

## Contexto histórico do avanço da engenharia clínica: Uma análise de sua implementação e relevância

Historical context of the advancement of clinical engineering: An analysis of its implementation and relevance

Contexto histórico del avance de la ingeniería clínica: un análisis de su implementación y relevancia

Recebido: 20/01/2023 | Revisado: 27/02/2023 | Aceitado: 05/03/2023 | Publicado: 10/03/2023

**Cristiano da Silva Vieira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1276-0336>

Centro Universitário São Lucas, Brasil

E-mail: [cristianodasilvavieira@gmail.com](mailto:cristianodasilvavieira@gmail.com)

**Fábio Herrera Fernandes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3242-8303>

Centro Universitário São Lucas, Brasil

E-mail: [fabio26012002@gmail.com](mailto:fabio26012002@gmail.com)

### Resumo

A engenharia clínica é uma profissão importante dentro dos ambientes hospitalares, foi criada em 1960 nos Estados Unidos da América. Nesse período, houve um grande desenvolvimento tecnológico, de equipamentos, de exames, monitoramentos e processos cirúrgicos, daí surgiu a necessidade de formar profissionais qualificados para dar o auxílio técnico nesses equipamentos. O presente artigo tem como objetivo, analisar o processo evolutivo da Engenharia Clínica, no seu contexto histórico, mostrando sua evolução, bem como, sua importância nos dias atuais, através de revisão bibliográfica da literatura nacional e internacional. Metodologicamente teve-se uma abordagem dedutiva, que partiu “dos diversos contextos históricos do surgimento da engenharia clínica”, a pesquisa possui cunho bibliográfico, uma vez que está respaldada em “um apanhado de trabalhos até então já realizados”, ainda se caracteriza por uma abordagem qualitativa e comparativa. Diversos temas e conceitos relacionados à área de engenharia clínica foram abordados nesse trabalho, foi possível identificar e comprovar que após a inserção do engenheiro clínico no ambiente hospitalar, aperfeiçoou sobremaneira os serviços. Nos Estados Unidos a engenharia clínica seguiu de forma natural, inicialmente foi garantida a segurança dos equipamentos por volta dos anos de 1960 e 1970, ato seguinte, tentou-se melhorar o desempenho e diminuir os custos nas décadas de 80 e 90. No Brasil, devido ao retardamento na implementação da profissão, a mesma só começou a ganhar robustez no começo da década de 90.

**Palavras-chave:** Engenharia; Clínica; Saúde; Tecnologia; Equipamentos médicos.

### Abstract

Clinical engineering is an important profession within hospital environments, it was created in 1960 in the United States of America. During this period, there was a great technological development, equipment, exams, monitoring and surgical processes, hence the need to train qualified professionals to provide technical assistance in this equipment. This article aims to analyze the evolutionary process of Clinical Engineering, in its historical context, showing its evolution, as well as its importance in the present day, through a bibliographical review of national and international literature. Methodologically, a deductive approach was taken, which departed from “the various historical contexts of the emergence of clinical engineering”, the research has a bibliographic nature, since it is supported by “an overview of works already carried out so far”, it is still characterized by a qualitative and comparative approach. Several themes and concepts related to the area of clinical engineering were addressed in this work, it was possible to identify and prove that after the insertion of the clinical engineer in the hospital environment, he greatly improved the services. In the United States, clinical engineering followed naturally, initially the safety of the equipment was guaranteed around the 1960s and 1970s, the next act, attempts were made to improve performance and reduce costs in the 1980s and 1990s. due to the delay in the implementation of the profession, it only started to gain strength in the early 90s.

**Keywords:** Engineering; Clinic; Health; Technology; Medical equipment.

### Resumen

La ingeniería clínica es una profesión importante dentro de los ambientes hospitalarios, fue creada en 1960 en los Estados Unidos de América. Durante este período hubo un gran desarrollo tecnológico, equipos, exámenes, seguimiento y procesos quirúrgicos, de ahí la necesidad de formar profesionales calificados para brindar asistencia técnica en estos equipos. Este artículo tiene como objetivo analizar el proceso evolutivo de la Ingeniería Clínica, en su

contexto histórico, mostrando su evolución, así como su importancia en la actualidad, a través de una revisión bibliográfica de la literatura nacional e internacional. Metodológicamente se tomó un enfoque deductivo, que partió de “los diversos contextos históricos del surgimiento de la ingeniería clínica”, la investigación tiene carácter bibliográfico, ya que se sustenta en “una reseña de trabajos ya realizados hasta el momento”, se caracterizado todavía por un enfoque cualitativo y comparativo. En este trabajo se abordaron varios temas y conceptos relacionados con el área de la ingeniería clínica, se pudo identificar y comprobar que luego de la inserción del ingeniero clínico en el ambiente hospitalario mejoró mucho los servicios. En Estados Unidos, la ingeniería clínica siguió de forma natural, inicialmente se garantizó la seguridad de los equipos alrededor de las décadas de 1960 y 1970, acto siguiente, se intentó mejorar el rendimiento y reducir costos en las décadas de 1980 y 1990. Debido al retraso en la implementación de la profesión, recién empezó a tomar fuerza a principios de los años 90.

**Palabras clave:** Ingeniería; Clínica; Salud; Tecnología; Equipo médico.

## 1. Introdução

Quando se cogita em falar sobre os principais fundamentos da saúde, se torna imprescindível em citar Hipócrates “o pai da medicina”, que escreveu um dos preceitos basilares e universalmente consagrados da medicina, o princípio da “não maleficência”. Tal preceito consiste em minimizar as causas adversas e indesejáveis dos diagnósticos relativos ao ser humano, também chamado de, *primum non nocere* (primeiro não prejudicar).

Em face disso, é de fundamental relevância o uso de tecnologias clínicas nas áreas da saúde, no entanto com o crescente aumento do parque de equipamentos eletroeletrônicos em hospitais, algumas dessas ferramentas, para o seu devido funcionamento, se torna, em alguns casos, bem complexo o seu funcionamento, e ainda o aparecimento de novas tecnologias, torna-se indispensável à 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 denominado, Engenheiro Clínico, que aplica tecnologias e métodos de engenharia para tentar solucionar os problemas relacionados com os serviços oferecidos por uma unidade de saúde (Calil, 1990).

O uso dessas tecnologias médicas no setor de saúde, as chamadas, tecnologias duras, englobam equipamentos e máquinas utilizadas para auxiliar no atendimento ao paciente, podem realizar de maneira fácil, rápida e precisa um diagnóstico. Porém quando não avaliados corretamente, podem resultar em uma análise prematura, além de determinações desnecessárias, acarretando assim, em diversos danos ao sistema de saúde (Fernandes et al., 2011). Apesar, tendo o entendimento racional, tanto do manuseio, quanto do dimensionamento, aferição e manutenção desses equipamentos tecnológicos, se tornam medidas primordiais e essenciais para que se possa fazer um tratamento confiável de maneira válida para com os pacientes ali consultados.

A referida profissão teve seu surgimento nos Estados Unidos da América (EUA), em meados de 1960, onde começou as primeiras atuações de profissionais especializados em equipamentos clínicos, tendo como seu principal fator de impulso, a grande demanda de manutenção e adesão das tecnologias voltadas a saúde. Em 1991, em Washington seis engenheiros do Brasil participaram do treinamento da primeira oficina avançada de engenharia clínica. Destarte, foi a partir de 1980 nos EUA e 1993 no Brasil, que a área de Engenharia Clínica começou a crescer no mercado de trabalho (Bronzino, 2004). A importância dos engenheiros clínica no setor de saúde mudou progressivamente nas duas últimas décadas. Sucedeu de um profissional responsável somente pelas manutenções de equipamentos tecnológicos, para um profissional imensamente interdisciplinar.

E foi no final da década de 90, que a profissão começou a ter notoriedade, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), se mobilizou para elaborar programas extensivos a fim de desenvolver profissionais especializadas em vigilância sanitária voltada para o equipamento eletro médicos (Bronzino, 2004). A partir de 2010, essa agência passou a adotar a Resolução da Diretoria Colegiada nº 02, objetivando normatizar os critérios mínimos a serem estabelecidos perante as tecnologias adotadas nos centros de hospitais, clínicas ou qualquer outro consultório médico, focalizando em garantir a eficiência, qualidade e segurança de todo o estabelecimento de saúde, desde seu ponto inicial ao final, aderindo planejamento

estratégico de recursos humanos, físicos e materiais, assim como analisar as capacitações profissionais envolvidas nesse processo (ANVISA, 2010).

Desta feita, o presente artigo tem como desígnio, analisar o processo evolutivo da Engenharia Clínica, no seu contexto histórico, por meio de uma linha temporal, mostrando a evolução na prática da mesma, desde seu surgimento nos Estados Unidos e no Brasil, e por fim demonstrar a importância dessa profissão nos dias atuais, através de revisão bibliográfica da literatura nacional e internacional sobre a temática.

Desta forma, é relevante entender que o papel do engenheiro clínico, além de se apresentar como uma forma efetiva de redução de custos no setor de manutenção se tornou uma ferramenta de suma importância para garantia de serviços qualificados, sendo essencial para boa operação de equipamentos no ambiente hospitalar, garantindo a qualidade de uso dos equipamentos e consequentemente um tratamento de excelência para os pacientes. E deve ser visto como um profissional imprescindível para a gestão responsável de quaisquer recursos, seja público, seja privado, haja vista que a sua observância, trará equilíbrio das contas, desnudando certas realidades indesejáveis, e auxiliando o gestor para a tomada de decisão consistente.

## 2. Metodologia

A aludida pesquisa possui cunho bibliográfico, uma vez que está respaldada em um apanhado de trabalhos até então já realizados, com certo grau de importância, por ser qualificada em fornecer dados atuais e relevantes vinculados ao tema, cujas fontes de dados foram: livros, periódicos, artigos, teses, jornais, google acadêmico, scielo, entre outros (Menezes et al., 2019). Ainda nesta pesquisa foi empregada uma abordagem dedutiva, que segundo Guimarães (2021) tal método parte de teorias e noções elementares, progredindo para estudos mais específicos, reformulando o enunciando de forma mais explícita as informações já obtidas. Desse modo, este método reforça pensamentos dos estudos em determinada área, e entende-se que em alguns casos pode ser previsto.

Para obtenção dos dados desta pesquisa, fui realizadas buscas em bases de dados acadêmicos, como Web of Science, Scielo e Google Scholar, utilizando os seguintes termos de busca: "Engenharia clínica hospitalar", "Manutenção corretiva", "Testes de segurança elétrica", "Gerenciamento de equipamentos médicos", "Avaliação de tecnologias de saúde", "Desenvolvimento de dispositivos médicos customizados", "habilidades cognitivas", "Projeto de infraestrutura hospitalar", "História da engenharia clinica", "Monitoramento de parâmetros clínicos".

Nesse presente trabalho, usou-se uma pesquisa narrativa para a obtenção dos resultados, que segundo Stoker (2017) a pesquisa narrativa é uma abordagem qualitativa que se concentra em compreender e registrar histórias pessoais e narrativas. É uma forma de compreender a realidade e a perspectiva subjetiva dos indivíduos envolvidos em uma situação ou tema específico. Na pesquisa narrativa, os pesquisadores coletam dados através de entrevistas e outras formas de narração, como diários ou escritos pessoais, e depois analisam e interpretam esses dados para compreender as narrativas que emergem. A pesquisa narrativa é valiosa porque fornece uma compreensão profunda e rica da realidade subjetiva dos indivíduos e pode ser usada para desafiar preconceitos e promover a justiça e a inclusão.

Inclusive destaca-se a utilização dos métodos exploratório e descritivo, produzidos mediante à levantamentos de pesquisas bibliográficas analisadas, visto que na pesquisa exploratória, que em concordância com (Mattar & Ramos 2021) visa proporcionar maior proximidade com a problemática a ser pesquisada, com intuito de torná-la explícita ou a construir a maior quantidade de hipóteses. De acordo com Gerhardt e Silveira (2009) no que concerne a pesquisa descritiva, como o próprio nome já diz, visa a descrição das particularidades de certo grupo ou fenômeno. Em vista disso conclui-se que pesquisas descritivas, juntamente com as exploratórias, têm-se apresentado, gradativamente mais solicitadas por organizações, como forma de levantamento de dados, sendo assim, muito requisitada pelos pesquisadores com atuações nas áreas prática (Gil,

2008).

Ainda pode ser caracterizada, em conformidade com Menezes et al., (2019), como uma pesquisa de cunho qualitativo, pois tem a finalidade de entender um fenômeno específico de forma detalhada, uma vez que esta pesquisa se desenvolve de maneira descritiva, comparativa, interpretativa, atributiva e significativa, possibilitando averiguar valores, crenças, hábitos, estudos e opiniões de um sujeito ou grupos.

Finalmente possui característica comparativa, por que tem por finalidade de descobrir invariabilidades, perceber padrões e mudanças, como também, edificar os modelos e tipologias, detectando constâncias e descontinuidades, semelhanças e diferenças, e explicando as determinações de grupos que regem os fenômenos sociais (Mattar & Ramos, 2021).

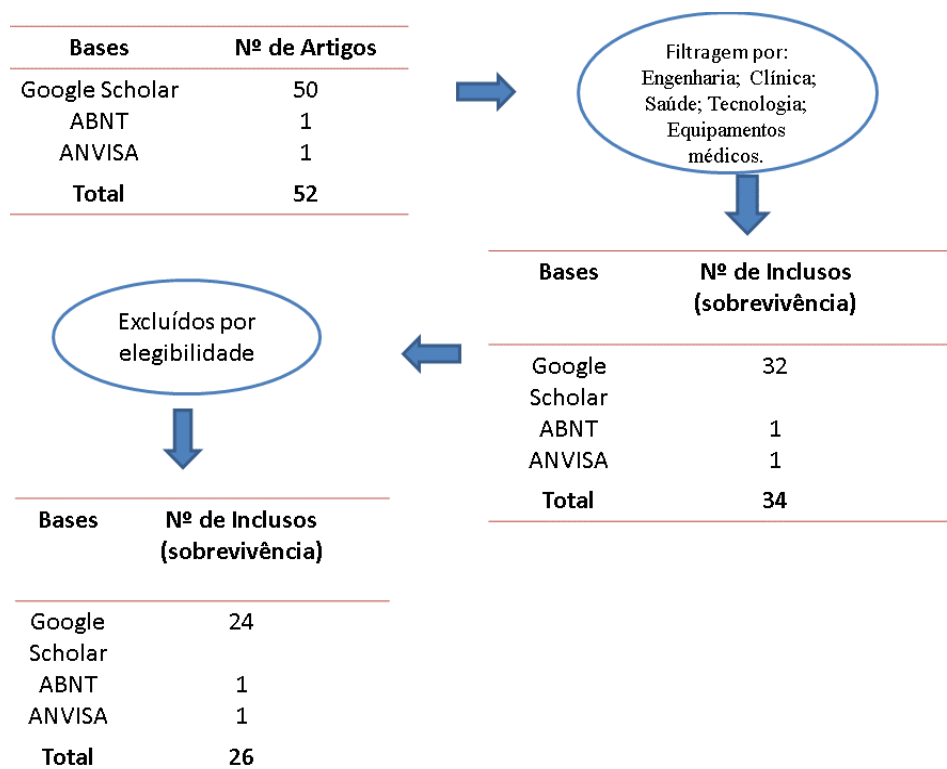
Foi realizada uma revisão sistemática da literatura de estudos publicados sobre o processo evolutivo da Engenharia Clínica, no seu contexto histórico, desde seu nascedouro nos Estados Unidos até chegada no Brasil.

A revisão sistemática processou-se numa análise qualitativa em que foi elaborado um protocolo com a questão que se pretende estudar, os principais objetivos do estudo e os critérios de inclusão e exclusão.

## 2.1 Estratégia da pesquisa

Foram pesquisados artigos publicados sobre o processo evolutivo da Engenharia Clínica, indexados na base de dados do Google Scholar. Os artigos foram localizados a partir das seguintes palavras-chave: processo evolutivo + engenharia clínica. Foi feito um pré-rastreamento dos títulos e resumos de todas as citações identificadas e selecionou-se estudos potencialmente elegíveis de acordo com a temática. Versões de texto completo de todos os artigos virtualmente possíveis foram avaliados, totalizando 52 possíveis resultados para a junção de todas as palavras-chaves, entretanto havendo repetições e discordância do tema, conseqüentemente ocorreu sua exclusão, conforme Figura 1.

**Figura 1** - Fluxograma de seleção de artigos.



Fonte: Acervo pessoal.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Origem da Engenharia Clínica nos Estados Unidos da América (EUA)

O nascedouro da engenharia clínica ocorreu em 10 de janeiro de 1942, em Saint Louis no estado de Missouri nos Estados Unidos da América, com a abertura de um novo curso de manutenção de equipamentos médicos, que era oferecido pelas forças armadas com duração de 12 semanas. O curso de manutenção de equipamentos médicos deu origem a uma escola do exército especializada nessa área, situada na base aérea de Sheppard no Texas e na cidade de Denver em Colorado. Em meados de 1960, os Estados Unidos da América (EUA) deu o primeiro estopim para engenharia clínica, tendo como seu principal fator de impulsão, a grande demanda de manutenção e adesão das tecnologias voltadas à saúde (Gordon, 1989).

O primeiro engenheiro clínico certificado foi Thamas Hargest na década de 70. O termo “Engenheiro Clínico” foi criado por César Cáceres, para denominar os profissionais responsáveis pela manutenção, gerenciamento, dimensionamento das máquinas clínicas, além de gerenciar as expressões de segurança dos equipamentos, e esse profissional era responsável também, pelo treinamento das pessoas que iriam operar as referidas máquinas.

Em 1970, o Departamento dos Assuntos de Veteranos dos Estados Unidos observou que os profissionais de engenharia clínica eram vitais para o aumento da qualidade dos sistemas hospitalares, começando assim um processo de expansão à engenharia clínica. A partir daí foi incrementado departamentos especializados na área em todo o país, a maioria destes foram instalados dentro de hospitais, centros médicos e clínicas, abrindo grande demanda para profissionais da área. Consequentemente houve uma extensa contratação de engenheiros clínicos para auxiliar nas instalações e manutenções das mais recentes e novas tecnologias da época.

Com a adesão dos diversos engenheiros clínicos no ambiente hospitalar, inúmeras inspeções rotineiras foram realizadas, e em grande parte destas, foram encontrados vários problemas relacionados à segurança elétrica dos equipamentos eletromédicos que estavam instalados para o auxílio do profissional de saúde. Fora esta problemática, os engenheiros clínicos observaram por intermédio de uma simples inspeção visual, diversos outros problemas que influenciavam nitidamente na qualidade de atendimento à saúde, como por exemplo: maçanetas quebradas, fios desgastados e sem as devidas manutenções, líquido derramado, entre outros (Newhouse et al., 1989).

Através dessas inspeções, observou-se que diversos dispositivos não estavam operando conforme as especificações geridas pelos fabricantes, uma vez que, não eram executadas as devidas manutenções preventivas e corretivas, além de não serem operados de forma correta. Nessa perspectiva, a adesão dos profissionais de engenharia clínica mudou de maneira progressiva todo o ambiente hospitalar por volta de 1970, tornou-se norma interna de procedimentos padrões fazer inspeções antes e após o uso de equipamentos (Newhouse et al., 1989).

Partindo desse pressuposto, os departamentos de Engenharia Clínica evoluíram, se tornando um centro de suporte para todos os tipos de tecnologia médicas do país. Os departamentos eram responsáveis tanto por dar auxílio na segurança das máquinas clínicas, quanto gerenciar sistemas usados dentro de hospitais, assim como treinar os profissionais da saúde para uma boa operação dos equipamentos. Por conta da evolução no setor hospitalar, foi verificado que a adesão dos profissionais engenharia clínica nos hospitais se apresentavam com melhor desempenho e efetividade na sua qualidade de atendimento, uma vez, que os engenheiros adotaram as mais recentes tecnologias do mercado, além de proporcionar treinamento para que os funcionários pudessem operar tais máquinas com conforto e facilidade, tornando assim o ambiente de trabalho hospitalar mais completo e qualificado (Bronzino, 2004).

Desta forma a adesão dos engenheiros clínicos não só garantiu a melhor qualidade de atendimento hospitalar, como também facilitou a integração das tecnologias mais recentes, melhorando de maneira agressiva a qualidade que os pacientes daquele determinado local eram atendidos. Também é importante relatar que a adesão destes profissionais tornou o mercado de equipamentos biomédicos e clínicos bem mais confiáveis, por terem qualidade técnica para avaliar a efetividade de um

determinado equipamento, o mercado passou a evoluir também a qualidade de seus produtos, uma vez, que se não elevasse o nível de seus produtos, não conseguiriam atender as especificações recomendadas pelos engenheiros clínicos (Bronzino, 2004).

### **3.2 Origem da Engenharia Clínica no Brasil**

O sistema de saúde brasileiro é constituído por um modelo, que possui como característica primordial, a valorização do nível municipal, tal modelo recebeu o nome de Sistema Único de Saúde (SUS). Contudo era notório observar que esse sistema não possuía sua implementação da maneira desejada. Um dos principais fatores desta problemática era a falta de nitidez política, para administração, adesão e planejamento dos equipamentos biomédicos (Calil; Teixeira, 1998). Para a solução desses problemas, as autoridades brasileiras começaram a mobilizar pesquisas e estudos por volta de 1980 e 1990, e tomou a iniciativa de colaborar com outros países por intermédio de reuniões internacionais, intercâmbios para obtenção de informações, além de diversas outras colaborações com países estrangeiros (Terra et al., 2014).

Em 1991, em Washington seis engenheiros do Brasil participaram do treinamento da primeira oficina avançada de engenharia clínica. No mesmo ano foi fundada no Brasil a Faculdade de Tecnologia da Saúde, visando a formação de profissionais denominados "Técnicos de saúde" o curso tinha um período de 3 (três) anos. Desse modo, foi a partir de 1980 nos EUA e 1993 no Brasil, que a área de Engenharia Clínica começou a crescer no mercado de trabalho (Bronzino, 2004).

Nos períodos de 1990 foram organizadas inúmeras reuniões com mestres e doutores da área de Biomédica com a temática de debater sobre elaboração de conteúdo para facilitar o processo de formação dos profissionais de Engenharia clínica, como resultado destas diversas reuniões e debates foram consolidados 4 (quatro) livros sobre a área. E foi na década de 90, que através de diversos experimentos em ensaios laboratoriais foram criadas as primeiras normas regulamentadoras para equipamentos eletromédicos, dentre elas a NBR-IEC 601-1 e NBR-IEC 6012 onde estabelecem as diretrizes e certificações compulsórias (Sousa et al., 2012).

Em 1999 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) também começou a se mobilizar para elaborar programas extensivos a fim de desenvolver profissionais especializados em vigilância sanitária voltada para os equipamentos eletromédicos (Bronzino, 2004). A partir de 2010, essa agência adotou a Resolução da Diretoria Colegiada nº 02, que objetivava normatizar os critérios mínimos a serem estabelecidos perante as tecnologias adotadas nos centros de hospitais, clínicas ou qualquer outro consultório médico. A Diretoria Colegiada nº02 focalizava em garantir a eficiência, qualidade e segurança de todo o estabelecimento de saúde, desde seu ponto inicial ao final, aderindo planejamento estratégico de recursos humanos, físicos e materiais, assim como analisar as capacitações profissionais envolvidas nesse processo. (ANVISA, 2010, p. 1).

Como salientado por Bronzino (2014) é correto afirmar, que engenheiros clínicos estão trabalhando com diversos profissionais da área de saúde, proporcionando mudanças mais que significativas para todo o país. Devido ao aumento de interação da tecnologia com o mundo no seu aspecto geral, essas mudanças são constantemente atualizadas e aceleradas a cada dia, porém ainda há diversos desafios a serem realizados no Brasil.

### **3.3 A importância da Engenharia Clínica no Mundo Contemporâneo**

Como relatado no trabalho de Bajur (2016) para se ter ideia da importância da engenharia clínica no mundo contemporâneo, se um equipamento clínico por eventualidade vier parar de funcionar em um ambiente hospitalar, pode ligeiramente trazer danos críticos, levando o paciente a óbito. Desse modo, é de importância elevada que os equipamentos estejam em perfeitas condições. E para isso, é preciso estar constantemente fazendo uma avaliação desses acessórios, identificando desgastes desnecessários, prevendo falhas inesperadas, e aferir toda a sua parte mecânica, a fim de mantê-los em perfeitas condições de operação, este tipo de cuidado é chamado de manutenção preventiva. Desse modo, pode-se dizer que a

manutenção vai muito além de reduzir custos, ela acaba adentrando no fator de proteção da vida dos pacientes e profissionais (Gerônimo et al., 2017).

Sloane et al., (2003) reforçaram a importância do engenheiro clínico para uma boa avaliação quando se faz a aquisição dos equipamentos de um ambiente hospitalar, e para proporcionar informações e dados na elaboração de uma rigorosa análise de avaliação de benefícios e malefícios. Assim como, estipular quais os riscos a aquisição de determinado equipamento pode causar aos pacientes e ao hospital. É importante que esta avaliação seja feita de forma correta, pois a aquisição requer um investimento de capital, e isso interfere no orçamento do hospital, como um todo e também no Departamento de Engenharia Clínica (DEC).

Silva (2020) aponta que a presença de engenheiros clínicos em ambientes hospitalares, acarretam menor tempo gasto para soluções de problemas cotidianos. Essas soluções trazem inúmeros benefícios, como, redução de custos, maior precisão em aquisição de peças, segurança e confiabilidade dos equipamentos instalados. Sem contar na segurança do paciente que está sendo consultado, que é de suma importância no setor, e está diretamente ligado com a segurança da equipe médica. Muitos autores (e.g., Christopher, 1997; Fleury et al., 2000; Langley Jr & Rutner, 2000; Novaes, 2001; Ballou, 2006) escreveram sobre a importância da logística e conhecimentos técnicos para o cargo de gestão hospitalar, afirmam que esses processos precisam estar intrinsecamente interligados, a fim de que produtos como medicamentos e equipamentos clínicos fiquem acondicionados em locais adequado, no tempo certo e em perfeitas condições. No entanto levando em consideração as atividades de descrição, a complexidade na hora de gerir compras, de gerenciar estoques e deslocamento de materiais, fica evidente que os processos de cunho logístico feito pelos departamentos de engenharia clínica precisam ser integrados.

Desta forma é nitidamente comprovada a importância da adesão dos departamentos de engenharia clínica nos hospitais, uma vez que há uma imensa valorização dos processos de logística e gestão, que conseqüentemente influencia em todo o hospital. E além desses aspectos internos, a importância da engenharia clínica, ainda se tem as influências de fatores externos, que são de extrema relevância para que as organizações consigam atender todas as necessidades, valorizando ainda mais, a área de engenharia clínica (e.g., Christopher, 1997; Fleury et al., 2000; Langley Jr & Rutner, 2000; Novaes, 2001; Ballou, 2006).

#### **4. Conclusão**

Diversos temas e conceitos relacionados à área de engenharia clínica foram abordados nesse trabalho, foi possível identificar e comprovar, com todos os relatos/citações aqui mencionados, que após a inserção do engenheiro clínico no ambiente hospitalar, aperfeiçoou sobremaneira, os serviços, desde manutenção, aquisição e gerenciamento das máquinas clínicas, até o destinatário final/paciente, desta forma, deixando evidente a sua importância.

Nos Estados Unidos a engenharia clínica seguiu de forma natural, inicialmente foi garantida a segurança dos equipamentos por volta dos anos de 1960 e 1970, ato seguinte, tentou-se melhorar o desempenho e diminuir os custos nas décadas de 80 e 90. No Brasil, devido ao retardamento na implementação da profissão, a mesma só começou a ganhar robustez no começo da década de 90. Apesar das vantagens advindas da incorporação da engenharia clínica nos ambientes hospitalares, há a necessidade de se realizar estudos mais aprofundados. Futuros estudos com comparações da efetividade da inserção da profissão deverão ser testados, com o intuito de demonstrar a relevância da engenharia clínica.

Em resumo, a engenharia clínica tem se mostrado fundamental para o aprimoramento dos serviços em ambiente hospitalar, contribuindo desde a manutenção até a segurança e qualidade do atendimento ao paciente. Embora sua importância seja evidente, ainda há espaço para a realização de estudos mais aprofundados, a fim de demonstrar sua efetividade e relevância em diferentes contextos e compará-la com outras abordagens. Ainda há muito a ser explorado e aprimorado nessa área, e a pesquisa contínua é essencial para que a engenharia clínica continue a evoluir e beneficiar a sociedade como um todo.

## Referências

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2010) Resolução da Diretoria Colegiada nº 02 de 25 de janeiro de 2010. *Dispõe sobre o gerenciamento de tecnologias em saúde em estabelecimentos de saúde*. Brasília, 2010. [https://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com\\_gmg&controller=document&id=5272](https://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=5272)
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2011) *NBR 15943. Diretrizes para um programa de gerenciamento de equipamentos de infraestrutura de serviços de saúde e de equipamentos para a saúde*. Rio de Janeiro. <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/30827/nbr15943-diretrizes-para-um-programa-de-gerenciamento-de-equipamentos-de-infraestrutura-de-servicos-de-saude-e-de-equipamentos-para-a-saude>
- Ballou, R.H. (2006). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos - Planejamento, Organização e logística empresarial*. São Paulo: Bookman.
- Bronzino, J. D. (2004). *Clinical Engineering: Evolution of a Discipline*. Burlingto: Elsevier Academic Press. [https://www.inf.ufpr.br/Imperes/2017\\_2/ci167/no\\_exam/The\\_Clinical\\_Engineering\\_Handbook\\_Joseph\\_Dyro.pdf](https://www.inf.ufpr.br/Imperes/2017_2/ci167/no_exam/The_Clinical_Engineering_Handbook_Joseph_Dyro.pdf)
- Bronzino, J. D., & Peterson, D. R. (2014). *Biomedical engineering fundamentals*. CRC press.
- Calil, S. J. (1990) Papel do engenheiro hospitalar nas unidades de saúde. *Revista Brasileira de engenharia*, 7(1), 325-330. <http://host-article-assets.s3.amazonaws.com/ceb/5889fba45d01231a018b470d/fulltext.pdf>
- Calil, S. J., & Teixeira, M. S. (1998). *Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares*. Fundação Peirópolis LTDA.
- Christopher, M. (1997). *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para redução de custos e melhoria de*
- Fernandes, M. T. O., Silva, L. B., & Soares, S. M. (2011). Utilização de tecnologias no trabalho com grupos de diabéticos e hipertensos na Saúde da Família. *Ciência e Saúde Coletiva*, 1(16), 1331-1340, 2011. <https://www.scielo.br/j/csc/a/7bn6vQMgRZRfQgQW4yCQhgy/citation/?lang=pt>. doi: 10.1590/S1413-81232011000700067
- Fleury, P.F., Wanke, P., & Figueiredo, K.F. (2000). *Logística empresarial: a perspectiva brasileira*. São Paulo: Atlas. <https://www.grupogen.com.br/logistica-empresarial-a-perspectiva-brasileira>
- Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos De Pesquisa*. UFRGS
- Gerônimo, S. M., Leite, B. C. C., Oliveira, E. D. O. (2017) Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso. *Exacta, engenharia de produção*, 15(4), 2-18, <https://www.redalyc.org/pdf/810/81054651013.pdf>. 10.5585/exactaep.v15n4.7144
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6a ed.). São Paulo: Atlas.
- Gordon, G. J. (1990). Gestão de tecnologia hospitalar: o Tao da engenharia clínica. *Revista de engenharia clínica*, 15(2), 111–117. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10104536/>. doi:10.1097/00004669-199003000-00007
- Guimarães, R. R. (2021) *Método hipotético-dedutivo x empirismo/indutivismo: uma crítica ao positivismo lógico e a importância e relevância dos experimentos de pensamento para o ensino de ciências* (5a ed). UFRGS - IF/PPG EnFis. [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/534/2021/12/Anais\\_cc\\_Ensino-de-Fisica.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/534/2021/12/Anais_cc_Ensino-de-Fisica.pdf)
- Langley Jr., C.J., & Rutner, S.M. (2000). Logistics value: definition, process and measurement. *The International Journal of Logistics Management*, 11, 73-8. <https://www.library.northwestern.edu/find-borrow-request/requests-interlibrary-loan/lending-institutions.html>
- Mattar, J., & Ramos, D. K. (2021). *Metodologia da pesquisa em educação: abordagens qualitativas, quantitativas e mistas*. Grupo Almedina.
- Menezes, A. H. N., Duarte, F. R., Carvalho, L. O. R., & Souza, T. E. S. (2019). Metodologia científica: teoria e aplicação na educação a distância. *Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE*. <https://portais.univasf.edu.br/noticias/univasf-publica-livro-digital-sobre-metodologia-cientifica-voltada-para-eduacao-a-distancia/livro-de-metodologia-cientifica.pdf>
- Newhouse, V. L., Sino, D. S., Tackel, I. S., Ben-Zvi, S., Bernstein, M. S., Freedman, W., & Aston, R. (1989) Artigo em destaque: O futuro da engenharia clínica na década de 1990. *Journal of Clinical Engineering*, 1(14), 417-430. [https://journals.lww.com/jcejournal/Abstract/1989/09000/Feature\\_Article\\_\\_The\\_Future\\_of\\_Clinical.11.aspx#ContentAccessOptions](https://journals.lww.com/jcejournal/Abstract/1989/09000/Feature_Article__The_Future_of_Clinical.11.aspx#ContentAccessOptions)
- Novaes, A.G. (2001). *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição*. Rio de Janeiro: Campus. <https://www.estantevirtual.com.br/livros/antonio-galvao-novaes/logistica-e-gerenciamento-da-cadeia-de-distribuicao/1952660407>
- Silva, A. O., Monteiro, J., Jesus Moreira, P. D., & Gusmão Pedroso, M. (2020). A importância do engenheiro clínico no ambiente hospitalar / The importance of clinical engineer in the hospital environment. *Brazilian Journal of Development*, 6(10), 83579–83585. [https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/19121/15356?\\_\\_cf\\_chl\\_tk=hFso6kCxz5FkKvTUP5EmSQGTRupxQ13nd1UW3psPE-1674205496-0-gaNycGzNCP0](https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/19121/15356?__cf_chl_tk=hFso6kCxz5FkKvTUP5EmSQGTRupxQ13nd1UW3psPE-1674205496-0-gaNycGzNCP0)
- Silva, A. O., Monteiro, J., Moreira, P. D. J., & Pedroso, M. G. (2020). A importância do engenheiro clínico no ambiente hospitalar. *Brazilian Journal of Development*, 6(10), 83579–83585. <https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/download/19121/15356>
- Sloane, E. B., Liberatore, M. J., Nydick, R. L., Luo, w., & Chung, Q. B. (2003) Using the analytic hierarchy process as a clinical engineering tool to facilitate an iterative, multidisciplinary, microeconomic health technology assessment. *Computers & Operations Research*, 1(30), 02-14. <https://docs.google.com/document/d/1LUUEO7mb3Cpu3luSJNp20O4aaqIZMmmv/edit#>
- Sousa, D. B., Milagre, S. T. Soares, A. B. (2012). Avaliação Econômica da Implantação de um Serviço de Engenharia Clínica em Hospital Público Brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 28(4), 327-336. <https://www.scielo.br/j/rbeb/a/3BTLDWzmHmHfGwtZjRfHNS/abstract/?lang=pt> doi:10.4322/rbeb.2012.042



Stoecker, R. (2017). *The Art of Hearing Data: A Guide to Engaging Stakeholders with Narrative Techniques*. Oxford University Press.

Terra, T. G., Guarienti, A., Simão, E. M., & Júnior, L. F. R. (2014). Uma revisão dos avanços da Engenharia Clínica no Brasil. *Disciplinarum Scientia/ Naturais e Tecnológicas*, 15(1), 47-61. Uma revisão dos avanços da Engenharia Clínica no Brasil | Terra | Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas (ufn.edu.br)