

A EVOLUÇÃO DA ENGENHARIA BIOMÉDICA

No Brasil e no mundo



Filipe Loyola Lopes

Citação

LOPES, Filipe Loyola. **A evolução da engenharia biomédica**: no Brasil e no mundo. Santa Rita do Sapucaí, MG: Independente, 2019. 21 p. (Apostilas de Professores do Inatel). Disponível em: <https://cict.inatel.br/sophia_web/>. doi: 10.5281/zenodo.3965969

Capítulos

1. Introdução.....	4
2. Evolução da Engenharia Biomédica no século XX e início do século XXI	6
3. Formalização da Engenharia Biomédica.....	13
4. Subáreas e interdisciplinaridade.....	15
5. Oportunidades em Engenharia Clínica	19
6. Conclusão	20
Referências	21

1. Introdução

A Engenharia Biomédica é a profissão que aplica conceitos da engenharia e das ciências exatas para resolver problemas e necessidades de ordem técnica existentes na área das ciências da saúde. Quando os engenheiros biomédicos trabalham dentro de um hospital ou clínica, eles são chamados, de engenheiros clínicos. Atualmente, o uso das tecnologias aplicadas à saúde assume caráter cada vez mais inovador e promissor. No entanto, não é de hoje a preocupação do ser humano com soluções técnicas aplicadas à resolução de problemas da área da saúde. Nos primórdios das civilizações, povos como o antigo Egito e a grande civilização romana já aplicavam os recursos que possuíam na época, que eram muito simples como couro, madeira, ferro, bronze (Fig. 1 e 2).



FIGURA 1 – Prótese de hálux humano (dedão do pé), datada em 950 A.C., confeccionada em madeira e couro no antigo Egito.



FIGURA 2 – Prótese de perna datada de 300 A.C., descoberta em 1858 em região que pertencia ao antigo Império Romano. Essa perna artificial foi construída em madeira, possui partes de bronze, ferro e tiras de couro animal.

Durante a idade média, por muito tempo a evolução dos conhecimentos e práticas ligadas à medicina ficaram estagnados, se limitando à prática em conventos tendo como referência o que havia sido deixado por Hipócrates na Grécia e por Galeno em Roma. Ao final da Idade Média, com o surgimento das faculdades de medicina (século IX) e universidades (século XI), as ciências da saúde voltaram a evoluir e, por conseguinte, novas tecnologias médicas se fizeram necessárias. Vale ressaltar que ferramentas e recursos tecnológicos para procedimentos médicos, cirúrgicos e o uso de próteses e órteses se fizeram presentes e necessários em quase todas as épocas da humanidade.

No final do século XIX, as tecnologias médicas alcançaram um novo patamar com a descoberta do princípio físico que deu início a era das imagens médicas: a produção dos raios X. Em 8 de novembro de 1895, o físico alemão Wihelm Conrad Roentgen (1845-1923) descobriu a radiação X enquanto fazia experiências com um tubo de raios catódicos. Placas fotográficas foram expostas a essa irradiação, possibilitando a fotografia de ossos devido a diferença de penetração entre os tecidos moles e duros, presentes no corpo humano (Fig. 3). Essa descoberta possibilitou o início da especialidade médica de radiologia, atualmente chamada de imagiologia médica, impactando em outras especialidades como ortopedia, neurologia, angiologia, entre outras.

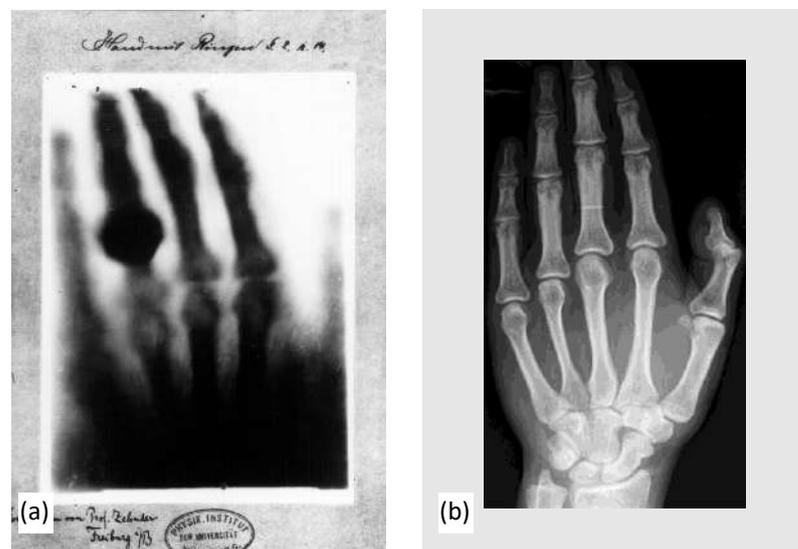


FIGURA 3: (a) Imagem da radiografia da mão esquerda da esposa de Roentgen, onde pode ser vista a aliança no dedo anelar, primeira radiografia da História, realizada no século XIX. (b) Imagem de uma radiografia atual de mão.

A prática da Engenharia Biomédica acontecia desde tempos remotos, sendo utilizadas as tecnologias disponíveis em cada época. Porém, no início dos anos de 1900, o nome formal Engenharia Biomédica ainda não existia. O termo foi criado no período de pós-guerra, por volta de 1945. Nessa fase, existiu a necessidade de reparo e tratamento para os veteranos sobreviventes à segunda guerra mundial, demandando tecnologia médica e de reabilitação mais avançada possível. Mas até chegar a esse ponto, muitos avanços ocorreram nos primeiros 50 anos do século XX.

2. Evolução da Engenharia Biomédica no século XX e início do século XXI

Muitas descobertas, invenções e pesquisas envolvendo ciências exatas e tecnologia aplicada à saúde contribuíram para a evolução da medicina no século XX. O conceito matemático de retroprojeção, desenvolvido pelo matemático alemão Johan Radon em 1917, permitiu futura aplicação do conceito de reconstrução 3D (três dimensões), utilizado pelos equipamentos de imagem médica atuais, como equipamento de ressonância magnética e tomógrafo computadorizado. Em 1930 houve o desenvolvimento dos primeiros refrigeradores, possibilitando a existência de bancos de sangue e conservação de remédios, elevando a eficácia de procedimentos em estabelecimentos assistenciais de saúde. Em conjunto aos ganhos obtidos na década de 1930, se somaram a criação de antibióticos como a Sulfanilamida em 1930 e a Penicilina em 1940, abrindo novos horizontes para o mundo da cirurgia. No entanto, abordando a evolução da Engenharia Biomédica no século XX, é forçoso citar com maior ênfase algumas descobertas específicas, que tornaram a Engenharia Biomédica uma das profissões mais promissoras do mundo para o século XXI (<https://exame.abril.com.br/carreira/10-carreiras-promissoras-ate-2020-nos-estados-unidos/>).

Logo no início do século XX, o médico holandês Willem Einthoven (1860 – 1927) obteve sucesso com o equipamento **Galvanômetro de Corda (1903)**, considerado o primeiro eletrocardiógrafo da história. Por esse feito e pelos desenvolvimentos teóricos alcançados, Einthoven é considerado pai da eletrocardiografia e recebeu o prêmio Nobel de Medicina em 1924. Nos equipamentos atuais, o sinal de eletrocardiograma (ECG) é captado através de eletrodos conectados à pele dos pacientes. Einthoven, porém, utilizou baldes com água salgada para auxiliar o contato entre os membros humanos e os condutores do equipamento (Fig. 4).

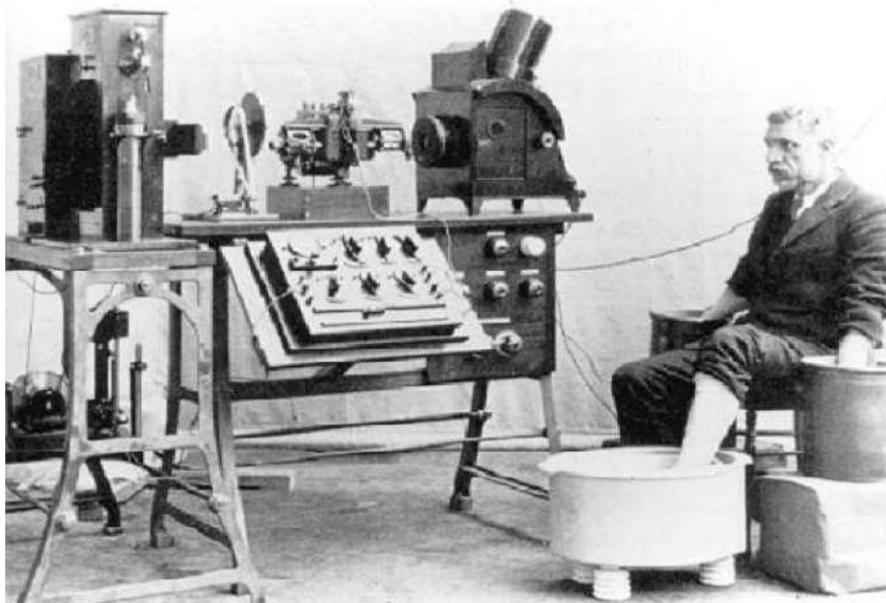


FIGURA 4: Galvanômetro de corda sendo testado por Einthoven em 1903. Esse equipamento é considerado pela ciência como o primeiro eletrocardiógrafo da história.

O eletrocardiógrafo é um equipamento que consegue medir pulsos elétricos (potencial de ação) gerados pela contração das fibras musculares do coração. A contração de cada parte do

coração gera um diferente pulso elétrico, que serve como componente do sinal de ECG (Fig. 5). Atualmente, o ECG é um dos principais métodos de diagnóstico não invasivo utilizado em todo o mundo.

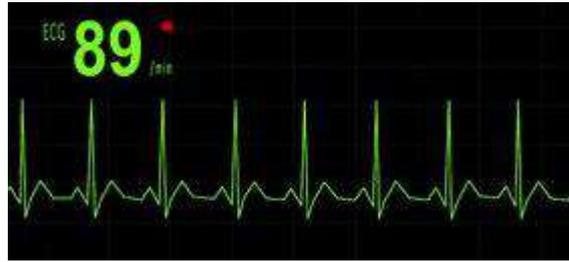


Figura 5: Representação de um sinal de eletrocardiograma (ECG), com frequência cardíaca de 89 batimentos por minuto.

Na década de 1920, o engenheiro americano Philip Drinker (1894 – 1972) desenvolveu o equipamento de ventilação pulmonar **Pulmão de Aço** (Fig. 6). Esse equipamento foi o primórdio dos ventiladores pulmonares atuais e salvou a vida de milhares de pessoas na década de 1950, durante epidemias de poliomielite.

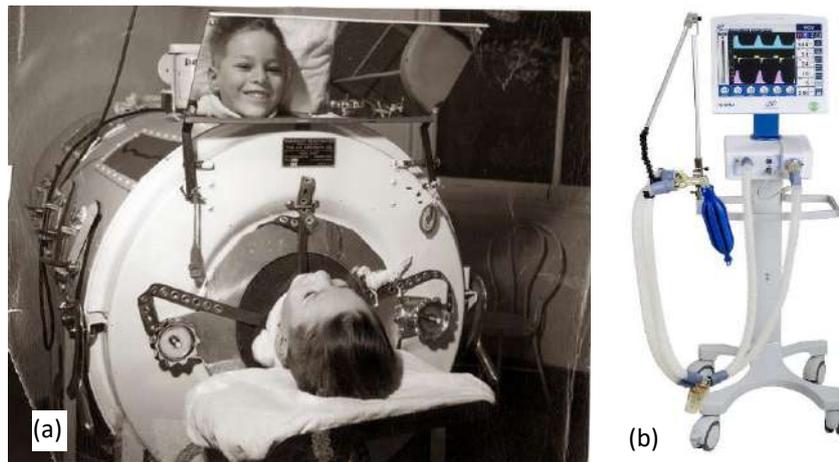


FIGURA 6: (a) Pulmão de aço, equipamento em que o paciente era inserido dentro de uma câmara hermeticamente fechada para o auxílio de sua respiração através de pressão negativa. (b) Equipamento de ventilação pulmonar atual, com componentes eletrônicos e programação embarcada.

A poliomielite, ou paralisia infantil, é uma doença infecciosa que paralisa músculos, incluindo os responsáveis pela respiração. Durante as epidemias na década de 1950, estabelecimentos de assistência à saúde tiveram salões lotados com pacientes assistidos por Pulmão de Aço (Fig. 7). Sem o uso desse equipamento, pessoas em estágios avançados da doença não conseguiriam respirar. Mais tarde essa moléstia foi erradicada devido ao advento da vacina disponibilizada em forma de gota, via oral, que deve ser tomada durante a infância para prevenir a paralisia infantil.

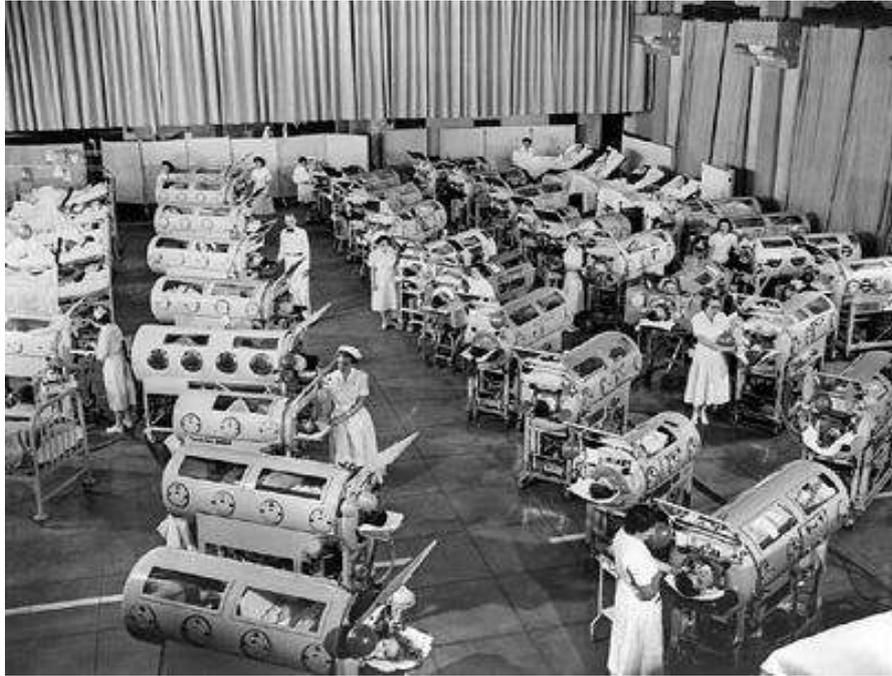


FIGURA 7: Dezenas de pessoas sendo assistidas por Pulmão de Aço durante epidemia de poliomielite na década de 1950.

Em 1940, estudos sobre a aplicação de contraste intravenoso, através de elementos químicos baseados em sais de bário, possibilitaram uma nova aplicação para os raios X, a visualização de vasos sanguíneos. Até os dias de hoje, os atuais equipamentos de Hemodinâmica (equipamento em forma de arco) utilizam contraste intravenoso para investigação das artérias e veias e procedimentos invasivos como o cateterismo (Fig. 8 e 9).



FIGURA 8 – Visualização de vasos sanguíneos por raio X com uso de contraste intravenoso baseado em sais de bário (1940).



FIGURA 9 – Equipamento de Hemodinâmica atual, utilizado em procedimentos de cateterismo. Esse equipamento utiliza raios X em conjunto com a aplicação de contraste intravenoso.

Em 1956 foi realizada a primeira cirurgia com sucesso utilizando uma máquina de circulação extracorpórea total. Esse equipamento pode substituir funções do coração e pulmões quando um paciente se submete à uma cirurgia cardíaca. O funcionamento do equipamento baseia-se em uma bomba mecânica que substitui o bombeamento do sangue pelo coração e em um dispositivo que realiza a troca gasosa com o sangue, substituindo os pulmões. A conexão entre os vários componentes desse sistema e o paciente é feita por tubos plásticos que mantêm a circulação fora do paciente (Fig. 10).

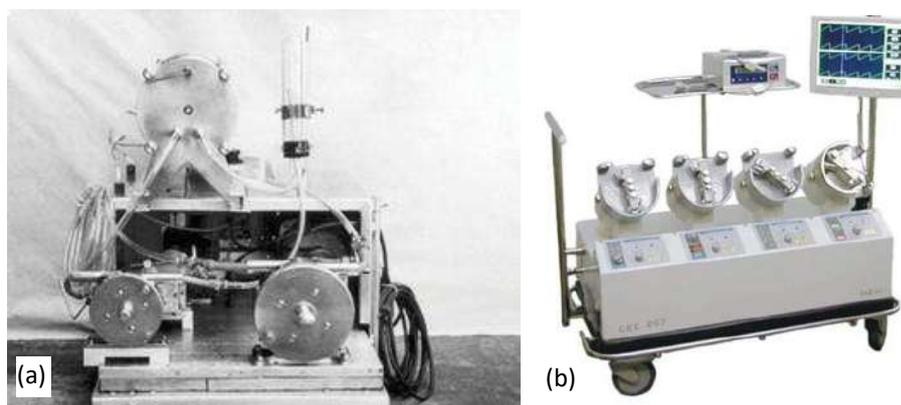


FIGURA 10: (a) Primeira máquina de circulação extracorpórea para cirurgia cardíaca, 1956. (b) máquina de circulação extracorpórea atual.

A década de 1960 foi muito importante para a área de tecnologia como um todo. Nesse período ocorreu a revolução da eletrônica, foi quando os transistores bipolares passaram a

substituir as válvulas termiônicas. Apesar de possuírem objetivos parecidos, a válvula termiônica controla a passagem de corrente elétrica em um tubo com vácuo e possui grande dissipação de calor e consumo de energia. Por outro lado, o transistor é um componente totalmente sólido, dito semicondutor, com capacidade de controlar a passagem de corrente elétrica de forma muito mais econômica do que a válvula. Além de possuir maior rendimento de energia e menor dissipação de calor, os transistores possuem dimensão física menor, possibilitando a criação de circuitos integrados ou chipes, que são circuitos inteiros integrados em uma única pastilha construída com material semicondutor. Em 1964, a empresa IBM lançou o primeiro chipe de computador. A difusão do conhecimento e do uso de computadores com tamanho reduzido permitiu uma nova era na área das tecnologias, incluindo as tecnologias para a saúde. Por conta disto, em 1972, o Engenheiro Eletricista Godfrey Newbold Hounsfield e o físico Allan Cormack desenvolveram o primeiro Tomógrafo Computadorizado (Fig. 11).

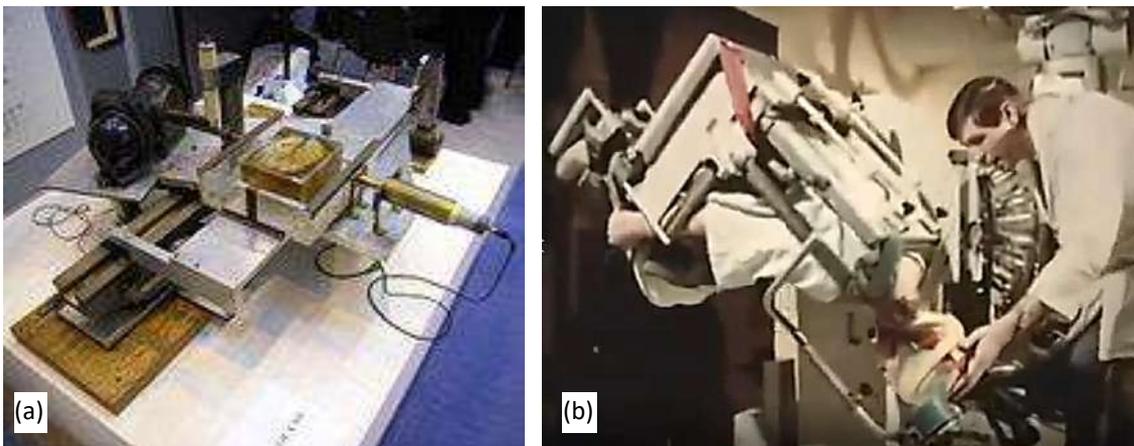


FIGURA 11: (a) Foto do primeiro tomógrafo computadorizado, desenvolvido em 1972, adquirindo imagem de um cérebro humano. (b) Testes envolvendo tomografia computadorizada sendo realizados em uma pessoa viva, utilizando um equipamento de raio X convencional. Note, que nesse experimento, ao invés do tubo girar em torno do paciente, o paciente é girado.

A tomografia computadorizada combina o uso de um computador digital com um dispositivo de radiografia giratório (gantry) para criar imagens axiais ou "fatias" de diferentes órgãos e partes do corpo humano, como os pulmões, fígado, rins, pâncreas, pélvis, extremidades, cérebro, coluna vertebral e vasos sanguíneos. O equipamento (Fig. 12) possibilita também reconstruções em 3D nos diversos planos anatômicos. As principais vantagens dos sistemas de tomografia sobre a radiologia convencional são a capacidade de fornecer contraste em tecidos moles e gerar visões na direção de propagação do feixe (imagem 3D).



FIGURA 12: Equipamento de Tomografia Computadorizada atual.

Em 1969, o médico Raymond Vahan Damadian, em sua pesquisa envolvendo sódio e potássio nas células vivas, propôs a criação de um equipamento para exames por ressonância magnética. Em 1977, a primeira máquina de ressonância magnética foi criada por três americanos: Raymond Damadian, Larry Minkoff e Michael Goldsmith (Fig. 13).

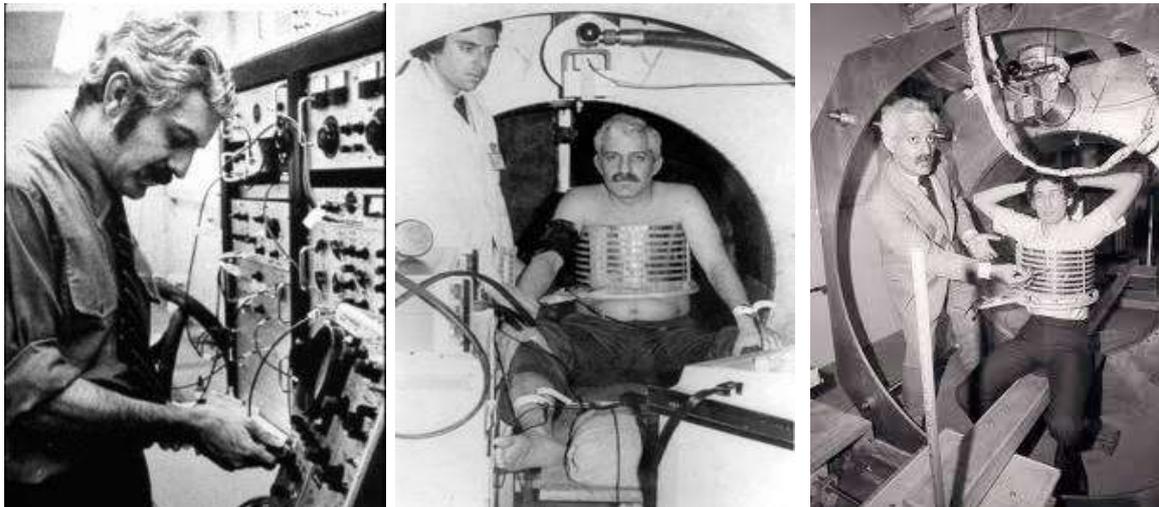


FIGURA 13: Primeiro equipamento para exames por ressonância magnética sendo testado por seus criadores em 1977.

Diferentemente do Tomógrafo Computadorizado, a Ressonância Magnética não trabalha com radiação ionizante (raio X). Por isso os equipamentos possuem aplicações diferentes e complementares. O equipamento de ressonância magnética capta a imagem através de rádio frequência em conjunto com um campo magnético. Seu principal componente é o magneto, responsável por gerar um altíssimo campo magnético. Por isso cuidados especiais de segurança necessitam ser tomados. A aplicação ideal do exame por ressonância magnética é a obtenção de imagens 3D de tecidos moles como pele, intestino, cérebro, pulmão, músculos, tendões, entre outras (Fig. 14).

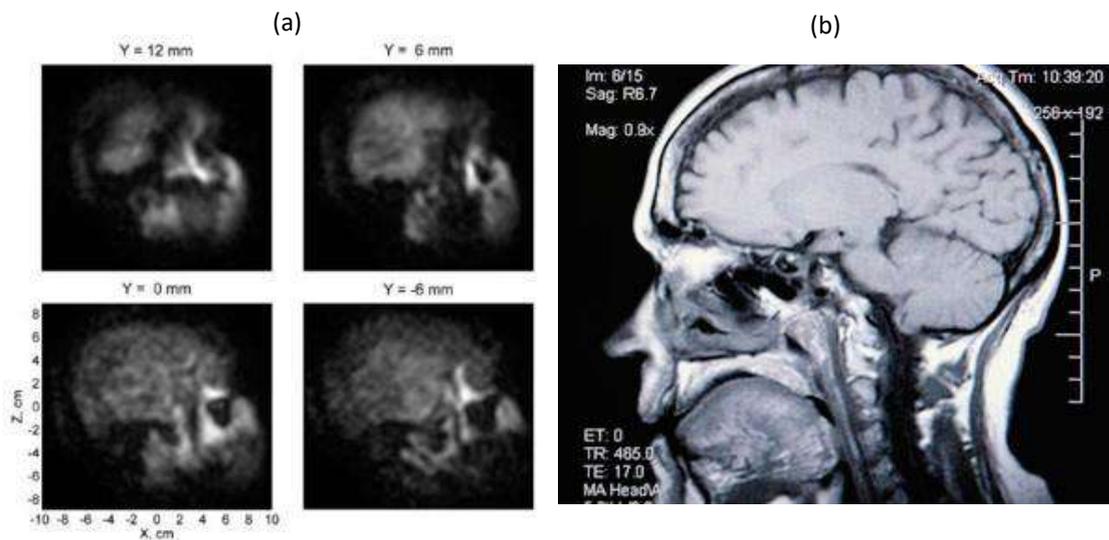


FIGURA 14: (a) Imagens de uma cabeça humana captadas pelo primeiro equipamento de exame por ressonância magnética (1977). (b) Imagem de cabeça e parte do pescoço humano, adquirida por um equipamento de ressonância magnética atual.

Eletrocirurgia é um método amplamente difundido nos dias atuais, que promove corte e coagulação simultâneos em tecidos biológicos. O Bisturi Eletrônico é o equipamento que produz uma corrente elétrica de alta frequência capaz de gerar o efeito eletrocirúrgico. Em 1929, Bovie construiu o primeiro equipamento comercial para corte e coagulação de tecidos biológicos. Na década de 1970, devido o advento dos transistores, foi possível a construção de equipamentos menores e melhor adaptados aos centros cirúrgicos. Na década de 1990, os circuitos passaram a ser microprocessados, ou seja, foi adicionada programação embarcada, permitindo a monitoração e controle contínuo da potência que circula pelo paciente, aumentando a segurança e a eficácia do sistema.

Em conjunto com técnicas de endoscopia (olhar por dentro do corpo), a eletrocirurgia possibilitou o advento das cirurgias minimamente invasivas, por vídeo laparoscopia, em que incisões mínimas são realizadas no paciente, permitindo a entrada de canulados com ferramentas operatórias e uma câmera de vídeo. O médico cirurgião realiza o procedimento obtendo a imagem do interior do paciente em monitor de vídeo especial e, através de um sistema eletrocirúrgico, realiza cortes e coagulações. A evolução da cirurgia por vídeo laparoscopia, ocorrida durante o século XX, culminou na cirurgia videolaparoscópica robô-assistida, no século XXI. Conhecida também como cirurgia robótica, esse procedimento permite que pacientes sejam operados por braços robóticos telecomandados por um cirurgião. A cirurgia robótica possibilita maior amplitude de movimentos e graus de liberdade no interior do paciente (em relação à mão humana), podendo eliminar tremores, aumentar a precisão de movimentos repetitivos e permitir visão em 3D. A grande dificuldade atual em relação ao seu uso é o alto custo (atualmente por volta de 7 milhões de reais pelo equipamento, além do custo de cada cirurgia) (Fig. 15). Há quem aposte que, em um futuro próximo, quando as redes de internet forem 100% confiáveis, cirurgiões renomados poderão operar à distância com ajuda dos robôs cirúrgicos, oferecendo mais acesso às pessoas que moram longe dos centros urbanos mais desenvolvidos.



FIGURA 15: Sistema de cirurgia videolaparoscópica robô-assistida com o robô da Vince.

Além dos equipamentos e técnicas citados, muitos outros desenvolvimentos marcantes ocorreram durante o século XX e início do século XXI. Advento da impressão 3D e aplicação na área da saúde para próteses e planejamento cirúrgico, equipamentos de Medicina Nuclear e Radioterapia, Máquina de Hemodiálise, Incubadora Neonatal, Oxímetro de Pulso, equipamento de Gasometria, Capnógrafo, equipamentos de biossegurança como Autoclave, Lavadora Ultrassônica e Termo Desinfectora, Microscópio Eletrônico, equipamentos para Reabilitação e Tecnologia Assistiva, entre outros. Imagine, então, o tamanho da demanda existente, de mão de obra altamente especializada, não apenas para o desenvolvimento, mas para a gestão, calibração, manutenção, comercialização e correta utilização de todas essas tecnologias.

3. Formalização da Engenharia Biomédica

A Alemanha e os Estados Unidos (EUA) são considerados os berços da Engenharia Biomédica no mundo. O Instituto Max Planck de Biofísica, em Frankfurt na Alemanha, foi a primeira instituição a incluir disciplinas específicas de Engenharia Biomédica no seu currículo. Porém, foi nos EUA, por volta de 1945, onde a Engenharia Biomédica foi difundida. Nessa época, os cursos eram voltados para as subáreas Bioengenharia e Engenharia de Reabilitação. Mais tarde, na década 1960, foi verificada a necessidade de melhorar a segurança no uso das tecnologias médicas, surgindo a Engenharia Clínica, também nos EUA. No Brasil, o primeiro curso de pós-graduação em Engenharia Biomédica surgiu em 1975, na Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Vale ressaltar, que nesse mesmo ano foram criadas a Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica – SBEB (<http://www.sbeb.org.br>) e a revista científica brasileira *Research on Biomedical Engineering* (<http://www.rbejournal.org/>).

O primeiro curso de graduação em Engenharia Biomédica no mundo surgiu em 1965, na Universidade de Illinois, nos EUA, sendo que hoje existem centenas nesse país. O México iniciou em 1975, a Argentina em 1978 e o Brasil teve a primeira graduação em Engenharia Biomédica em 2001, 36 anos mais tarde do que os EUA. O Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel é uma das instituições pioneiras na Engenharia Biomédica no Brasil, iniciando o Projeto de Engenharia Biomédica do Vale da Eletrônica em 2001, o Grupo de Estudos de Engenharia Biomédica do Inatel em 2003, Curso de Extensão em Engenharia Biomédica em 2004, Pós-graduação Lato Sensu em Engenharia Biomédica em 2006 e graduação em Engenharia Biomédica em 2010 (Fig. 16).

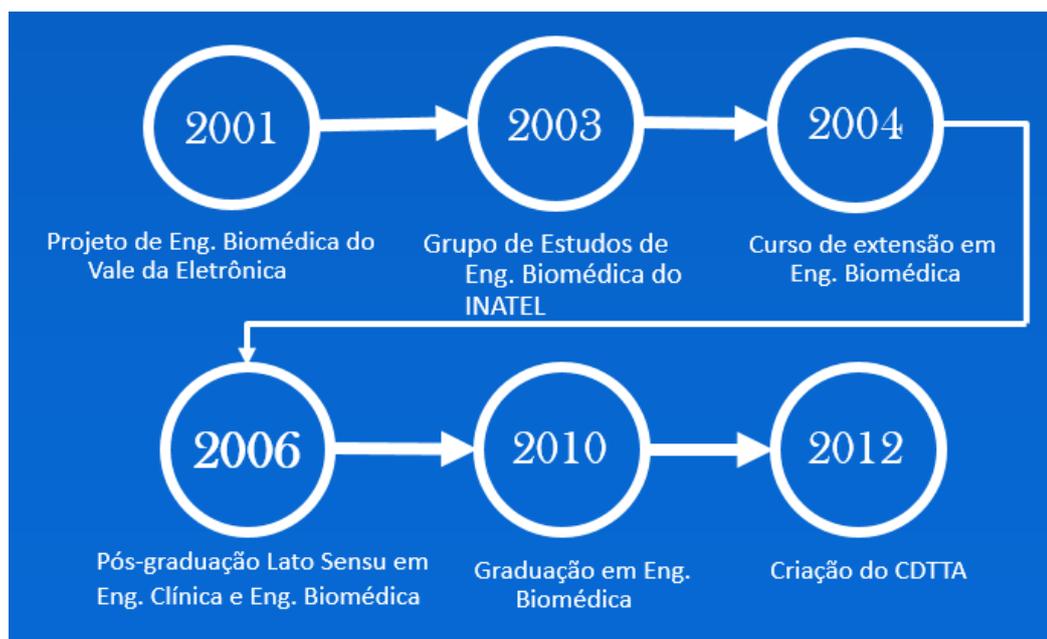


FIGURA 16: Histórico do Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel na Engenharia Biomédica.

O curso de graduação em Engenharia Biomédica foi regulamentado no Brasil em 2007, pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – CONFEA. Atualmente, de acordo com a Resolução Nº 1.103 de 26 de julho de 2018, do CONFEA, o Engenheiro Biomédico integra a categoria de Engenharia modalidade Eletricista com as atribuições aplicadas:

I - aos serviços, aos materiais, aos dispositivos, aos produtos médicos e aos sistemas de auxílio à motricidade, à locomoção e ao funcionamento de órgãos de seres vivos;

II - aos instrumentos e aos equipamentos elétricos, eletrônicos e eletromecânicos de tecnologias para a saúde, de imagenologia, de aferição, de monitoração, de estimulação e de reprodução de sinais vitais das áreas médica, odontológica ou hospitalar; e

III - aos dispositivos e equipamentos médicos, odontológicos e hospitalares para procedimentos cirúrgicos, de diagnóstico, de tratamento, de ressuscitação, de eletroestimulação ou de higienização.

4. Subáreas e interdisciplinaridade

Os conhecimentos relacionados à Engenharia Biomédica são abrangentes, por isso, para trabalhos na área, se faz necessária a formação de equipes interdisciplinares. Em times de desenvolvimento, por exemplo, é muito importante a participação de profissionais da área da saúde, tanto para a definição do escopo do projeto, quanto para a validação e testes com voluntários, pacientes. No entanto, é importante que esses profissionais tenham conhecimento de tecnologia, sendo a especialização em Engenharia Biomédica atraente para esses profissionais provindos da área da saúde, pois se torna um diferencial e abre o leque de opções no mercado de trabalho.

Em âmbito internacional, a Engenharia Biomédica pode ser dividida em pelo menos 15 subáreas: Engenharia Clínica, Biossensores, Diagnósticos e Análises Médicas, Biomecânica, Próteses Implantáveis/Orgãos Artificiais, Imagem Médica, Biomateriais, Biotecnologia, Engenharia de Tecidos, Neuroengenharia, Instrumentação Biomédica, Bionanotecnologia, Modelamento Fisiológico, Engenharia de Reabilitação e Bioinformática/Informática Médica. Por outro lado, no Brasil, são vistas cinco subáreas da Engenharia Biomédica na prática: Engenharia Clínica, Engenharia de Reabilitação, Instrumentação Médica, Bioengenharia e Bioinformática.

Engenharia Clínica: Gestão da tecnologia no ambiente hospitalar. Certificação e testes em equipamentos médicos. Projeto, adequação e execução de instalações de parques hospitalares. Assessoria para aquisição de equipamentos, treinamento e orientação de equipes de manutenção, envolvendo segurança e controle de qualidade dentro de clínicas ou hospitais. De acordo com o Colegiado Americano de Engenharia Clínica (ACCE), o Engenheiro Clínico é o profissional que aplica e desenvolve os conhecimentos de engenharia e práticas gerenciais às tecnologias de saúde, para proporcionar uma melhoria nos cuidados dispensados aos pacientes (Fig. 17).

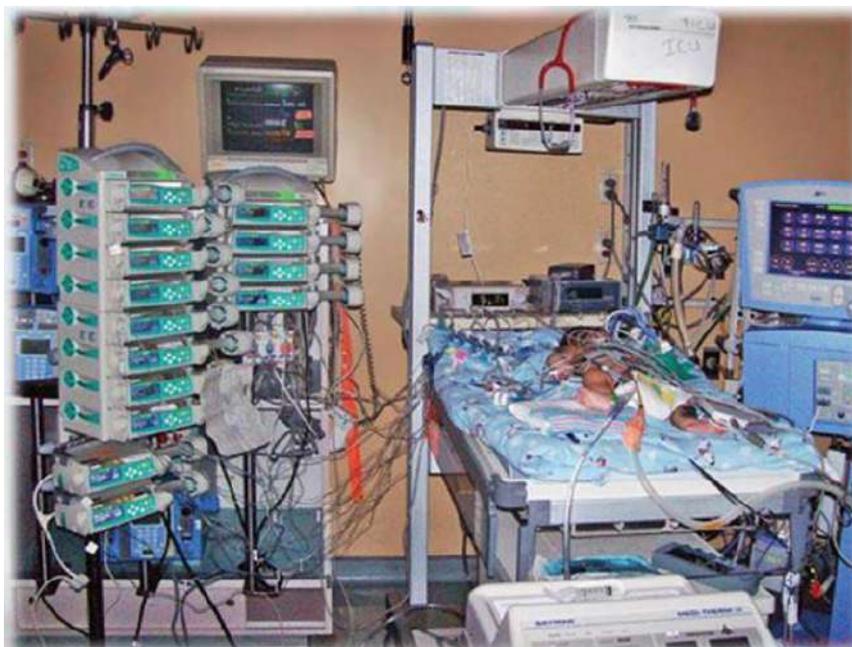


Figura 17: Paciente infantil em unidade de terapia intensiva. A quantidade de equipamentos demonstra a necessidade de profissionais da área da engenharia clínica nos hospitais.

Engenharia de Reabilitação: Estudo e aplicação de princípios de engenharia, conhecimento técnico e design de projeto no desenvolvimento e fornecimento de Tecnologia Assistiva para ajudar pessoas com deficiências e mobilidade reduzida, incluindo idosos, a atingirem os seus objetivos. Possui alta aderência com Biomecânica e tecnologias desportivas. Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (Fig. 18).

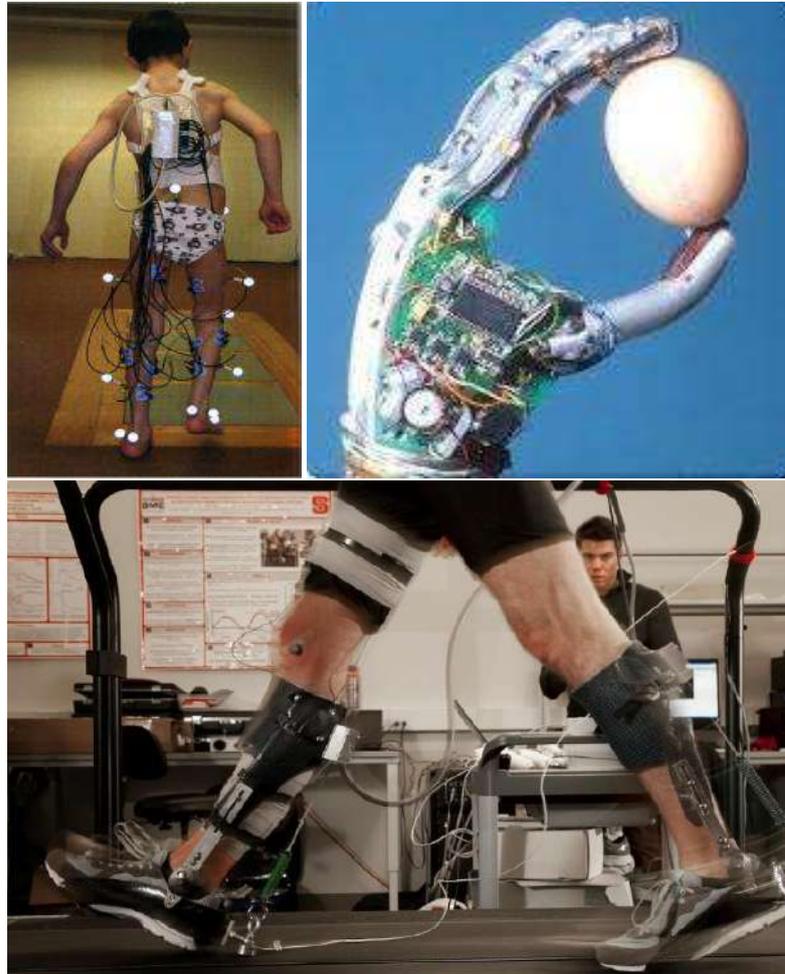


Figura 18: Equipamentos da área de Engenharia de Reabilitação.

Instrumentação Médica (Equipamentos Eletromédicos): Estudo e projeto de instrumentação (principalmente eletrônica), sensores, *software* e *hardware*, processamento de imagens, eletrofisiologia, entre outros, para a área odonto-médico-hospitalar. No passado, o termo instrumento médico representava instrumentos manuais utilizados por médicos para observar, examinar órgãos ou fazer medidas de pacientes, como termômetro, estetoscópio e ferramentas cirúrgicas. Atualmente, os instrumentos médicos adquirem e processam dados, muitas vezes são ligados a uma rede de comunicação, e são utilizados para monitoração, terapia ou diagnóstico de enfermidades. Os dispositivos médicos utilizam energia elétrica, mecânica, química ou até mesmo radiação para alcançar um propósito terapêutico desejado (Fig. 19).



FIGURA 19: Instrumentação eletromédica.

Bioengenharia: Cultivo de células, produção de órgãos e tecidos biológicos artificiais. Desenvolvimento de dispositivos implantáveis e nanoestruturas. A bioengenharia tem como objetivo a aplicação da engenharia aos processos biológicos, desenvolvendo a base científica e novas ideias para o apoio de instrumentação e de novos métodos de promoção da saúde. Se fundamenta no uso da matemática, física, análise de sistemas e sistemas computacionais, relacionando com o funcionamento dos sistemas vivos. A bioengenharia também trabalha com engenharia genética e de meio ambiente e está intimamente ligada a Biomateriais, Próteses e Órgãos Artificiais, Biomecânica e Biotecnologia (Fig. 20 e 21).

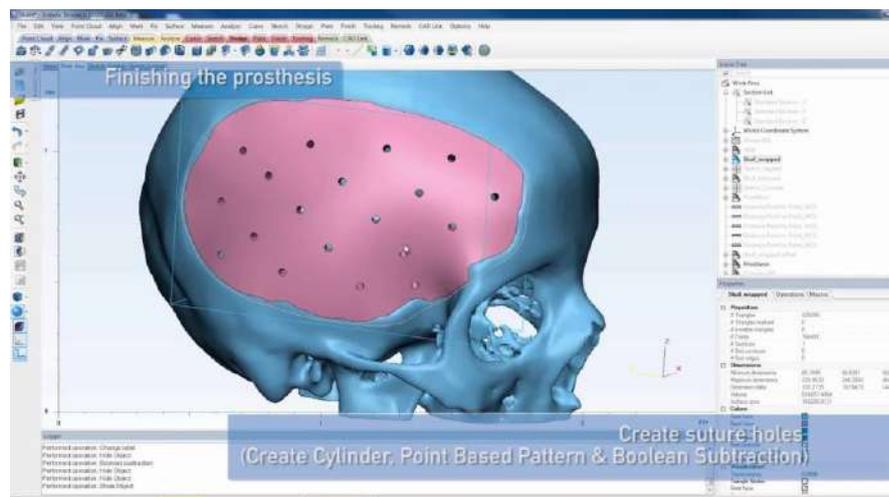


FIGURA 20: Modelo 3D de calota craniana para cranioplastia em um seres humanos. Esse modelo de prótese é manufaturado em 3D por sinterização de pó de titânio, tendo como base um arquivo de imagem médica (DICOM) do próprio paciente, por isso se encaixa perfeitamente com o crânio.



FIGURA 21: Biorreator mantendo vivo um pulmão criado em laboratório.

Bioinformática (Informática Médica): Processamento de sinais e imagens médicas, desenvolvimento de sistemas computacionais para o suporte de dispositivos e processos dedicados à área da saúde. Redes neurais, inteligência artificial, sistemas baseados em conhecimento e robótica. Registro de pacientes, padrões de comunicação e controle de custos relacionados à área hospitalar. Esta subárea da Engenharia Biomédica tem crescido exponencialmente nos últimos anos e tem buscado resultados em: Informação do hospital (HIS), registros de pacientes baseados em computador (CBPR ou CPR), padrões de comunicação (por exemplo HL7) e processamento de imagens médicas.



FIGURA 22: Sistema de rede hospitalar.

5. Oportunidades em Engenharia Clínica

O sistema de saúde é um ambiente complexo com inúmeras instalações e equipamentos, envolvendo atendimentos, riscos e vidas. O ambiente clínico recebe diferentes tipos de pacientes com várias idades e condições de saúde. Por isso, precisa de pessoal altamente qualificado e uma correta gestão do parque tecnológico (Fig. 23).



FIGURA 23: Sala cirúrgica com tecnologia de ponta.

Atualmente o Brasil possui 7.500 hospitais, entre públicos e privados, por isso a Engenharia Clínica tem crescido em ritmo acelerado. Quem regulamenta os estabelecimentos assistenciais de saúde é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através de Resoluções da Diretoria Colegiada (RDC) e Portarias. De acordo com a RDC nº 02 de 2010, em seu 8º artigo, os estabelecimentos de saúde devem designar um **profissional com nível de escolaridade superior**, com registro ativo junto ao seu conselho de classe, para exercer a função de **responsável pela elaboração e implantação do Plano de Gerenciamento** de cada tecnologia utilizada na prestação de serviços a saúde. Portanto, a lei não obriga ainda que o profissional que realiza o Plano de Gerenciamento de Engenharia Clínica seja um especialista. No entanto, a prática no mercado de trabalho tem mostrado que os profissionais especialista conseguem se colocar mais adequadamente nesse cargo.

A RDC número 63 de 2011, no artigo 54 preconiza: O serviço de saúde deve realizar o gerenciamento de suas tecnologias de forma a atender as necessidades do serviço mantendo as condições de seleção, aquisição, armazenamento, instalação, funcionamento, distribuição, descarte e rastreabilidade. Além do Plano de Gerenciamento ser obrigatório, os hospitais que desejaram aderir a um programa de acreditação hospitalar, como a Organização Nacional de Acreditação (<https://www.ona.org.br>), precisam estar em dia com setor de Engenharia Clínica. Entre os pontos importantes para que uma instituição consiga acreditação hospitalar, pode-se destacar: Inventário de equipamentos, metodologia para priorização da manutenção, plano de manutenções programadas, histórico de manutenções dos equipamentos, plano de contingência, metodologia de incorporação de tecnologia e indicadores de gestão.

6. Conclusão

Através desta apostila foi possível o contato com questões introdutórias sobre Engenharia Biomédica, como os principais marcos da profissão, no Brasil e no Mundo. Nesse contexto, foram citadas algumas das principais tecnologias médicas desenvolvidas nos últimos séculos e as principais subáreas desta profissão promissora.

Referências

- ALMEIDA, Cristina et al. A descoberta e a evolução do RX. Tecnologias da Saúde Online. 2008.
- AGENCIA NACIONAL DE SEGURANÇA SANITÁRIA (ANVISA). Boas práticas em serviços de saúde. Disponível em <<https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente>>. Acesso em jan. 2019.
- BRONZINO, Joseph D., The biomedical engineering handbook - Vol. 2: medical devices and systems. 3 ed. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, 2006, ISBN 0-8493-2122-0.
- CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). Resolução Nº 1.103, de 26 de julho de 2018. Disponível em <<http://www.confea.org.br>>. Acesso em jan. 2019.
- De Souza, Jacqueline F. T. et al.. História e desenvolvimento da circulação extracorpórea na cirurgia cardíaca. Atas de Ciências da Saúde (ISSN 2448-3753), v. 1, n. 4, 2013.
- ENDERLE, John D.; BLANCHARD, Susan M.; BRONZINO, Joseph D., Introduction to biomedical engineering. 2 ed. Estados Unidos da América, EUA: Elsevier, 2005, 1118 p. ISBN 0-12-238662-0 / ISBN 13: 978-0-12-238662-6.
- EQUIPACARE. Gestão de qualidade e manutenção. Disponível em <<http://equipacare.com.br/07-principais-exigencias-em-acreditacao-para-o-setor-de-engenharia-clinica/>>. Acesso em jan. 2019.
- Ministério da Saúde. Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção: capacitação a distância. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2002, 720 p. ISBN 85-334-0556-1
- RAMIREZ, E. O que é Engenharia Biomédica. Disponível em <<http://www.uel.br/pessoal/ernesto/2ele048/engbio.pdf>>. Acesso em jan. 2019.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA BIOMÉDICA (SBEB). A graduação em Engenharia Biomédica no Brasil. Disponível em <<http://www.sbeb.org.br/site/graduacao/>>. Acesso em jan. 2019.
- WEBSTER, John G.; CLARK JR., John W.; NEUMAN, Michael R., Medical instrumentation: application and design. 3 ed. U.S.A.: John Wiley, 1998, 691 p. ISBN 0-471-15368-0.