudos ultrasônicos são agora parte do trabalho rotineiro de diagnóstico em muitas especialidades médicas.

5.As cirurgias de partes sobressalentes também ficaram comuns. Tecnólogos foram encorajados a desenvolver dispositivos de assistência cardíaca, como válvulas de coração e vasos de sangue artificiais, e o programa do coração artificial foi lançado para desenvolver uma substituição para um coração humano defeituoso ou doente.

6.Avanços nos materiais possibilitaram o desenvolvimento de dispositivos médicos descartáveis, como agulhas e termômetros, e de sistemas de injeção de drogas implantáveis.

7.Computadores similares a aqueles desenvolvidos para controlar os planos de vôo da cápsula Apollo foram utilizados para armazenar, processar, e verificar os registros médicos, para monitorar o estado de pacientes em unidades de cuidados intensivos, e para prover sofisticados diagnósticos estatísticos de doenças potencialmente correlacionadas com grupos específicos de sintomas dos pacientes.

8.Desenvolvimento do primeiro instrumento médico baseado em computador, o rastreador de tomografia axial computadorizada, revolucionou as perspectivas clínicas para os procedimentos de diagnóstico por imagens, que incluem agora ressonância magnética e tomografia de emissão de pósitrons.

O impacto destas e outras descobertas foi profundo. O sistema de saúde constituído inicialmente pelo médico à "cavalo e carroça" foi embora para sempre, substituído por um pessoal clínico tecnologicamente sofisticado que opera principalmente em "hospitais modernos" projetados para acomodar a nova tecnologia médica. Este processo evolutivo continua, com avanços em biotecnologia e engenharia de tecidos alterando em muito a natureza do próprio sistema de saúde.

### **1.3. O Campo da Engenharia Biomédica**

Hoje, muitos dos problemas que desafiam os profissionais de saúde são de extremo interesse aos engenheiros porque eles envolvem o projeto e aplicação prática de dispositivos médicos e sistemas, processos estes que são fundamentais para a prática da engenharia. Estes problemas médicos relacionados com o projeto podem ir desde construções bastante complexas em larga-escala, como o projeto e implementação de laboratórios clínicos automatizados, infra-estrutura de testes multifásicos (isto é, centros que permitam a realização de muitos testes clínicos), e sistemas de informação hospitalar, para a criação de dispositivos relativamente pequenos e "simples", tais como, eletrodos de gravação e biosensores, que podem ser utilizados para monitorar a atividade de processos fisiológicos específicos em uma pesquisa ou intervenção clínica. Eles englobam as muitas complexidades de monitoramento remoto e telemetria, incluindo as exigências dos veículos de emergência, salas de operação, e unidades de cuidados intensivos. O sistema de saúde, entretanto, abrange muitos problemas que representam desafios para certos membros da profissão de engenharia chamados de engenheiros biomédicos.

### **1.4. Engenharia Biomédica: Uma Definição**

Embora o que seja incluído no campo de engenharia biomédica é considerado por muitos totalmente claro, existem algumas discordâncias sobre sua definição. Neste curso, utilizaremos o significado mais abrangente de engenharia biomédica. Assim, os Engenheiros biomédicos aplicam princípios elétricos, mecânicos, de substância químicas, ópticos, e outros princípios de engenharia para entender, modificar, ou controlar sistemas biológicos (isto é, humanos e animais), como também projeta e fabrica produtos que podem monitorar funções fisiológicas e auxiliar no diagnóstico e tratamento de pacientes. Quando os engenheiros biomédicos trabalham dentro de um hospital ou clínica, eles são chamados, mais apropriadamente, de engenheiros clínicos.

### **1.5. Atividades dos Engenheiros Biomédicos**

O campo de abrangência das atividades dos engenheiros biomédicos tem crescido significativamente desde os anos 50 e 60, onde só havia o desenvolvimento de dispositivos médicos, para incluir um maior conjunto de atividades. Como ilustrado a seguir:

- Aplicação da análise de sistemas de engenharia (modelamento fisiológico, simulação e controle) a problemas biológicos
- Detecção, medição e monitoramento de sinais fisiológicos (isto é, biosensores e instrumentação biomédica)
- Diagnóstico através da interpretação de dados bioelétricos via técnicas de processamento de sinais.
- Procedimentos e dispositivos terapêuticos e de reabilitação (engenharia de reabilitação)
- Dispositivos para substituição ou aumento de funções do organismo (órgãos artificiais)

- Análise computacional de dados relacionados aos pacientes e tomada de decisões clínicas(por exemplo, informática médica e inteligência artificial)
- Imagens médicas, ou seja, a exibição gráfica de detalhes anatômicos ou funções fisiológicas
- Criação de novos produtos biológicos (por exemplo, biotecnologia e engenharia de tecidos)

As atribuições típicas de engenheiros biomédicos também incluem:

- Pesquisas em novos materiais para órgãos artificiais implantados
- Desenvolvimento de novos instrumentos de diagnóstico para análises de sangue
- Modelamento computacional da função do coração humano
- Desenvolvimento de softwares para análise de dados de pesquisas médicas
- Análise de Problemas com dispositivos médicos para fins de segurança e eficácia
- Desenvolvimento de novos sistemas de diagnóstico por imagens
- Projeto de sistemas de telemetria para monitoração de pacientes
- Projeto de sensores biomédicos para medição de variáveis de sistemas fisiológicos
- Desenvolvimento de sistemas especialistas para diagnóstico de doenças
- Projeto de sistemas de controle de malha-fechada para administração de medicamentos
- Modelamento dos sistemas fisiológicos do corpo humano
- Projeto de instrumentação para medicina desportiva
- Desenvolvimento de novos materiais dentais
- Projeto de dispositivos de auxílio à comunicação para deficientes
- Estudo da dinâmica de fluídos pulmonares
- Estudo da biomecânica do corpo humano
- Desenvolvimento de materiais para serem utilizados como substituição para a pele humana

Então, a engenharia biomédica é um campo interdisciplinar que abrange desde abordagens teóricas e não-experimentais até aplicações do estado-da-arte. Pode englobar pesquisa, desenvolvimento, implementação e operação. Assim como a prática médica por si mesma, é improvável que uma única pessoa possa adquirir conhecimentos que englobem o campo inteiro. Ainda, por causa da natureza interdisciplinar desta atividade, existe uma considerável interação e sobreposição de interesses e esforço entre eles. Por exemplo, engenheiros biomédicos ocupados no desenvolvimento de biosensores podem interagir com aqueles interessados em dispositivos protéticos. Aqueles que se ocuparam na automação de laboratórios de análises clínicas podem colaborar com os grupos de sistemas especialistas, baseados em dados específicos de laboratório. As possibilidades são infinitas.

Talvez, o maior benefício em potencial que decorre do uso da engenharia biomédica é a identificação dos problemas e necessidades do nosso atual sistema de saúde que pode ser resolvido utilizando a tecnologia de engenharia existente e metodologia de sistemas. Por conseguinte, o campo de engenharia biomédica oferece esperança na batalha contínua para prover serviços de saúde de alta qualidade a um custo razoável; e se corretamente direcionada para resolver problemas relacionados a aproximações médicas preventivas, serviços de cuidados ambulatoriais, e similares, os engenheiros biomédicos podem fornecer as ferramentas e as técnicas para fazer nosso sistema de saúde mais efetivo e eficiente.

## **1.6. Sub-divisões da Engenharia Biomédica**

No Brasil, tradicionalmente costuma-se dividir a engenharia biomédica em:

- Engenharia Clínica;
- Engenharia de Reabilitação;
- Bioengenharia;
- Instrumentação Médica.

### **1.6.1.Engenharia Clínica**

DURANTE OS ÚLTIMOS 100 ANOS, a dependência do sistema de saúde em tecnologia médica para a realização de serviços tem crescido continuamente. Até certo ponto, todos os profissionais da saúde dependem da tecnologia, seja isto na área de medicina preventiva, diagnóstico, cuidados terapêuticos, reabilitação, administração, ou treinamento e educação relacionados à saúde. A tecnologia médica habilita os médicos a intervir por interação integrada com os seus pacientes de uma maneira custo-efetiva, eficiente e segura. Como resultado, o campo de engenharia clínica emergiu como a disciplina de engenharia biomédica que cumpre a necessidade de administrar o desenvolvimento da tecnologia médica e integrar isto adequadamente com as práticas clínicas desejadas.

O sistema de saúde apresenta um ambiente bastante complexo onde instalações, equipamentos, materiais e uma grande variedade de intervenções humanas estão envolvidos. É neste ambiente clínico que vários pacientes de

várias idades e condições, pessoal treinado e a grande variedade de tecnologias médicas convergem. Esta complexa mistura de interações pode levar a riscos inaceitáveis quando os programas para monitoração, controle, melhoria e educação de todas estas entidades envolvidas não são integrados adequadamente por profissionais qualificados.

O crescente aumento do parque de equipamentos eletro-eletrônicos em um hospital, alguns com princípios de funcionamento bastante complexos, e o aparecimento de novas tecnologias tornaram indispensável a presença de um profissional especializado para assessorar, do ponto de vista técnico, o corpo clínico no gerenciamento de todas estas novas tecnologias associadas aos serviços de saúde. Este profissional é o Engenheiro Clínico, que aplica tecnologias e métodos de engenharia para tentar solucionar os problemas relacionados com os serviços oferecidos por uma unidade de saúde.

Segundo o Colégio Americano de Engenheiros Clínicos (*American College of Clinical Engineers - ACCE*), que é um órgão norte-americano de certificação de engenheiros clínicos, o engenheiro clínico é aquele que dá apoio e possibilita progressos nos cuidados com os pacientes através da aplicação de engenharia e habilidades gerenciais nas tecnologias aplicadas à saúde.

A engenharia clínica possibilita a redução de custos e aumenta a eficácia dos procedimentos relacionados com a tecnologia na saúde. As maiores reduções de custos ocorrem nas áreas de manutenção e aquisição de capital, mas economias adicionais são possíveis através do treinamento dos usuários ou pessoal de manutenção, gerenciamento de riscos, investigação de acidentes, e construção ou reforma do espaço físico. Para isso o engenheiro clínico precisará coletar dados pertinentes e confiáveis que identifiquem as áreas que apresentam potencial para redução de custos.

Assim, a atribuição básica do engenheiro clínico será:

“Fornecer apoio científico, técnico e gerencial para a administração, departamentos clínicos e corpo médico do hospital, de maneira a garantir a melhor qualidade possível dos serviços prestados pelo hospital com relação às tecnologias médicas.”

Especificando melhor a atribuição básica citada anteriormente, pode-se citar as seguintes atribuições do Engenheiro Clínico:

**Apoio Científico:**

- realizar pesquisas para desenvolvimento de instrumentação biomédica;
- sugerir adaptações e melhoramentos em equipamentos médicos;
- avaliação de tecnologias médicas.

**Apoio Técnico:**

- acompanhar a vida útil dos equipamentos médicos (instalação, operação, manutenção corretiva, manutenção preventiva e desativação) para garantir o melhor nível possível de segurança dos seus usuários e pacientes;
- acompanhar e auxiliar os setores clínicos nos processos de licitação de equipamentos médicos, fornecendo especificações técnicas dos equipamentos desejados;
- fornecer treinamento, interno e externo, aos usuários e aos técnicos de manutenção dos equipamentos médicos.

**Apoio Gerencial:**

- auxiliar na gerência de contratos de manutenção externa de equipamentos médicos;
- participação na normatização de procedimentos administrativos de solicitação de reparos, manutenções de rotina, emergências e manutenções preventivas de equipamentos médicos;
- otimização de custos durante a vida útil dos equipamentos médicos (instalação, operação, manutenção corretiva, manutenção preventiva e desativação).

No Brasil, são oferecidos cursos de especialização (duração de 1 ano) e de pós-graduação (Mestrado e Doutorado) em engenharia clínica em algumas instituições:

- DEB/FEEC/UNICAMP (Campinas – SP);
- COPPE/UFRJ (Rio de Janeiro – RJ);
- CEFET (Curitiba – PR).

### **1.6.2. Engenharia de Reabilitação**

AVANÇOS DA ÁREA DE ENGENHARIA RESULTARAM EM enormes passos no campo da reabilitação. A indivíduos cegos ou com visão reduzida pôde ser dada a "visão"; aqueles com perda auditiva severa ou completa puderam "ouvir" sendo providos com um sentido dos seus ambientes; os impossibilitados de falar puderam ser ajudados a "falar" novamente; e aqueles sem controle completo de um membro (ou sem o membro) puderam por meios artificiais "caminhar" ou recuperar outras funções de movimento. O nível atual disponível de restauração funcional para ver, ouvir, falar, e mover-se, porém, ainda é pálido em comparação com as capacidades dos indivíduos sem inaptidão. Os sistemas sensoriais e motores (de movimento) são maravilhosamente criados, ambos dentro de um determinado sistema e integrados por sistemas. O engenheiro de reabilitação assim enfrenta uma tarefa assustadora ao tentar projetar sistemas aumentativos ou de substituição quando um ou mais destes sistemas estão prejudicados.

A engenharia de reabilitação teve suas origens na necessidade de prover assistência para indivíduos que foram feridos na Segunda Guerra Mundial. A engenharia de reabilitação pode ser definida como a aplicação da ciência e tecnologia para minimizar os impedimentos de indivíduos com inaptidões. Com esta definição, qualquer dispositivo, técnica, ou conceito utilizado na reabilitação que tem uma base tecnológica entra dentro do escopo de engenharia de reabilitação.

Existe um conjunto de conhecimentos que define cada uma das escolas tradicionais de engenharia. A engenharia biomédica é a menos precisamente definida, mas em geral, um engenheiro biomédico deve ser proficiente em uma das escolas tradicionais de engenharia e ter um conhecimento de funcionamento de assuntos biológicos ou médicos. O engenheiro de reabilitação é um engenheiro biomédico que não só deve ser tecnicamente proficiente como um engenheiro e saber biologia e medicina mas também tem que integrar considerações artísticas, sociais, financeiras, psicológicas e fisiológicas para desenvolver ou analisar um dispositivo, técnica, ou conceito que satisfaz as necessidades da população que o engenheiro está servindo. Em geral, os engenheiros de reabilitação lidam com inaptidões dos músculos esqueléticos ou inaptidões sensoriais. Eles freqüentemente possuem uma formação fundamentada em biomecânica. A maioria do trabalho é definido por um time de caráter multidisciplinar.

A engenharia de reabilitação lida com muitos aspectos da reabilitação, incluindo o aplicado, científico, clínico, técnico e teórico. Vários tópicos incluem, mas não estão limitados a, dispositivos de assistência e outras ajudas para aqueles com inaptidão, sistemas de aumento sensorial e de substituição, estimulação elétrica funcional (para controle motor e próteses neuro-sensoriais), órteses e próteses, técnicas e dispositivos mioelétricos, transdutores (incluindo eletrodos), processamento de sinais, hardware, software, robótica, sistemas de aproximação, avaliação tecnológica, estabilidade postural, sistemas de assento de cadeira de rodas, análise de andadura, biomecânica, biomateriais, sistemas de controle (biológicos e externos), ergonomia, desempenho humano e taxa funcional.

A engenharia de reabilitação pode ser descrita como uma área da engenharia de sistemas. Imagine ser o engenheiro em um projeto que tem uma planta desconhecida, altamente não-linear com coeficientes cujas variações no tempo não parecem seguir nenhum modelo conhecido ou solucionável, onde o tempo (seu e de seus clientes) e recursos financeiros são severamente limitados, e onde nenhuma solução conhecida foi desenvolvida (ou se foi, precisará de modificação para cada novo cliente assim nenhuma economia de escala existe). Mais adiante, existirão severas incompatibilidades de impedâncias entre as aplicações disponíveis e as necessidades de seus clientes. Ou a baixa capacidade do canal residual dos sentidos de um dos seus clientes requererá uma enorme compressão de sinal para conseguir um sinal com qualquer conteúdo de informação apreciável através dele. Bem-vindo ao mundo do engenheiro de reabilitação!

No Brasil, são oferecidos cursos de pós-graduação (Mestrado e Doutorado) em engenharia de reabilitação em algumas instituições:

- Departamento de Engenharia Biomédica - FEEC/UNICAMP (Campinas – SP);
- Laboratório de Engenharia Biomédica - USP (São Paulo – SP) ;
- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP (Ribeirão Preto – SP).

### **1.6.3.Bioengenharia**

A bioengenharia é a parte da Engenharia Biomédica que tem por finalidade a aplicação da engenharia aos processos biológicos, desenvolvendo aquisição de base e de novas idéias para o apoio de instrumentação e de novos métodos de promoção de saúde.

O bioengenheiro, no Brasil, tem como função principal utilizar matemática, física, análise de sistemas e computadores e relacionar com o funcionamento e a estrutura dos sistemas vivos. No exterior, além dessas atividades, o bioengenheiro também trabalha em pesquisas biotecnológicas como engenharia genética e meio ambiente.

Entre as várias áreas de atividades da bioengenharia destacam-se:

#### **Biomateriais**

UM BIOMATERIAL SUBSTITUI UMA PARTE ou uma função do corpo de uma maneira segura, confiável, econômica e fisiologicamente aceitável. Uma variedade de dispositivos e materiais é utilizada no tratamento de doenças ou danos. Exemplos comuns incluem suturas, agulhas, catéteres, placas e obturações de dentes. Um biomaterial é um material sintético que substitui parte de um sistema vivo ou que funciona em contato íntimo com tecido vivo. O conselho da Universidade de Clemsom definiu formalmente um biomaterial como sendo "uma substância sistêmica e farmacologicamente inerte projetada para implantação dentro ou para incorporação com sistemas vivos". Outra definição classifica um biomaterial como "um material não-viável utilizado em dispositivos médicos para interagir com sistemas biológicos". Outra definição é: "materiais de origem sintética como também de origem natural em contato com tecido, sangue, e fluidos biológicos para uso protético, diagnóstico, terapêutico e armazenamento sem afetar adversamente o organismo vivo e seus componentes. Ainda, outra definição de biomateriais é "qualquer substância (diferente de drogas) ou combinação de substâncias sintéticas ou naturais na

origem que pode ser utilizada durante qualquer período de tempo como um todo ou como parte de um sistema que trata, argumenta ou substitui qualquer tecido, órgão ou função do corpo". Ao contrário, um material biológico, tal como a pele ou uma artéria, é produzido por um sistema biológico. Materiais artificiais que simplesmente estão em contato com a pele, como auxiliares de audição e membros artificiais utilizáveis, não estão incluídos na nossa definição de biomateriais, visto que a pele atua como uma barreira ao mundo exterior.

De acordo com estas definições tem-se que ter um campo vasto de conhecimento ou colaborar com diferentes especialidades para desenvolver e utilizar biomateriais em medicina e odontologia. O uso dos biomateriais inclui a substituição de uma parte do corpo que perdeu a sua função devido a uma doença ou trauma, auxiliar na recuperação, melhoria de alguma função e correção de anormalidades. O papel dos biomateriais foi influenciado consideravelmente por avanços em muitas áreas da biotecnologia e da ciência. Por exemplo, com o advento dos antibióticos, as doenças infecciosas são menos ameaçadoras, daí as doenças degenerativas assumem uma maior importância. Além disso, avanços nas técnicas e instrumentos cirúrgicos permitiram o uso de materiais de maneiras que não eram possíveis anteriormente.

### **Próteses e Órgãos Artificiais**

Durante os últimos 50 anos, a humanidade descobriu progressivamente que um dispositivo ou o transplante de órgãos, tecidos ou células podem substituir a maioria, e talvez todos os órgãos e funções do organismo. Os dispositivos são feitos por humanos, considerando que as partes para substituição podem ser obtidas do mesmo paciente, um parente, um cadáver humano, um animal vivo, ou podem ser desenvolvidos pela engenharia genética. O conceito de que um estado de doença pode ser sanado devolvendo o órgão que está funcionando mal através do uso de agentes químico ou meios físicos mas também pela substituição da função perdida com uma outra natural ou artificial representou uma revolução na terapêutica. Hoje em dia, somente, nos Estados Unidos, 2 a 3 milhões de pacientes por ano são tratados com uma parte sobressalente projetada por humanos (dispositivo de ajuda, prótese ou implante), tendo como resultado que mais de 20 milhões de pessoas desfrutam de melhor qualidade de vida graças aos órgãos artificiais. Em comparação, uma escassez de doadores de órgãos limita o número de procedimentos de transplante para aproximadamente 20.000 por ano, e a população total de sobreviventes de transplante está na ordem de 200.000.

A doutrina fundamental da medicina substitutiva é que depois de um certo estágio de fracasso, é mais efetivo remover e substituir um órgão que não está funcionando bem, do que tentar curá-lo em vão. Isto vai contra a opinião de visões holísticas que buscam a integridade do indivíduo. A medicina substitutiva também entra em conflito com a corrente principal deste século, onde a ciência médica se esforça para elucidar mecanismos de patologias fisiológicas a nível celular e molecular e então para corrigi-las por uma chave bioquímica específica. A tecnologia de substituição de órgãos rivaliza com as viagens espaciais em complexidade e publicidade, cativando a imaginação popular por sua ousadia, seus triunfos e seus excessos. Embora a abordagem dos órgãos artificiais não alcance o objetivo fundamental da medicina, que é entender e corrigir o processo da doença, é consideravelmente mais efetivo que a terapia por medicamentos ou a cirurgia corretiva no tratamento de muitas condições, por exemplo, doença de válvula cardíaca, bloqueio do coração, arritmias patológicas, obstrução arterial e catarata.

Em princípio, as inaptidões funcionais devido à destruição ou desgaste de partes do corpo podem ser tratadas de dois modos: implantação de dispositivos protéticos ou transplante de órgãos naturais. Para o transplante de órgãos naturais, nós obtemos emprestado uma parte sobressalente tipicamente de um ser vivo ou de um igualmente generoso doador que antes de morrer ofereceu ajuda aos sofredores de falhas terminais de órgãos. Os órgãos transplantados se beneficiam de refinamentos adquiridos em cima de milhares de anos de evolução. Eles estão super-projetados, o que significa que eles proverão apoio funcional suficiente embora a parte doada não esteja em perfeitas condições na hora da transferência a outra pessoa. Eles têm a mesma forma e as mesmas necessidades de nutrição que a parte do organismo que eles substituem, o que significa que as técnicas cirúrgicas utilizadas são bastante importantes. O problema crítico é o pequeno número de doadores, e por conseguinte somente uma pequena minoria de pacientes se beneficia atualmente desta prática.

Os órgãos artificiais têm limitações diferentes. Vistos na escala de evolução humana, eles ainda são dispositivos primitivos, testados no máximo durante 40 anos. Mesmo assim, eles já transformaram os prognósticos de muitos casos de doenças fatais, fazendo-as regredir ao seu estágio inicial. Para projetar órgãos artificiais, engenheiros inventivos, fisiologistas e cirurgiões pensam em termos de resultados funcionais, não em estruturas anatômicas. Como resultado, os órgãos artificiais têm pouca semelhança com os órgãos naturais. Eles são feitos principalmente de materiais sintéticos (frequentemente chamados de biomateriais) que não existem na natureza. Eles utilizam diferentes processos mecânicos, elétricos ou químicos, para alcançar os mesmos objetivos funcionais dos órgãos naturais. Eles se adaptam, ainda que imperfeitamente, às demandas variáveis das atividades humanas. Eles não podem acomodar-se facilmente ao crescimento do corpo e por isso são mais benéficos em adultos do que em crianças. De um ponto de vista mais crítico, os órgãos artificiais, como é o caso de todas as máquinas, têm uma expectativa de funcionamento limitada por causa da fricção, utilização ou desgaste dos materiais de construção no ambiente morno, úmido, e corrosivo do corpo humano. Tais considerações limitam o seu uso a pacientes cuja

expectativa de vida acompanha a expectativa de vida esperada da peça a ser substituída, ou para situações clínicas onde implantes repetidos são tecnicamente possíveis. Apesar destes obstáculos, a realidade surpreendente é que milhões das pessoas estão atualmente vivas graças aos marcapassos cardíacos, válvulas cardíacas, rins artificiais ou sistemas de drenagem de hidrocefalia, todos eles funcionando em condições ameaçadoras à vida dos pacientes. Um número até maior de pessoas desfruta os benefícios da prótese de quadril e joelho, enxertos vasculares, lentes intra-oculares e implantes dentais que corrigem disfunções, dor, incômodos ou simplesmente a aparência. Em resumo, a demonstração clínica do dogma central da medicina substitutiva sobre duas gerações pode ser visto demograficamente como o primeiro passo em um salto evolutivo que os humanos ainda não podem apreciar completamente.

Os órgãos artificiais híbridos, ou órgãos bioartificiais, são sistemas mais recentes que incluem elementos vivos (organelas, células, tecidos) como parte de um dispositivo feito de materiais sintéticos. Eles integram a tecnologia de transplante de órgãos naturais e os refinamentos que as estruturas viventes têm ganho durante milhões de anos de evolução com a aproximação do projeto proposital das ciências da engenharia e as promessas de materiais sintéticos recentemente desenvolvidos.

Dependendo das necessidades médicas e duração antecipada de uso, os órgãos artificiais podem ser localizados fora do corpo ainda preso a ele (próteses paracorporais ou dispositivos de ajuda), ou implantados dentro do corpo em um local apropriado (órgãos artificiais internos ou implantes). A aplicação de órgãos artificiais pode ser temporária (por exemplo, a máquina coração-pulmão), ou substituição permanente de um órgão (por exemplo, dispositivo de auxílio ao ventrículo esquerdo). Ela pode ser intermitente e repetida em intervalos durante períodos extensos de tempo quando não há nenhuma necessidade biológica de substituição contínua de funções perdidos do corpo (por exemplo, rim artificial). Pode-se pretender que seja permanente, pelo menos dentro dos limites de um período finito de vida.

Até 1950, a tecnologia de substituição de órgãos estava relativamente crua e sem imaginação. Pernas de madeira, óculos corretivos e próteses dentais formaram o escopo dos órgãos artificiais. A transfusão de sangue era a única forma aceita de transplante de tecidos vivos. De repente, dentro de uma década, o rim artificial, a máquina coração-pulmão, o marca-passo cardíaco, o enxerto arterial, a válvula cardíaca protética, a articulação de quadril artificial, foram os primeiros exemplos sofisticados de engenharia na medicina. Mais recentemente, o pulmão de membrana, as lentes implantáveis, próteses de dedos e tendões, substituição total do joelho, implantes para reconstrução mamária, máxilo-facial ou de ouvido têm seguido o estágio de ampla aplicação clínica. Os Dispositivos de auxílio ventricular e o coração artificial total têm sido testados extensivamente em animais e validados para avaliação clínica. A pele artificial é cada vez mais utilizada no tratamento de úlceras e queimaduras. Substitutos de tecidos moles e duros funcionam efetivamente por vários anos. Próteses sexuais e sensoriais oferecem promessas para a substituição de funções humanas complexas. A conexão de dispositivos com os sistemas nervosos periféricos e centrais são tão promissores como eram os dispositivos cardiovasculares há 30 anos atrás. Talvez o futuro mais promissor pertença às “próteses de informação” que trazem para o corpo humano sinais que o organismo pode gerar por ele mesmo (por exemplo, funções do marca-passo), sinais que precisam ser modulados diferencialmente para corrigir um estado de doença (por exemplo, reguladores eletrônicos de pressão sanguínea) ou sinais que não pode ser percebidos pelo sistema nervoso por seus canais habituais de coleta de informações (por exemplo, olho ou ouvido artificiais).

### **Biomecânica**

MECÂNICA É A PARTE DA ENGENHARIA que lida com o estudo, definição e quantificação matemática das "interações" que acontecem entre as "coisas" em nosso universo. Nossa habilidade para perceber a manifestação física de tais interações está embutida no conceito de uma força, e as “coisas” que transmitem forças entre elas são classificadas para propósitos de análise como sendo sólidas, fluidas ou um pouco de combinação das duas. A distinção entre comportamento de sólido e comportamento de fluido tem a ver com o fato de se a "coisa" envolvida tem ou não características de resposta de deformação que são dependentes de uma taxa de tempo. Uma força constante transmitida a um material sólido geralmente extrairá uma resposta discreta, finita e de deformação independente do tempo, considerando que a mesma força transmitida a um fluido extrairá uma resposta contínua, dependente do tempo chamada de fluxo. Em geral, se um determinado material vai se comportar, ou não, como um sólido ou um fluido vai depender de seu estado termodinâmico (por exemplo, sua temperatura, pressão, etc.). Além disso, para um determinado estado termodinâmico, algumas "coisas" são sólidas quando deformadas a certas taxas mas mostram um comportamento fluido quando perturbadas a outras taxas, assim elas são chamadas apropriadamente de viscoelásticas, que literalmente significam "fluidos sólidos". Uma definição mais técnica de mecânica é a ciência que lida com a ação de forças em sólidos, fluidos e materiais viscoelásticos.

Já no quarto século A.C., encontra-se nos trabalhos de Aristóteles (384-322 A.C.) tentativas de descrever por análise geométrica a ação mecânica de músculos na produção da locomoção de partes, ou de todo o corpo animal. Quase dois mil anos depois, nos seus famosos desenhos anatômicos, Leonardo da Vinci (1452-1519) buscou descrever a mecânica das posições em pé, subindo e descendo uma montanha, levantamento de uma posição de



sentado, e saltando, e Galileo (1564-1643) cem anos depois, seguiu com algumas das primeiras tentativas de analisar matematicamente funções fisiológicas. Por causa dos esforços pioneiros na definição da circulação anatômica do sangue, William Harvey (1578-1657) é creditado por muitos como sendo o pai da mecânica moderna de biofluidos, e Alfonso Borelli (1608-1679) compartilha a mesma honra para a mecânica contemporânea de biosólidos por causa dos seus esforços para explorar a quantidade de força produzida por vários músculos e da sua teorização de que os ossos servem como alavancas que são operadas e são controladas pelos músculos. Os trabalhos destes pioneiros da biomecânica foram seguidos por Isaac Newton (1642-1727), Daniel Bernoulli (1700-1782), Jean L. M. Poiseuille (1799-1869), Thomas Young (1773-1829), Euler (cujo trabalho foi publicado em 1862), e outros igualmente famosos.

Revisando a lista precedente de cientistas de biomecânica, é interessante observar que muitas das primeiras contribuições para nosso último entendimento das leis fundamentais da física e engenharia (por exemplo, a equação de Bernoulli de hidrodinâmica, o famoso “Módulo de Young” para teoria da elasticidade, fluxo de Poiseuille, e assim por diante) vieram de médicos, fisiologistas e outros práticos da saúde que buscavam estudar e explicar estruturas e funções fisiológicas. A ironia nisto é que à medida que a história progrediu, nós praticamente invertemos esta situação. Quer dizer, mais recentemente, são os engenheiros biomédicos que têm feito as maiores contribuições para o avanço das ciências médicas e fisiológicas.

### **Biotechnologia**

O TERMO BIOTECNOLOGIA SOFREU mudanças significativas nos últimos 50 anos aproximadamente. Durante o período anterior à década de oitenta, a biotecnologia se referia principalmente ao uso de microorganismos para processos industriais de larga escala como produção de antibióticos. A partir dos anos oitenta, com o advento das tecnologias de recombinação do DNA, do anticorpo monoclonal, e novas tecnologias para estudo e manipulação de células e tecidos, o campo da biotecnologia sofreu um tremendo ressurgimento em um espectro largo de aplicações pertinentes à indústria, medicina e ciência em geral.

Biotecnologia é normalmente definida como uma atividade de pesquisa básica orientada intimamente relacionada à modificação de células de animais ou de plantas, ou partes de células, para melhorar plantas ou animais ou desenvolver, microorganismos novos para fins benéficos. Na indústria de comida, por exemplo, isto significou a melhoria de variedades de fungos para fermentação. Na agricultura, pode-se atribuir aos biotecnólogos a melhoria de rendimentos de colheita por tratamento de plantas com organismos para reduzir os danos devidos ao congelamento. Está claro que a biotecnologia do futuro terá um tremendo impacto na qualidade de vida do ser humano, o potencial desta especialidade é difícil de imaginar:

- Desenvolvimento de espécies melhoradas de plantas e animais para produção de alimentos
- Invenção de novos testes de diagnóstico médico para doenças
- Produção de vacinas sintéticas de células clonadas
- Engenharia Bioambiental para proteger a vida humana, animal, e vegetal de substâncias tóxicas e poluentes
- Estudo de interações nas superfícies das proteínas
- Modelamento da cinética de crescimento de fungos e células de hibridoma
- Pesquisa em tecnologia de enzimas imobilizadas
- Desenvolvimento de proteínas terapêuticas e anticorpos monoclonais

#### **1.6.4. Instrumentação Biomédica (Instrumentos e Dispositivos médicos)**

Até há pouco tempo atrás, o termo instrumento médico representava instrumentos manuais simples utilizados por médicos para observar pacientes, examinar órgãos, fazer medidas simples, ou administrar medicamentos. Estes pequenos instrumentos, tais como estetoscópios, termômetros, depressores de língua e algumas ferramentas cirúrgicas cabiam tipicamente na bolsa de mão de um médico. Hoje, os instrumentos médicos são consideravelmente mais complicados e diversos, principalmente porque eles incorporam sistemas eletrônicos de detecção, transdução, manipulação, armazenamento e exibição de dados ou informação. Além disso, os especialistas médicos de hoje requerem medições detalhadas e precisas de um vasto número de parâmetros fisiológicos para diagnosticar doenças e prescrever complicados procedimentos para tratá-las. Como resultado, o número de instrumentos e dispositivos médicos cresceu de algumas centenas na geração anterior para mais de 10.000 hoje, e a complexidade destes instrumentos cresceu no mesmo passo.

Enquanto que os instrumentos médicos adquirem e processam informação e dados para monitoração de pacientes e diagnóstico de enfermidades, os dispositivos médicos utilizam energia elétrica, mecânica, química ou radiação para alcançar um propósito terapêutico desejado, mantendo funções fisiológicas ou ajudando um paciente em processo de cura. Para mencionar somente alguns funções, os dispositivos médicos bombeiam sangue, removem produtos de resíduos metabólicos, pulverizam pedras dos rins, infundem líquidos e drogas, estimulam músculos e nervos, cortam tecidos, administram anestesia, aliviam dores, restabelecem funções ou aquecem tecidos. Por causa

da sua complexidade, os dispositivos médicos são utilizados, na maioria das vezes, em hospitais e centros médicos por pessoal treinado, mas alguns também podem ser encontrados nas residências, onde são operadas pelos próprios pacientes ou pelas pessoas que tomam conta deles.

No Brasil, são oferecidos cursos de pós-graduação (Mestrado e Doutorado) em instrumentação biomédica em algumas instituições:

- UFPB (Campina Grande – PB);
- UFSC (Florianópolis – SC);
- DEB/FEEC/UNICAMP (Campinas – SP);
- COPPE/UFRJ (Rio de Janeiro – RJ);
- CEFET (Curitiba – PR).

## **2.Física Médica:**

Depois da descoberta da radioatividade natural, através do estudo de sais de urânio, por Henry Becquerel (1857-1908) em 1896, e do elemento natural Rádio em 1898 pelo casal Pierre e Marie Curie, o nosso mundo nunca mais foi o mesmo. Os raios-x, as bombas atômicas e as usinas nucleares nos mostraram que um novo tipo de energia estava sendo descoberta e precisava ser entendida e controlada pelo homem para evitar efeitos potencialmente nocivos aos seres vivos, mas que poderia ser benéfica se utilizada corretamente. A partir daí se desenvolveu o uso da radioatividade na medicina, assim como em outras áreas do conhecimento humano. Com isto, cresceu a importância do papel dos físicos na área da saúde.

O envolvimento de físicos na saúde pode ser visto nas seguintes áreas:

### **2.1.Radioproteção**

Como os pioneiros da utilização médica e industrial dos raios-x não sabiam dos perigos da radiação, ocorreram muitos casos de queimaduras devido ao uso de Rádio, sendo que às vezes havia o aparecimento de casos de câncer nestes profissionais. Começaram então a aparecer estudos sobre os efeitos dos elementos radioativos nos profissionais (médicos, radiologistas, radioterapeutas, físicos) que manipulavam estes elementos. Em um estudo Britânico de 1958, foram analisados 1377 radiologistas do sexo masculino no período de 1897 a 1957. Observou-se que até 1921, o número de mortes por câncer nos profissionais que trabalhavam com radiologia (55 óbitos) era um pouco maior do que o número de mortes por câncer esperadas em uma população da mesma faixa etária (47,7 óbitos). De 1921 em diante (quando começaram a ser adotadas medidas de proteção radiológica), o número de mortes por câncer dos profissionais de radiologia caiu pela metade. Assim, foi aparecendo a necessidade de capacitar profissionais para controlar os níveis de radiação recebidos pelos profissionais de radiologia. Disto surgiu a radioproteção.

Os profissionais encarregados de radioproteção, geralmente são físicos com especialização ou mestrado nesta área. No Brasil, ainda não existe um curso específico de formação destes profissionais. Por isso, eles são obrigados a fazer cursos de pós-graduação (Mestrado e/ou Doutorado) na área para serem reconhecidos pela Associação Brasileira de Física Médica (ABFM), que ainda não formulou um exame de ordem devido à complexidade do assunto.

As principais instituições que fornecem cursos de pós-graduação na área são:

- Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD – RJ)
- Instituto de Pesquisas Energéticas (IPEN – SP)

Algumas atividades do profissional de radioproteção são:

- Controlar a quantidade de radiação mensal, semestral e anual dos profissionais de radiologia, através da monitoração dos níveis de radiação medidos nos dosímetros (dispositivos semelhantes a crachás utilizados em diversas partes do corpo pelos profissionais de radiologia);
- Estudar e desenvolver medidas de proteção aos outros profissionais de radiologia através da assessoria no projeto das instalações físicas que vão abrigar os pacientes, os operadores e as máquinas de radiação;
- Planejar o tratamento dado aos resíduos de materiais radioativos utilizados nos departamentos de radiologia.

### **2.2.Radiodiagnóstico**

Também conhecido simplesmente como radiologia (não confundir com o termo geral aplicado a todas as áreas), esta área visa a operacionalização dos procedimentos utilizados para fazer o diagnóstico de pacientes que envolvam raios-x.

Basicamente, o profissional desta área é responsável pelo controle de qualidade do serviço de radiologia para diagnóstico. Para isso, realiza as seguintes funções:

- Cuidar das condições de compra e armazenamento (umidade, condicionamento) dos filmes radiográficos a serem utilizados nas máquinas de raios-x;
- Verificação das condições de operação dos aparelhos de raios-x (alinhamento do ponto focal dos feixes dos colimadores, tempo de exposição do paciente, tensão de alimentação do tubo) através da utilização de dispositivos de aferição;
- Verificação das condições de revelação dos filmes de raios-x, através do monitoramento das condições de operação (temperatura do revelador, taxas de reposição do revelador e fixador, densidades relativas e taxa de reposição dos banhos químicos) das processadoras de filmes radiográficos;
- Oferecer treinamento aos operadores dos equipamentos de raios-x e das suas respectivas processadoras de filmes radiográficos.

No Brasil, existem alguns cursos de especialização de 2 anos para formar físicos em radiodiagnóstico, dentre eles temos:

- FMRP/USP (Ribeirão Preto – SP);
- AFM/CEB/UNICAMP (Campinas – SP).

Depois da especialização, o físico deve fazer um exame de ordem ministrado pela ABFM (Associação Brasileira de Física Médica) para poder exercer a profissão. Antes de fazer o exame de ordem, ele deve comprovar pelo menos 2 anos de trabalho na área como estagiário de algum profissional já credenciado anteriormente.

### **2.3. Radioterapia**

A partir do desenvolvimento das unidades de radioterapia, a terapia por aplicação de feixes externos de radiação se tornou a principal modalidade de tratamento ao câncer junto com a quimioterapia e a cirurgia. A radiação é utilizada para tratar pelo menos 50% de todos os casos de câncer, e muitos pacientes recebem uma combinação das três modalidades. A radioterapia pode ser curativa ou paliativa, dependendo do estágio e do prognóstico do câncer. Para que o tratamento tenha sucesso, o campo de radiação deve ter uma intensidade uniforme, um nível previsível de energia e deve ser bem-definido para evitar ou minimizar a irradiação de tecidos sãos. Nesta área são utilizados os serviços dos físicos de radioterapia que:

- Monitoram constantemente os aparelhos de radioterapia, desde a sua instalação, através da coleta de dados (energia e dose de radiação) que descrevem os feixes de radiação de cada aparelho, obtendo as curvas de isodoses destes aparelhos;
- Modelam o feixe a ser irradiado, através do uso de filtros e de compensadores de tecidos, para conseguir concentrar a radiação nos tumores cancerosos, poupando os tecidos sãos;
- Elaboram o planejamento do tratamento de radioterapia (número de doses, energia e tipo de radiação que vai ser irradiada) do paciente através da obtenção junto ao médico oncologista da dose total de radiação e da anatomia do lugar a ser irradiado.

No Brasil, existem alguns cursos de especialização de 2 anos para formar físicos em radioterapia, dentre eles temos:

- FMRP/USP (Ribeirão Preto – SP);
- AFM/CEB/UNICAMP (Campinas – SP);
- Hospital A C Camargo (RJ);
- Hospital do Câncer (SP);
- Instituto Nacional do Câncer – INCA (RJ).

Depois da especialização, o físico deve fazer um exame de ordem ministrado pela ABFM (Associação Brasileira de Física Médica) para poder exercer a profissão. Antes de fazer o exame de ordem, ele deve comprovar pelo menos 2 anos de trabalho na área como estagiário de algum profissional já credenciado anteriormente. Também existem cursos de Mestrado na área em algumas instituições:

- FMRP/USP (Ribeirão Preto – SP);
- AFM/CEB/UNICAMP (Campinas – SP);
- Instituto de Pesquisas Energéticas - IPEN (SP).

### **2.4. Medicina Nuclear**

A medicina nuclear pode ser definida como a prática de tornar os pacientes radioativos para propósitos de diagnóstico e de terapia. A radiação é injetada por via intravenosa, aspirada ou ingerida, sendo este princípio que distingue a medicina nuclear do radiodiagnóstico e da radioterapia. A medicina nuclear possui duas características que a tornam atraente:

-Utilização de pequenas quantidades (concentrações da ordem de picomolares) de materiais radioativos que não afetam os processos biológicos a serem estudados;

-Os marcadores radioativos utilizados penetram os tecidos e podem ser detectados fora do paciente.

Assim, a medicina nuclear permite uma visão dos processos fisiológicos do paciente, ao contrário dos aparelhos de raios-x que nos fornecem uma visão da anatomia do paciente.

Os físicos médicos que trabalham com medicina nuclear estão intimamente ligados com a área de imagens médicas e desenvolvem trabalhos como:

-Testes com marcadores radioativos para procurar os que oferecem os melhores resultados com menor radiação para o paciente e para eles mesmos;

-Diminuir a periculosidade desta profissão, pois esta área é a que apresenta mais exposição do físico e dos operadores dos equipamentos (gama câmeras) a radiação;

-Procurar formas de processamento e tratamento das imagens obtidas dos processos fisiológicos nos pacientes de maneira que as imagens finais sejam o reflexo da situação real do paciente, sem o risco de alteração da realidade devido à presença de aparatos (interferências introduzidas pelos instrumentos ou pelo ambiente do exame).

No Brasil, existem alguns cursos de especialização de 2 anos para formar físicos em medicina nuclear, dentre eles temos a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP/USP – SP), onde também se encontram cursos a nível de Mestrado.

Depois da especialização, o físico deve fazer um exame de ordem ministrado pela ABFM (Associação Brasileira de Física Médica) para poder exercer a profissão. Antes de fazer o exame de ordem, ele deve comprovar pelo menos 2 anos de trabalho na área como estagiário de algum profissional já credenciado anteriormente.

### **3. Informática Médica:**

NOS ÚLTIMOS 20 ANOS, o campo de informática médica tem crescido tremendamente tanto em complexidade como em conteúdo. Assim, pode-se dividir a informática médica em dois grupos. O primeiro é representado pelas áreas que formam o foco central das tecnologias computacionais. Isto inclui: sistemas de informação do hospital (HIS), registros de pacientes baseados em computador (CBPR ou CPR), imagens, comunicações, padrões e outras áreas relacionadas. O segundo grupo inclui tópicos como: inteligência artificial, sistemas especialistas, sistemas baseados em conhecimento, redes neurais e robótica. A maioria das técnicas deste grupo requererá a implementação de sistemas do primeiro grupo. Nós poderíamos chamar as áreas do primeiro grupo como a infra-estrutura de informação exigida para aplicar as técnicas de informática médica para dados médicos. Estes tópicos são cruciais porque eles não só estabelecem a fundação exigida para tratar um paciente dentro das paredes de uma instituição mas eles fornecem o panorama exigido para lidar com o registro de vida do paciente enquanto há permissão de grupos selecionados de pesquisadores e clínicos para analisar a informação e gerar resultados de pesquisa e informação de diretrizes de prática.

Como um exemplo uma rede de hospitais associados no Nordeste (uma rede de provedores de saúde) pode querer utilizar um sistema especialista que foi criado e mantido em uma universidade do Sul do país. Este grupo de hospitais, clínicas, consultórios médicos e similares, vão necessitar de um registro computadorizado "padrão" de pacientes (CPR) que poderá ser usado pelos médicos de qualquer um dos locais físicos. Além disso, para ter acesso a essas informações estas instituições vão precisar de redes e telecomunicações que permitirão o "diálogo" eletrônico. Os diferentes formatos dos dados, particularmente as imagens médicas, requererão dispositivos especiais para propósitos de exibição, e a informação armazenada nos diferentes HIS, Sistemas de Informação Clínica (CIS), e sistemas departamentais necessitarão ser integrados. Este tipo de registro multimídia se tornaria a entrada de dados para o sistema que poderia ser acessado remotamente (ou localmente) de qualquer uma das localizações do empreendimento. No lado de aplicação, o sistema especialista poderia proporcionar para estas instituições técnicas que poderiam ajudar em áreas como diagnóstico e tratamento de pacientes. Porém, várias novas tendências como: Gerenciamento da Qualidade Total (TQM), resultados de pesquisas e diretrizes de prática poderiam ser seguidas. Deveria ser óbvio ao leitor que para ter a habilidade para comparar a informação obtida em diferentes partes o mundo através de sistemas dissimilares e heterogêneos, certos padrões precisariam ser seguidos (ou criados) de forma que quando os dados forem analisados, a informação obtida faça sentido.

Várias perspectivas atuais em tecnologias de informação precisam de ser levadas em consideração ao ler esta seção. Uma delas é descrita com muita precisão no livro intitulado "Globalization, Technology and Competition (The Fusion of Computers and Telecommunications in the 1990s)" por Bradley, Hausman e Nolan (1993). O primeiro capítulo deste livro fala sobre novos serviços exigidos por usuários finais que incluem a integração de computadores e telecomunicações. Do ponto de vista da sua teoria de estágios, os autores descrevem que nós estamos nos aproximando atualmente do fim era do micro e no começo da era da rede. De um ponto de vista econômico, a economia industrial (anos sessenta e setenta) e a economia de transição (anos setenta e oitenta) estão se transformando em uma economia de informação (anos noventa em diante). Também uma pesquisa de liderança feita em 1994 pelo Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS) sobre as tendências da

computação na saúde para principalmente pessoal de informação, diretores, e as pessoas associadas aos provedores de saúde mostrou os seguintes resultados:

1. Em um mercado norteado pela retenção de custos, as forças mais importantes que se dirigem para uma participação maior da computação eram: (a) direcionamento para o gerenciamento da saúde (25%), (b) requisições de dados de resultados e (c) direcionamento para redes de saúde (17%).

2. A prioridade dos sistemas de informação mais importantes para os próximos 2 anos: (a) integração de instalações separadas (31%), (b) implementação de um registro paciente baseado em computador (CPR) (19%) e (c) integração de sistemas departamentais (13%) e reengenharia voltado para a saúde do paciente (13%).

3. 56% acharam que a super via-expressa de informação era essencial para a saúde.

4. Nos próximos 3 anos o desenvolvimento computacional relacionado com a saúde que afetará o consumidor médio será: (a) desafios de saúde mais dinâmicos (49%), (b) acesso a serviços/informação de saúde de casa (20%) e (c) cartões de referência de saúde (17%).

5. Embora 49% afirmaram usar a Internet, as suas instalações de saúde estavam utilizando-a para: (a) e-mail de ponto-para-ponto (81%), (b) consultas a bancos de dados clínicos para pesquisa (69%), (c) transações entre consumidores e provedores (31%) e (d) consultas médicas bi-direcionais (22%).

6. Os médicos compartilharão informações computadorizadas sobre os pacientes em um sistema de âmbito nacional: (a) pelo ano 2000 (39%), (b) em um período maior que dez anos (38%) e (c) dentro de 1 a 3 anos (14%). Muitas outras perguntas e respostas refletiram algumas barreiras tecnológicas atuais e necessidades dos usuários. Por causa destas tendências é essencial pensar no caso das tecnologias que hoje podem ser consideradas o estado-da-arte mas que daqui a aproximadamente 10 anos parecerão ser somente de transição. As tecnologias de informação estão se transformando em um ambiente multimídia que irá requerer técnicas especiais para aquisição, exibição, armazenando, recuperação e comunicação da informação. Nós estamos em um processo de definição de alguns destes mecanismos.

Na informática médica pode-se abordar assuntos relacionados a imagens como uma forma de informação médica. Estes conceitos incluem assuntos relacionados a aquisição, armazenamento/recuperação, exibição e comunicações de imagens e documentos clínicos, por exemplo, sistemas de comunicações e arquivo de imagens (PACS). De um ponto de vista do CPR, imagens e documentos clínicos se tornarão parte deste quadro eletrônico.

O estado das telecomunicações foi descrito como uma revolução; dados e comunicações como também vídeos cheios de movimento vieram juntos como um novo campo dinâmico. Muito do que está acontecendo hoje é um resultado da evolução e necessidade da tecnologia. A ligação entre as necessidades evolutivas e as idéias revolucionárias são uma perspectiva integrada de ambos os lados de múltiplas indústrias.

### **Imagens Médicas**

O CAMPO DE IMAGENS MÉDICAS experimentou um crescimento fenomenal neste último século. Considerando que o estudo de imagens era a prerrogativa das comunidades de defesa e das ciências espaciais no passado, com o advento de computadores poderosos e menos caros, novos e expandidos sistemas de imagens encontraram seu caminho dentro do campo médico. Alguns destes sistemas variam desde aqueles dedicados a imagens planares utilizando raios-x para tecnologias emergentes, tais como realidade virtual. Alguns destes sistemas, como o ultra-som, são relativamente baratos, enquanto outros, como as instalações de tomografia de emissão de pósitrons (PET), custam milhões de dólares por causa do hardware e do emprego de pessoal com nível de Ph.D. para operá-los. Foram projetados sistemas que fazem uso de radiografias para mostrar as imagens de estruturas anatômicas, enquanto outros que fazem uso de radioisótopos provêm informação funcional. Os campos de visão que podem ser mostrados em imagens que variam do corpo inteiro obtido com varredura de ossos na medicina nuclear, a imagens de componentes celulares utilizando microscopia por ressonância magnética. O projeto de transdutores para os dispositivos de imagens para fazer o pós-processamento de dados que permitam uma interpretação mais fácil das imagens pelo pessoal médico são todos os aspectos do campo de dispositivos de imagens médicas.

Mesmo com os sistemas sofisticados disponíveis atualmente, os desafios continuam no campo de imagens médicas. Com a ênfase crescente em custos de serviços de saúde, e com os sistemas de imagens médicas citados como um exemplo do investimento que os provedores de serviços de saúde têm que fazer e, por conseguinte, recuperar isto que está envolvido nos custos crescentes, há um aumento na ênfase em diminuição de custos de sistemas novos. Por exemplo, investigadores estão tentando encontrar alternativas para os magnetos supercondutores de alto custo usados em sistemas de ressonância magnética. Com o custo decrescente dos poderosos computadores que atualmente estão contidos dentro da maioria dos sistemas de imagens e com a intensa competição entre companhias de sistemas de imagens, os preços destes sistemas tendem a cair. Outro desafio representa a apresentação dos dados de imagens. Frequentemente, as múltiplas modalidades são utilizadas durante uma avaliação clínica. Se ambas as informações anatômicas e funcionais são requeridas, métodos para combinar e apresentar estes dados para serem interpretados pelos médicos precisam ser alcançados. O uso de dados de imagens médicas para executar cirurgias mais efetivamente é um campo que só está começando a ser explorado. Como os dados anatômicos obtidos com uma varredura tomográfica podem ser correlacionados com o campo cirúrgico, dado que determinados movimentos de tecidos e órgãos acontecem durante a cirurgia? A realidade virtual provavelmente vai desempenhar

um papel importante nesta integração de informação de imagens com a cirurgia. Também há modalidades de imagens que somente agora estão começando a ser intensivamente exploradas, como a detecção de dados da impedância e do campo magnético ou o uso de fontes ópticas e detectores.

Os engenheiros e físicos estão envolvidos ao longo do campo de imagens médicas. Eles são empregados por companhias grandes e pequenas. Embora os nomes dos gigantes de imagens médicas, como General Electric, Siemens, Picker e Acuson, são familiares à maioria, as companhias que prevalecem em número são as de pequeno porte. Além das companhias de imagens médicas, engenheiros e cientistas Ph.D. são empregados por departamentos de engenharia, física e química em universidades, e cada vez mais por departamentos de radiologia de centros médicos orientados para a pesquisa. Considerando que há alguns anos atrás, pesquisadores que trabalham no campo de imagens médicas submetiam documentos a diários científicos gerais, como o *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* (Tópicos em Engenharia Biomédica do Instituto de Engenheiros Eletro-Eletrônicos), agora existe uma publicação, *IEEE Transactions on Medical Imaging* (Tópicos em Imagens Médicas do Instituto de Engenheiros Eletro-Eletrônicos), dedicada ao campo de imagens médicas e publicações dedicadas a certas modalidades, como *Magnetic Resonance in Medicine* (Ressonância Magnética na Medicina) e o *Journal of Computer Assisted Tomography* (Jornal da Tomografia Computadorizada). Nos Estados Unidos, grandes encontros científicos de imagens médicas, como o Encontro Anual da Sociedade de Radiologia da América do Norte com mais de 20.000 participantes são realizados todos os anos. Reuniões de modalidades específicas, como a Magnetic Resonance Imaging Society (Sociedade de Imagens em Ressonância Magnética) possuem milhares de participantes.

## **ANEXO I - Glossário**

**Arte:** capacidade que tem o homem de pôr em prática uma idéia, valendo-se da faculdade de dominar a matéria.

**Biologia:** estudo dos seres vivos e das leis da vida.

**Ciência:** conjunto organizado de conhecimentos relativos a um determinado objeto, especialmente as obtidas mediante a observação, a experiência dos fatos e um método próprio.

**Diagnóstico:** avaliação da situação clínica de um paciente.

**Dispositivo:** mecanismo disposto para obter certo fim.

**Empirismo:** doutrina ou atitude que admite, quanto à origem do conhecimento, que este provenha unicamente da experiência.

**Enfermagem:** a arte ou função de cuidar dos enfermos.

**Engenharia:** arte de aplicar conhecimentos científicos e empíricos e certas habilitações específicas à criação de estruturas, dispositivos e processos que se utilizam para converter recursos naturais em formas adequadas ao entendimento das necessidades humanas.

**Engenho:** faculdade inventiva/talento; qualquer máquina ou aparelho.

**Física:** ciência de conteúdo vasto e fronteiras não muito definidas, que investiga as propriedades dos campos, as interações entre os campos de força e os meios materiais, as propriedades e a estrutura dos sistemas materiais, e as leis fundamentais do comportamento dos campos e dos sistemas materiais.

**Fisiologia:** parte da biologia que investiga as funções orgânicas, processos ou atividades vitais, como o crescimento, a nutrição, a respiração, etc.

**Fisioterapia:** tratamento das doenças por agentes físicos.

**Instrumento:** qualquer objeto considerado em sua função e utilidade.

**Instrumentação:** na teoria de controle de processos, interpretação de controles automáticos de processos industriais.

**Medicina:** arte ou ciência de evitar, curar ou atenuar as doenças.

**Monitoração:** acompanhamento do estado clínico de um paciente através do acompanhamento do valor de determinados parâmetros fisiológicos.

**Paciente:** pessoa que está sob cuidados médicos.

**Processo:** seqüência de estados de um sistema que se transforma.

**Técnica:** a parte material ou o conjunto de processos de uma arte.

**Tecnologia:** conjunto de conhecimentos, especialmente princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade.

**Terapia ou Terapêutica:** parte da medicina que estuda e põe em prática os meios adequados para aliviar ou curar os doentes.

**ANEXO II - Alguns inter-relacionamentos das áreas de tecnologia em saúde**

<b>Áreas</b>	<b>Sub-Áreas</b>	<b>Sub-Áreas correlacionadas</b>
Engenharia Biomédica	Engenharia Clínica	-Sistemas especialistas -Segurança -Controle de qualidade
	Engenharia de Reabilitação	-Órteses e Próteses -Biomateriais -Software e Hardware -Biomecânica -Sensores
	Bioengenharia	-Biomaterias -Biomecânica -Eletrofisiologia -Biotecnologia
	Instrumentação Biomédica	-Sensores -Software e Hardware -Eletrofisiologia -Imagens médicas
Física Médica	Radioproteção	-Segurança
	Radiodiagnóstico	-Controle de qualidade
	Radioterapia	-Segurança
	Medicina Nuclear	-Imagens médicas
Informática Médica	Sistemas de Informação	-Registros de pacientes -Comunicações -Padrões -Controle de custos
	Sistemas de Apoio	-Sistemas especialistas -Imagens médicas -Redes neurais -Inteligência artificial