REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

DESAFIOS DA ENGENHARIA CLÍNICA NO BRASIL

CHALLENGES OF CLINICAL ENGINEERING IN BRAZIL

Engenharias, Ciências da Saúde, Ciências Humanas • 14/04/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/776046690

Guilherme Isaías de Paula[1]

Fabiano Cerri[2]

Sabrina Matiello[3]

Karina do Valle Marques[4]

RESUMO

O aumento significativo e rápido avanço tecnológico de técnicas e produtos voltados para a melhoria da qualidade de vida, diagnósticos e tratamentos dos seres humanos abriram espaço para uma nova área do conhecimento: a engenharia clínica. Os desafios desse setor em expansão constante são, dentre outros, acompanhar os custos crescentes de equipamentos, uma vez que seus benefícios estão maiores e melhores. Neste trabalho é apresentado o histórico da engenharia clínica desde o seu surgimento nos Estados Unidos da América, o histórico do surgimento mais tardio no Brasil, até chegar ao cenário atual com enfoque nos desafios pertinentes.

Palavras-chave: Engenharia Clínica. Equipamentos médico-hospitalares. Gestão de tecnologia para a saúde.

ABSTRACT

The significant increase and rapid technological advancement of techniques and products aimed at improving the quality of life, diagnoses, and treatments of human beings have opened up space for a new area of knowledge: clinical engineering. The challenges of this constantly expanding sector include, among others, keeping pace with the rising costs of equipment, given that its benefits are becoming greater and better. This work presents the history of Clinical Engineering from its emergence in the United States of America, the history of its later emergence in Brazil, up to the current scenario, focusing on the relevant challenges.

Keywords: Clinical Engineering. Medical equipment. Health technology management.

1. INTRODUÇÃO

A compreensão da Engenharia Clínica pode ser concebida através da definição da função do profissional que a exerce. De acordo com o American College of Clinical Engineering (ACCE), “engenheiro clínico é aquele profissional que aplica e desenvolve os conhecimentos de engenharia e práticas gerenciais às tecnologias de saúde, para proporcionar uma melhoria nos cuidados dispensados ao paciente” (ACCE, 2026).

A Engenharia Clínica é uma subárea da Engenharia Biomédica (EB) e, segundo Bronzino (1995), o Engenheiro Clínico é aquele formado a partir de um programa acadêmico credenciado em engenharia e está envolvido na aplicação do conhecimento científico e tecnológico no ambiente de cuidados de saúde com apoio clínico. O ambiente clínico é o local no qual é prestado atendimento, e as atividades desempenhadas incluem a assistência direta ao paciente, pesquisa e ensino, destinados a melhorar a atenção à saúde.

No Brasil, a Engenharia Clínica é uma área do conhecimento e funcionalidade recentes, atuando de forma transversal na melhoria e otimização do funcionamento de centros de saúde, hospitais, clínicas, instituições de pesquisas, operadoras da área da saúde etc.

Utilizando-se da pesquisa exploratória para abordar a Engenharia Clínica no Brasil, as fontes de pesquisa primárias fazem parte do acervo de trabalhos acadêmicos (relatórios, dissertações e artigos) de instituições como o Centro de Engenharia Biomédica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Universidade Estadual de Londrina (UEL). Também foram utilizados dados e trechos trazidos de obras/autores notáveis da área, que também foram citados nos trabalhos acadêmicos aqui referidos. Além disso, é possível encontrar cartilhas disponibilizadas pelo Ministério da

Saúde e ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) que auxiliaram no entendimento do assunto e construção deste trabalho. A disponibilidade de dados oficiais sobre a implantação e desenvoltura atual da engenharia clínica no Brasil ainda são escassas. O fato se deve à incipiência do mercado, que ainda estrutura a engenharia clínica como uma área que pode atuar no setor, mas ainda não é essencial a existência do mesmo.

Neste trabalho apresentamos o papel da Engenharia Clínica no Brasil e sua importância como uma área essencial para a saúde, trazendo um histórico sobre a formação desse campo, refletindo sobre seu papel e sobre os desafios encontrados ainda hoje para a sua implementação.

2. HISTÓRIA DA ENGENHARIA CLÍNICA

Ramirez e Calil (2000) nos trazem a seguinte informação sobre a origem da Engenharia Clínica:

> *A Engenharia Clínica inicia-se em 1942, em Saint Louis, nos Estados Unidos, com a criação de curso de manutenção de equipamentos médicos pelo exército. Esse curso levou posteriormente à implementação de escola de manutenção de equipamentos do próprio exército em Denver. Nas décadas seguintes, entre 1960 e 1970, a intensidade no uso de tecnologias em equipamentos médicos – como ultrassom, analisadores químicos de sangue e tomografia – aumentou sobremaneira. Embora essa tecnologia pudesse aprimorar o diagnóstico e aperfeiçoar o processo de detecção de doenças, seu uso crescente começou a deixar os profissionais preocupados. Foram identificados riscos, como a dificuldade de realizar testes, o alto custo de venda dos equipamentos e, principalmente, lacunas na legislação sobre segurança, que não era suficientemente específica para assegurar que seu uso produziria realmente os efeitos esperados (Ramirez; Calil, 2000, p. 28).*

A necessidade de gerenciar problemas relativos às tecnologias de saúde, bem como os equipamentos, fez surgir o profissional responsável dentro do sistema de saúde, denominado engenheiro biomédico ou engenheiro clínico. Nos EUA, notadamente, a profissão surgiu na década de 1960, em decorrência do rápido avanço de equipamentos médicos oriundos dos centros de pesquisas acadêmicas. Segundo Bronzino (1995), a solidificação da

profissão no mercado americano na década seguinte deu-se por conta de três particularidades:

1. As administrações profissionais, convencidas de que, para aumentar o volume das operações e/ou serviços nos seus sistemas hospitalares, deveriam dividir o país em distritos de engenharia biomédica, com um engenheiro biomédico chefe que supervisionasse todas as atividades de todos os engenheiros dos hospitais de cada distrito;

2. A criação de departamentos de engenharia clínica nos grandes centros médicos e hospitais a partir de 300 leitos;

3. A engenharia clínica foi um dos aspectos-chave da qualificação da assistência médica através da criação de novas tecnologias ou da melhoria das tecnologias já existentes.

Outro ponto importante a destacar refere-se ao final da década de 1960 e começo da de 1970, onde houve, nos Estados Unidos, um alarde com a notícia divulgada pelo cirurgião Cari W. Walter, da Harvard Medical School, de que no país estavam morrendo cerca de três (3) pessoas por dia, ou hum mil e duzentas pessoas (1200) por ano, devido aos choques elétricos relacionados com equipamentos médicos (Friedlander, 1989; Dalziel, 1972). Esses dados não foram propriamente comprovados pelo governo dos Estados Unidos na época, mas foram suficientes para despertar a atenção dos responsáveis para o quesito de segurança dos equipamentos médicos.

Assim, “os engenheiros não substituiriam os médicos, mas, sim, forneceriam a tecnologia, automação, sistemas de comunicação,

para auxiliar o médico a desempenhar as suas atividades clínicas" (Jurgen, 1973; Hershberg, 1972).

A importância crescente dos hospitais, ao longo do século XX, como os principais centros voltados aos cuidados de saúde, o aumento do parque de equipamentos eletroeletrônicos e o aparecimento de novas tecnologias, ampliando o quadro dos recursos utilizados, tornaram indispensável a presença de profissional especializado, capacitado a assessorar, do ponto de vista técnico, o corpo clínico no gerenciamento de todas essas novas tecnologias, associadas aos serviços de saúde. O engenheiro clínico, é o profissional qualificado para isso, cuja a sua função está relacionada a gestão das tecnologias médico-hospitalares (GTMH) em estabelecimento assistencial de saúde (EAS), pela aplicação de métodos de engenharia voltados a solucionar os problemas de equipamentos e dos serviços a eles relacionados, ofertados nas unidades de saúde (Calil, 1990).

No início da estruturação do que se tornaria a engenharia clínica nos EUA, o governo não possuía legislação pertinente nessa área para a certificação dos equipamentos médicos antes de eles serem comercializados. Logo, foi incumbido à Food and Drugs Administration (FDA) a missão de solucionar esse problema. A solução apresentada foi a de classificar os equipamentos médicos da mesma forma como eram classificados os medicamentos. Não demorou para que essa solução se mostrasse ineficaz, pois o processo exigia muito tempo e dinheiro por parte dos fabricantes, inviabilizando, assim, pesquisas e a comercialização de seus produtos.

Após muitas discussões e debates, foi aprovada, em 28 de maio de 1976, pelo então presidente Ford, uma legislação (PL 94-295), a qual solicitava que as diferentes fabricantes dos equipamentos médicos nos EUA estabelecessem a segurança e a eficácia de seus produtos. Isto gerou a necessidade de contratação imediata de mais de 300 engenheiros biomédicos e eletroeletrônicos para trabalhar nos escritórios da FDA (Jurgen, 1977). Dessa forma, pouco a pouco os engenheiros foram galgando espaços em hospitais e instituições ligadas à saúde.

Na mesma década de 1970, Thomas Hargest, o primeiro engenheiro clínico certificado da história, e César Cáceres criaram o termo engenheiro clínico, para denominar o engenheiro responsável pelo gerenciamento de equipamentos de um hospital, através de consertos, treinamento de usuários, verificação da segurança e desempenho e especificações técnicas para aquisição (Gordon, 1990).

Nos Estados Unidos, a engenharia clínica seguiu um curso natural: primeiro foi garantida a segurança dos equipamentos no decorrer das décadas de 1960 e 1970. Em seguida, nas décadas de 1980 e 1990, tentou-se melhorar o desempenho e diminuir os custos. Dessa maneira, consolidou-se a profissão de engenheiro clínico nos Estados Unidos, que ficou reconhecido como o país berço da Engenharia Clínica. Na década de 1980, havia uma crise de identidade dos engenheiros clínicos frente aos administradores, médicos e enfermeiras que, por não terem conhecimentos técnicos sobre equipamentos, não tratavam com o devido respeito, cooperação e aceitação os engenheiros clínicos (Goodman, 1989). Os principais fatores que levaram a esta crise são:

- Uma definição muito aberta de engenharia clínica (aplicação dos princípios de engenharia e habilidades gerenciais na saúde), que gerava conflito com administradores, médicos e enfermeiras quanto às demarcações de espaço. havia falta de entendimento claro no estabelecimento das atribuições. A profissão não tinha uma organização de representação forte. Isso decorria do fato de que não havia um consenso sobre as atribuições específicas do engenheiro clínico. Assim, não se conseguia fazer uma associação de classe com profissionais que tivessem os mesmos objetivos.;

- A profissão não era baseada em um conjunto bem definido de conhecimentos. Segundo Shaffer e Shaffer (1989), os engenheiros de campo tinham desprezo pelas credenciais acadêmicas.

- Processo de certificação, segundo Gordon (1990), feito pela Internacional Certification Comission (ICC), estava fora da realidade das leis de mercado, já que dava muita ênfase à parte técnica, deixando de lado a parte gerencial da engenharia clínica.

Como se observa, a engenharia clínica, apesar de ter sido estabelecida há algumas décadas nos Estados Unidos, ainda sofria alguns problemas de identidade comuns a qualquer nova área. Esta situação somente poderia ser melhorada através do estabelecimento de uma sociedade profissional de engenharia clínica (Arthur; Boxerman, 1981) para:

- Educar os consumidores (administradores, médicos e enfermeiras do hospital) sobre as atribuições dos engenheiros

clínicos;

- Orientar os formadores de engenheiros clínicos na elaboração dos currículos básicos de engenharia clínica;

- Promover o envolvimento crescente dos engenheiros clínicos em todas as áreas envolvidas com alta tecnologia, bem como participar dos processos de tomada de decisão nas instituições de saúde. A partir da década de 1980, começou a se pensar no engenheiro clínico não apenas como responsável pelos equipamentos dos hospitais, mas, sim, como um elemento que poderia ter participação ativa nas áreas de transferência de tecnologia, avaliação tecnológica e gerenciamento tecnológico. Apesar de ter relação com cada uma destas atividades, a engenharia clínica se aproximou delas de maneira não-sistemática. Isto limitou o impacto e o papel do engenheiro clínico nestas áreas (Goodman, 1991).

Em 1991, o Colégio Americano de Engenheiros Clínicos (American College of Clinical Engineers - ACCE) criou outra definição para servir de opção mais realista para os engenheiros clínicos. Esta definição dava ênfase à parte administrativa e de gerenciamento e avaliação de tecnologias (Bauld, 1991).

A partir de janeiro de 1994, o ICC renovou o seu método de certificação. Para manter válida a sua certificação, os engenheiros clínicos e os técnicos biomédicos agora são obrigados a manterem níveis de conhecimentos profissionais e tarefas consistentes com as normas nas quais a certificação inicial foi obtida (Farmer, 1996). Este processo é chamado de re-certificação e consiste na comprovação, por parte dos candidatos, de atividades desenvolvidas na área. Para

isto, o candidato deve alcançar no mínimo 15 pontos em um período de três anos, nas cinco categorias abaixo relacionadas:

- Cursos (10 pontos);
- Publicações e apresentações (10 pontos);
- Participação na sociedade profissional (10 pontos);
- Outras atividades profissionais (10 pontos);
- Experiência de trabalho (1 ponto a cada ano de trabalho).

A re-certificação dá ênfase à formação contínua do engenheiro clínico (cursos) e à sua interação com outros engenheiros clínicos, por meio de publicações, apresentações e participação na sociedade profissional. O objetivo é não deixar o engenheiro clínico se isolar, pois a experiência de trabalho só conta 1 ponto por ano, induzindo-o a estar sempre reciclando seus conhecimentos. No início da década de 1990, o governo federal norte-americano começou a reduzir os custos com saúde através do controle e fiscalização dos serviços médicos para assegurar que os métodos de tratamento utilizados fossem mais eficientes, seguros e baratos.

O pagamento por consulta para os médicos, especialmente os cirurgiões, sofreu uma redução. Com isto, os médicos foram incentivados a utilizar tecnologias que reduzissem o tempo de tratamento dos pacientes, a fim de que mais pessoas fossem atendidas (Federal... 1990a; 1990b). É neste ponto que entram os engenheiros clínicos, pois eles têm, pela avaliação e gerenciamento tecnológicos, a habilidade e competência necessárias para ajudar o

corpo médico dos hospitais a escolher a melhor tecnologia e a ajudar a implementá-la e utilizá-la de maneira segura e produtiva.

Atualmente, os engenheiros clínicos ainda buscam conquistar o seu espaço nos hospitais. A ênfase dada à segurança nas décadas de 1960 e 1970, passou a ser dada ao custo e eficácia nas décadas de 1980 e 1990. Pode-se dizer que se passou da "era do micro-choque" para a "era da contabilidade" (Pacela, 1988).

3. ENGENHARIA CLÍNICA NO BRASIL

Estima-se que os profissionais da Engenharia Clínica começaram a ganhar espaço no mercado de trabalho brasileiro na década de 1980. Deixando, assim, um retardo na área em relação aos Estados Unidos e à Europa. Nos países europeus e na América do Norte, a implementação e a expansão do setor de Engenharia Clínica foram impulsionadas pela necessidade de uma maior segurança no uso das suas tecnologias disponíveis. Já no Brasil, o aspecto financeiro foi um fator determinante na inserção do setor no país.

A esse respeito, “no Brasil, em 1989, o Ministério do Bem-estar e da Previdência Social estimou que de 20 a 40% dos equipamentos médicos no Brasil estavam desativados por falta de conserto, peças de reposição, suprimentos ou até instalação” (Wang; Calil, 1991). A situação instaurada dava-se por diversos fatores, como:

• descontrole dos custos de manutenção – elevado custo de manutenção dos equipamentos e seus acessórios;

- Falta de recursos humanos – insuficiência de mão-de-obra técnica e/ou profissionais qualificados;

- Falta de uma política clara, legislação, normas regulamentadoras para o setor;

- Falta de documentação sobre a segurança dos equipamentos, ou até mesmo desconhecimento da existência da mesma;

- Falta de cooperação dos fabricantes ou representantes dos equipamentos, que entravavam a aquisição de peças de reposição e de documentação técnica;

- Existência de um sistema burocrático dificultoso na importação de peças ou equipamentos de testes.

Frente a essa situação, era clara a necessidade de equipes de engenharia clínica pelo país. Sendo assim, com o apoio do Ministério da Educação e da Saúde, no início da década de 1990, surge, então, a Engenharia Clínica como pós-graduação, a princípio, para Engenheiros Eletricistas, baseada no modelo americano trazido e implantado no Centro de Engenharia Biomédica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) pelo professor Wang Binseng e que mais atendia às necessidades da época.

Posteriormente, entre os anos de 1993 e 1995, foram instituídos cursos anuais de especialização em engenharia clínica, financiados pelo Ministério da Saúde, com carga horária de 1935 horas. Esses cursos foram implantados nas universidades UNICAMP (Campinas-SP), USP (São Paulo-SP), UFPB (João Pessoa-PB) e UFRS (Porto Alegre-RS), destinados a engenheiros eletricistas que quisessem trabalhar em hospitais.

Juntamente com essa medida, foi estabelecida uma central de referência técnica no Centro de Engenharia Biomédica (CEB) da

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Esta central, que já existe desde 1983, tem como objetivo adquirir documentação técnica e legislações, normas e regulamentações dos fabricantes de equipamentos médicos, nacionais ou estrangeiros, e das associações civis governamentais e não governamentais dos Estados Unidos e outros países da Europa, para depois fornecer este material para as instituições de saúde nacionais que precisarem dessas informações. No Brasil, não havia ainda uma legislação específica a respeito de segurança ou desempenho dos equipamentos médicos.

Desde 1994, a ACCE, um dos órgãos norte-americanos de certificação, passou a permitir a certificação de engenheiros clínicos brasileiros. Isso cria uma indicação de qualidade para ser seguida pelos engenheiros clínicos no Brasil. Ainda no mesmo ano, depois de muitas discussões e votações desde 1980, foi aprovada a norma nacional NBR IEC 601-1 (ABNT, 1994), que se baseia na norma internacional IEC 601.1, que dispõe sobre a segurança dos equipamentos eletromédicos. Entre 1993 e 1996, o Governo Federal publicou uma série de portarias (Brasil, 1993; 1994; 1995; 1996), estabelecendo prazos de até 36 meses para que os fabricantes e revendedores de equipamentos eletromédicos façam a certificação dos seus produtos utilizando os critérios de segurança dos mesmos, de acordo com a norma nacional NBR IEC 601.1 e complementares, em laboratórios credenciados pelo INMETRO, para fins de obtenção de registro junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Até então, apesar de o Ministério da Saúde ter a obrigação, estabelecida por lei, de avaliar a qualidade dos produtos para diagnóstico antes de autorizar a sua comercialização, não se fazia qualquer controle dos equipamentos e seus suprimentos (COSTA;

ADEODATO; BECCARI, 1995). Isso mostra que, no Brasil, já começou a haver uma maior preocupação com a segurança dos equipamentos médicos. Apesar disso, a engenharia clínica no país ainda sofria de alguns males, dentre os quais pode-se citar, com base em Wang e Calil (1991), os seguintes:

- Falta de Informações confiáveis. Ao contrário dos Estados Unidos, no Brasil, muitos hospitais não tinham registros do histórico dos equipamentos nem de desempenho dos programas. Assim, não se conseguia fazer a análise de custos envolvidos com a engenharia clínica, nem a implementação de programas efetivos de manutenção preventiva. Isso restringiu a evolução da engenharia clínica para o estágio de gerenciamento tecnológico;

- Falta de cooperação dos médicos e administradores do hospital, que ainda enxergavam o engenheiro clínico apenas como alguém que somente faz a manutenção dos equipamentos. Com isto, o hospital não se utilizava de todo o potencial de trabalho de um engenheiro clínico;

- Escassez de metodologias de ação adaptadas à realidade nacional, pois havia pouca documentação técnica a respeito do assunto.

Com o passar dos anos, o entendimento sobre as atividades do engenheiro clínico por parte da administração de unidades de saúde ultrapassou o pré-conceito de que ele estaria ali somente para fazer a manutenção corretiva dos equipamentos médicos.

Nos anos 2000, Calil (2004) analisou a conjuntura da engenharia clínica no Brasil e constatou que a baixa inserção da profissão no

mercado se devia ao fato de que os profissionais eram necessários, mas a legislação não impunha obrigatoriedade da presença deles mesmos nas instituições de saúde.

O movimento abrangente da reflexão bioética produziu, também, reflexos na clínica médica, área na qual a bioética se consubstanciou inicialmente, pela inclusão de problemáticas atinentes a outros campos do conhecimento que contribuem “pari passu” com a medicina no processo de debelar a doença e produzir a saúde. Esse é o caso, entre outros, da Engenharia Clínica (EC), que, no Brasil, passou a ser obrigatória nas instituições de saúde, a partir da resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) por meio da RDC 02/2010.

A resolução RDC 02/2010, publicada no *Diário Oficial*, determinava a presença de um profissional com nível de escolaridade superior e com registro no 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 de saúde em todos os hospitais e centros de saúde desde a concepção do projeto.

O sucedido fomentou a procura do engenheiro clínico no mercado de trabalho, mas ainda existem muitas unidades que não possuem esse profissional em seu quadro e somente contratam uma empresa especializada.

3.1. Desafios para a Engenharia Clínica no Brasil

Calil (2004) confere à Engenharia Clínica uma função inteiramente relevante e estratégica no desempenho de uma unidade hospitalar. Segundo o autor, “a falta de verbas no sistema de saúde (do Brasil)

pode permitir que os administradores hospitalares vejam os engenheiros clínicos com outros olhos" (Calil, 2004, p. 329). Contudo, a realidade do cenário do setor de saúde no Brasil não se utiliza nem explora o potencial que a Engenharia Clínica e o profissional por ela formado têm a oferecer. O empenho em gerenciar o parque de equipamentos nas instituições de saúde no país é visto, em sua maioria, na rede privada, em hospitais de maior complexidade, alguns institutos especializados e alguns poucos hospitais universitários. Porém, é na rede pública de saúde que se encontra o atendimento da maior parte da população.

Consequentemente, se não existe o afinco em aplicar gestão das tecnologias da saúde na rede pública, a mesma enfrenta problemas como:

- A aquisição de tecnologias necessárias para o atendimento apropriado de seus pacientes;

- A manutenção de tecnologias, que, quando planejada e executada de forma correta, evitam a falha ou defeito do equipamento;

- O aspecto financeiro, que pode ser mais bem otimizado quando se tem o conhecimento necessário sobre os equipamentos e acessórios;

- A ausência de sistemas informatizados.

A utilização de técnicas adequadas para redução de erros e o aumento na disponibilidade dos dados são fundamentais em um sistema de gerenciamento, aumentando o grau de estruturação e organização no Estabelecimento Assistencial à Saúde (EAS). A

informatização e a utilização de Tecnologia da Informação (TI) aplicadas a certas atividades da Engenharia Clínica tornam-se imprescindíveis, fazendo com que, cada vez mais, os dados utilizados sejam substituídos na forma física (papéis, formulários) por uma forma digital organizada.

Esses e outros itens têm impacto direto na conta e nos resultados de um Estabelecimento Assistencial à Saúde (EAS), tanto na qualidade quanto na disponibilidade do serviço oferecido ao paciente. Portanto, é incontestável a associação da saúde financeira das instituições de saúde com seus recursos investidos em tecnologia.

Com a digitalização da saúde, os dispositivos médicos podem se tornar portas de entrada para ataques cibernéticos. Investigar como a EC brasileira está se preparando para proteger dados sensíveis de pacientes em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), pode ser um ponto importante a ser pensado.

A tomada de decisão sobre as futuras aquisições e investimentos também deve considerar o ciclo de vida completo do equipamento, pois, a obsolescência destes, gera sobretudo, o descarte de resíduos que podem causar impactos ao meio ambiente, sendo necessário desta forma, considerar a destinação adequada ou a economia circular dos mesmos.

Conforme Calil (2004):

> *se no início da década de 90 um dos problemas da área de saúde era a falta de profissionais para o gerenciamento de equipamentos médico-hospitalares, atualmente um dos problemas é a dinâmica com que esse mercado vem exigindo novos conhecimentos desses profissionais. Isso fica visível se verificarmos que até o início da década de 90, era impensável a existência de profissionais não médicos para dirigirem hospitais (Calil, 2004).*

Esse novo cenário se mostra, então, como um desafio exemplar para a engenharia clínica no Brasil: um cenário no qual o conhecimento e o reconhecimento sobre novas áreas são essenciais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos pontos historicos sobre a Engenharia Clínica e sua implementação no Brasil. Nesse âmbito, não basta ter apenas bons médicos e profissionais treinados, A Engenharia Clínica é fundamental para a qualificação da assistência à saúde, ao garantir a gestão eficiente das tecnologias médico-hospitalares. Embora consolidada em países desenvolvidos, sua inserção no Brasil ainda é recente e marcada por desafios estruturais. Observam-se avanços regulatórios importantes, porém persistem limitações como a baixa institucionalização da área, escassez de profissionais qualificados e insuficiente integração com a gestão hospitalar. No setor público, essas dificuldades são ainda mais evidentes. Além disso, a crescente complexidade tecnológica e a digitalização da saúde ampliam as demandas sobre esses profissionais.

A Engenharia Clínica deve ser reconhecida como área estratégica para o sistema de saúde. Sua consolidação depende do fortalecimento de políticas públicas, investimentos e formação especializada. Por fim, destaca-se a necessidade de estudos que avaliem seus impactos na qualidade, eficiência e sustentabilidade dos serviços de saúde Em virtude do conteúdo exposto neste trabalho, conclui-se que os desafios pertinentes da Engenharia Clínica (EC) no Brasil ainda são o reconhecimento desta área da ciência, como crucial para alavancar a condição a qual o setor da saúde se encontra, bem como o investimento para a formação de profissionais qualificados e atualizados e, não menos importante, sua inserção dentro das instituições.

Com as atribuições do engenheiro clínico, é possível mudar e melhorar a área da saúde no Brasil, mas é preciso, dentre outras iniciativas, a conscientização sobre a importância desse profissional pelas autoridades competentes. É relevante, nesse processo, considerar que a necessidade de mudança já foi percebida pela comunidade e a discussão de novas formas de atualizar e disseminar o profissional da Engenharia Clínica já foi iniciada. Mesmo que as conclusões e a implantação das melhorias ainda levem tempo para acontecer já existe a vontade e o esforço para que isso ocorra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 601-1-2:** equipamento eletromédico: parte 1-2: prescrições gerais para segurança: norma colateral: compatibilidade eletromagnética: prescrições e ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ACCE – American College of Clinical Engineering. Clinical engineer. **Clinical Engineer Defined.** Disponível em: https://accenet.org/about/Pages/ClinicalEngineer.aspx. Acessado em: 12 de janeiro de 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada nº 2, de 25 de janeiro de 2010. Dispõe sobre o gerenciamento de tecnologias em saúde em estabelecimentos de saúde. **Diário Oficial da União.** Brasília, 25 jan. 2010.

ARTHUR, Richard Marvin; BOXERMAN, Stuart Bernard. Achieving the promise of clinical engineering. **Journal of Clinical Engineering,** v. 6, n. 2, p. 105–109, 1981.

BAULD, Thomas Joseph. The definition of a clinical engineer. **Journal of Clinical Engineering,** v. 16, n. 5, p. 403–405, 1991.

BRASIL. Ministério da Saúde-Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de tecnovigilância:** abordagens de vigilância sanitária de produtos para a saúde comercializados no Brasil. Brasília: ANVISA, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria conjunta SVS/SAS n. 1 de 17 de maio de 1993. **Diário Oficial,** Brasília, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2043 de 12 de dez. 1994. **Diário Oficial,** Brasília, 13 de dez. 1994. Seção 1, p.19314.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2663 de 20 de dez. 1995. **Diário Oficial,** Brasília, 22 de dez. 1995. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria conjunta SVS/SAS n.1 de 23 de jan. de 1996. **Diário Oficial,** Brasília, 24 de jan. 1996.

BRONZINO, Joseph Dominick. Clinical engineering: evolution of a discipline. In: BRONZINO, Joseph Dominick. **The Biomedical Engineering Handbook.** Boca Raton: CRC Press, v. 1, 1995

CALIL, Saide Jorge. Papel do engenheiro hospitalar nas unidades de saúde. **Cadernos de Engenharia Biomédica,** Uberlândia, v. 7, n. 1, jan. 1990.

CALIL, Saide Jorge. A experiência da engenharia clínica no Brasil. **Centro de Engenharia Biomédica-UNICAMP.** Página digital: https://www.ceb.unicamp.br/a-experiencia-da-engenharia-clinica-no-brasil/. 2004.

COSTA, Tadeu; ADEODATO, Sérgio; BECCARI, Antonio. Máquinas perigosas. **Globo Ciência,** n. 52, p. 48–53, nov. 1995.

DALZIEL, Charles Frederick. Electric shock hazard. **IEEE Spectrum,** v. 9, n. 2, p. 41–50, 1972.

FARMER, Michael John. Development of a continuing education program for biomedical engineering technicians. **Biomedical Instrumentation & Technology,** v. 30, n. 1, p. 46–48, 1996.

FEDERAL Efforts at reducing health care costs: the effect on technology – part 1. **Biomedical Instrumentation & Technology,** v. 24, n. 3, p. 166–170, 1990a.

FEDERAL Efforts at reducing health care costs: the effect on technology – part 2. **Biomedical Instrumentation & Technology,** v.

24, n. 3, p. 249–253, 1990b.

FRIEDLANDER, Gerald David. Electricity in hospitals: elimination of lethal hazards. *IEEE Spectrum*, v. 14, n. 1, p. 27–37, 1989.

GOODMAN, Gerald Robert. The profession of clinical engineering. **Journal of Clinical Engineering,** v. 14, n. 1, p. 27–37, 1989.

GOODMAN, Gerald Robert. Technology assessment, transfer, and management: the implications to the professional development of clinical engineering. **Journal of Clinical Engineering,** v. 16, n. 2, p. 117–122, 1991.

GORDON, Gary Joseph. Hospital technology management: the Tao of clinical engineering. **Journal of Clinical Engineering,** v. 15, n. 2, p. 111–117, 1990.

HERSHBERG, Paul Isaac. The EE's place in public health. **IEEE Spectrum,** v. 9, n. 9, p. 63–66, 1972.

JURGEN, Ronald Kenneth. Health care delivery: a job for electrical engineers? **IEEE Spectrum,** v. 10, n. 4, p. 34–39, 1973.

PACELA, Anthony Francis. The end of the "Microsock Era". **Journal of Clinical Engineering,** v. 13, n. 1, p. 3–70, 1988.

RAMIREZ, Eduardo Felipe Ferreira; CALIL, Saide Jorge. Engenharia clínica: parte I: origens (1942–1996). **Seminário de Ciências Exatas e Tecnologia,** p. 27–33. Uberlândia, dez. 2000.

SHAFFER, Michael James; SHAFFER, Mary Diane. The professionalization of clinical engineering. **Biomedical**

Instrumentation & Technology, v. 23, n. 5, p. 370–374, 1989.

WANG, Binseng; CALIL, Saide Jorge. Clinical engineering in Brazil: current status. **Journal of Clinical Engineering,** v. 16, n. 2, p. 129–135, 1991.

---

[1] Doutor em Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Campus Belo Horizonte (PUC-MG). E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.

[2] Doutor Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade pela Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.

[3] Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pela Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR). E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.

[4] Doutora em Fisiopatologia Experimental pela Universidade de São Paula (USP). E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.