



Faculdade Jardins

CARLOS ROBERTO DA SILVA

**INTERNET DAS COISAS (IoT) NA ENGENHARIA CLÍNICA: DESENVOLVIMENTO
DE SISTEMAS CONECTADOS PARA MONITORAMENTO REMOTO DE
DISPOSITIVOS MÉDICOS.**

Bandeirantes - Paraná

2025



Faculdade Jardins

**INTERNET DAS COISAS (IoT) NA ENGENHARIA CLÍNICA: DESENVOLVIMENTO
DE SISTEMAS CONECTADOS PARA MONITORAMENTO REMOTO DE
DISPOSITIVOS MÉDICOS.**

CARLOS ROBERTO DA SILVA

Artigo apresentado como avaliação final da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de pós Graduação em Engenharia Clínica com Pesquisa.

Orientadora: Prof^a. Cândida Maria de Brito Santos

Bandeirantes - Paraná

2025



Faculdade Jardins

INTERNET DAS COISAS (IOT) NA ENGENHARIA CLÍNICA: DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CONECTADOS PARA MONITORAMENTO REMOTO DE DISPOSITIVOS MÉDICOS.

CARLOS ROBERTO DA SILVA*

CANDIDA MARIA DE BRITO SANTOS**

RESUMO

A Internet das Coisas (IoT) tem revolucionado diversos setores, e na área da saúde não poderia ser diferente, pois sua aplicação oferece inúmeras oportunidades para melhorar o monitoramento e a gestão de dispositivos médicos. Através de revisão bibliográfica este artigo explora como a IoT pode ser utilizada na Engenharia Clínica, com foco no desenvolvimento de sistemas conectados para o monitoramento remoto de dispositivos médicos. Dispositivos conectados permitem coleta de dados em tempo real, facilitando a detecção precoce de falhas, otimização de recursos e a melhoria na qualidade do atendimento ao paciente. A análise do uso da IoT neste contexto também considera aspectos de segurança, desafios técnicos e regulamentações. A engenharia clínica se consolidou, O engenheiro clínico não é mais um mero consertador, mas sim aquele que vai mediar todo processo hospitalar desde a aquisição de um equipamento, seu manuseio seguro realizando treinamentos dos profissionais que irão trabalhar com esses equipamentos, realizando assim manutenção preventiva e corretiva, e o descarte do que se tornou obsoleto.

Palavras-chave: Engenharia clínica; IoT. Saúde. Conectividade.

Pós graduando em engenharia Clínica com Pesquisa. É Tecnólogo em Eletrotécnica com Ênfase em Automação Industrial e Especialização em Automação e Controle de Processos Industriais-UTFPR/CP. Engenheiro Elétrico pela UNOPAR, Pedagogo pela UNAR. carlosrob.band@gmail.com*
Orientadora: Especialista em Gestão e orientação educacional, Magistério Superior e também pós graduada em Língua Portuguesa Redação e Oratória. Assistente Social com graduação em Serviço Social pela Universidade Tiradentes. Pedagoga pela Faculdade Jardins. Licenciada em Letras/Português pela Faculdade Jardins. **

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Clínica é a parte da engenharia que trata da tecnologia presente nos equipamentos clínicos ou hospitalares que, em parceria com a Engenharia Elétrica, a Eletrônica e a Mecânica, tem o dever de manter em bom estado e funcionando com qualidade todos esses equipamentos disponíveis no sistema de saúde. O engenheiro clínico é o profissional que aplica e desenvolve os conhecimentos de engenharia e práticas gerenciais às tecnologias de saúde, proporcionando melhoria nos cuidados dispensados ao paciente. Nos últimos anos, o avanço da tecnologia tem proporcionado uma revolução na área da saúde, especialmente com a introdução da Internet das Coisas (IoT). A IoT refere-se à rede de dispositivos físicos conectados à internet, capazes de coletar, transmitir e processar dados. Na engenharia clínica, a aplicação da IoT tem mostrado potencial significativo no desenvolvimento de sistemas para o monitoramento remoto de dispositivos médicos, facilitando o acompanhamento da saúde dos pacientes e garantindo a manutenção adequada dos equipamentos. Este artigo tem como objetivo verificar o impacto da IoT na engenharia clínica, com ênfase no desenvolvimento de soluções tecnológicas para o monitoramento remoto de dispositivos médicos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Engenharia Clínica surgiu com o objetivo de aplicar os princípios da engenharia no setor da saúde, focando na gestão e manutenção de equipamentos médicos e sistemas tecnológicos utilizados no diagnóstico, tratamento e monitoramento de pacientes. A profissão evoluiu ao longo do tempo, principalmente com a crescente complexidade dos dispositivos médicos e a necessidade de garantir sua eficácia, segurança e integração com outros sistemas hospitalares. De acordo com o Ministério da Saúde, o departamento de engenharia clínica é o responsável pelas ações de planejamento, monitoramento e avaliação das unidades de saúde da rede tendo sempre como objetivo oferecer aos cidadãos atendimento médico de qualidade, com acesso a tecnologias confiáveis para tratamento e diagnóstico de pacientes.

2.1- Origens da Engenharia Clínica

A Engenharia Clínica começou a se consolidar como uma área de atuação específica durante a década de 1970, com a criação dessa área específica e certificação do primeiro engenheiro clínico em resposta à rápida evolução tecnológica no campo da medicina. Com o aumento do uso de equipamentos médicos sofisticados, tornou-se evidente a necessidade de profissionais capazes de gerenciar, manter e otimizar esses dispositivos. Inicialmente, a função estava mais ligada à manutenção e operação dos equipamentos. Contudo, com o avanço das tecnologias, especialmente na década de 1980, a Engenharia Clínica passou a desempenhar um papel mais estratégico, envolvendo não apenas a manutenção, mas também a escolha, a instalação, o treinamento e a integração dos equipamentos nos hospitais.

2.2- Desenvolvimento e Expansão

Nos anos seguintes, a Engenharia Clínica foi reconhecida como essencial para garantir que os dispositivos médicos operassem com segurança, fossem eficientes e seguissem os padrões de qualidade exigidos pelas regulamentações de saúde. Com o surgimento de novas tecnologias, como a informática médica, a Engenharia Clínica passou a atuar também na integração dos sistemas hospitalares, contribuindo para a automação e digitalização dos processos.

Além disso, o papel da Engenharia Clínica se expandiu para incluir atividades como:

- 2.2.1 Gestão de Tecnologias em Saúde:** O engenheiro clínico auxilia na gestão do ciclo de vida dos equipamentos, desde a aquisição até a desativação, passando pela manutenção preventiva e corretiva.
- 2.2.2 Conformidade Regulatória:** Garante que os equipamentos atendam às regulamentações de segurança e saúde (como as normas da ANVISA no Brasil e FDA nos Estados Unidos).

2.2.3 Treinamento e Suporte Técnico: Proporciona capacitação para os profissionais da saúde no uso correto dos equipamentos.

2.2.4 Integração de Tecnologias: Nos dias atuais, o engenheiro clínico também se dedica à integração de dispositivos médicos em sistemas mais amplos, como os de gestão de dados de pacientes e de telemedicina.

Figura 1- Ilustração do trabalho do Engenheiro Clínico



Fonte: próprio autor e IA

2.3- Impacto da Telemedicina e da Inovação Tecnológica

Com o crescimento das tecnologias de comunicação e informação, especialmente com a expansão da internet e das plataformas digitais, a Engenharia Clínica também se envolveu no desenvolvimento de soluções de telemedicina. A integração de dispositivos médicos com plataformas de atendimento remoto representa uma das fronteiras mais importantes da Engenharia Clínica no presente, além de oferecer uma resposta rápida a novas necessidades sanitárias, como as exigidas por situações de emergência, como a pandemia de COVID-19.

A Engenharia Clínica continua evoluindo com o foco na inovação e adaptação a novos paradigmas, como a inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), e a

implementação de sistemas de gestão de dados de saúde baseados na nuvem, promovendo mais eficiência e melhores cuidados aos pacientes.

2.4 - Fundamentos da Internet das Coisas (IoT)

A IoT pode ser entendida como uma rede composta fundamentalmente de um conjunto de hardwares, embarcados ou não, e softwares conectados por meios digitais com ou sem fio. (ALBERTIN & ALBERTIN, 2017)

A Internet das Coisas (IoT - Internet of Things) é uma rede de dispositivos que se comunicam entre si e com sistemas centrais por meio da internet. Esses dispositivos podem ser sensores, atuadores, dispositivos móveis, entre outros, capazes de coletar e enviar dados para plataformas de gerenciamento. Na engenharia clínica, a IoT envolve o uso de sensores e dispositivos médicos inteligentes que monitoram condições de saúde dos pacientes, como frequência cardíaca, pressão arterial, níveis de glicose, entre outros parâmetros. Esses dispositivos são integrados a sistemas que permitem o monitoramento remoto, aumentando a eficiência no cuidado ao paciente e melhorando a gestão de equipamentos médicos. Segundo Laplant(2016), através da IoT, é possível a integração do mundo físico ao virtual.

2.4.1- Componentes da IoT

De acordo com Souza Júnior (2021), a IoT é composta por três elementos principais:

- **Sensores:** São dispositivos responsáveis pela coleta de dados, como temperatura, pressão, sinais vitais, etc.
- **Conectividade:** Através de redes de comunicação, os dispositivos trocam dados com servidores, aplicativos e outros dispositivos.
- **Plataformas de processamento de dados:** São responsáveis pela análise e visualização dos dados coletados pelos sensores, podendo gerar alertas, relatórios ou realizar intervenções automatizadas.

2.4.2 - IoT na Engenharia Clínica

Na engenharia clínica, a IoT possibilita o monitoramento remoto de dispositivos médicos, oferecendo uma gestão mais eficiente dos equipamentos e aumentando a segurança do paciente. Com sensores inteligentes integrados a sistemas de monitoramento, os profissionais de saúde podem acessar informações em tempo real sobre a condição dos pacientes sendo possível até mesmo a realização de intervenções cirúrgicas, independentemente da localização geográfica em que esse profissional se encontra.

2.4.3 - Vantagens do uso de IoT na engenharia clínica

- **Monitoramento em tempo real:** Permite o acompanhamento contínuo das condições dos pacientes, facilitando a detecção precoce de anomalias e prevenindo complicações.
- **Gestão de dispositivos médicos:** Com a IoT, é possível realizar a gestão de dispositivos médicos, monitorando seu desempenho e prevenindo falhas.
- **Acesso remoto:** Profissionais de saúde podem acessar dados de pacientes a partir de qualquer local, garantindo uma resposta rápida em situações emergenciais.
- **Otimização de recursos:** A IoT contribui para a gestão eficiente dos recursos hospitalares, como a manutenção de equipamentos e a alocação de leitos.

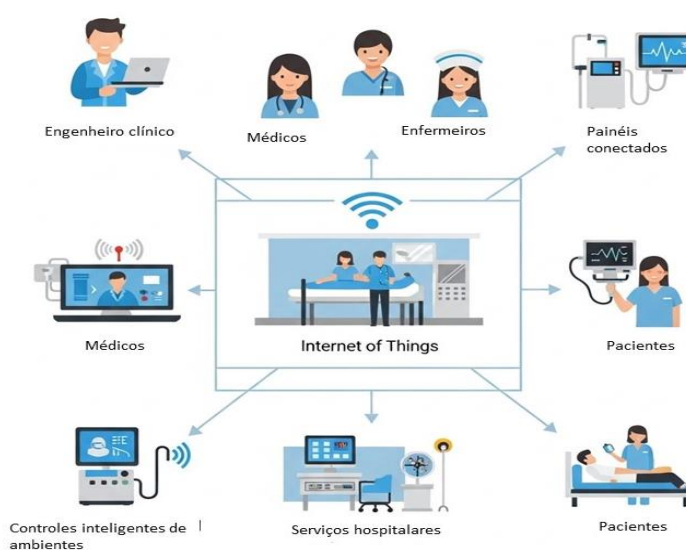
Segundo, [Fanganiello](#), através da IoT, é possível identificar onde se deve atuar reduzindo assim as manutenções corretivas e, em contrapartida, ampliando as manutenções preventivas.

2.4.4 - Exemplos de Aplicação de IoT em Engenharia Clínica

- **Monitoramento de pacientes:** Dispositivos como monitores de pressão arterial, oxímetros de pulso e sensores de temperatura conectados à rede de IoT possibilitam o acompanhamento constante dos pacientes.

- **Gestão de dispositivos médicos:** Sistemas de IoT permitem a gestão em tempo real de equipamentos como respiradores, bombas de infusão e desfibriladores, garantindo seu funcionamento adequado.
- **Telemedicina:** A IoT possibilita a integração de dispositivos médicos com plataformas de telemedicina, permitindo consultas remotas e aumentando a cobertura de serviços de saúde.

Figura 2 - Infográfico IoT e Engenharia Clínica



Fonte: Próprio autor e IA

2.5 - Desenvolvimento de Sistemas Conectados para Monitoramento Remoto

O desenvolvimento de sistemas conectados para monitoramento remoto de dispositivos médicos envolve a integração de tecnologias como sensores, redes de comunicação e plataformas de dados. Para que esses sistemas sejam eficazes, é essencial garantir a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes, a segurança dos dados transmitidos e a confiabilidade dos sistemas.

2.5.1 - Desafios no desenvolvimento de sistemas IoT para engenharia clínica

- **Interoperabilidade:** Dispositivos de diferentes fabricantes devem ser capazes de se comunicar entre si e com sistemas centrais.
- **Segurança e privacidade dos dados:** A transmissão de dados médicos sensíveis exige a implementação de protocolos de segurança para evitar acessos não autorizados e garantir a confidencialidade dos dados.
- **Confiabilidade e precisão dos dispositivos:** Os dispositivos IoT devem ser altamente confiáveis e fornecer dados precisos, especialmente quando se trata de monitoramento de condições críticas de saúde.
- **Manutenção e atualizações:** Sistemas IoT precisam ser monitorados e atualizados regularmente para garantir seu bom funcionamento e adaptar-se a novas tecnologias e regulamentações.

2.5.2 - Arquitetura de um sistema IoT para monitoramento remoto

A arquitetura de um sistema IoT para monitoramento remoto de dispositivos médicos geralmente inclui os seguintes componentes:

- **Sensores e dispositivos médicos:** São responsáveis pela coleta de dados dos pacientes e do ambiente.
- **Gateway de comunicação:** Conecta os dispositivos à rede e encaminha os dados para os servidores de processamento.
- **Plataforma de análise de dados:** Realiza o processamento e a análise dos dados recebidos, gerando relatórios, gráficos e alertas.
- **Interface de usuário:** Permite que médicos e engenheiros clínicos visualizem os dados, recebam notificações e realizem intervenções, quando necessário.

2.5.3 - Considerações sobre Segurança e Privacidade

A segurança e a privacidade dos dados são aspectos críticos no desenvolvimento de sistemas IoT na área da saúde. A troca de informações sensíveis, como dados médicos, exige o uso de protocolos robustos de criptografia e autenticação. Além disso, a conformidade com regulamentações como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)

no Brasil e a Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) nos Estados Unidos é essencial para garantir que os dados dos pacientes sejam protegidos.

Protocolos de segurança

Os sistemas IoT para a saúde devem adotar protocolos de segurança como:

- **Criptografia de ponta a ponta:** Garante que os dados sejam protegidos durante a transmissão.
- **Autenticação multifatorial:** Assegura que apenas usuários autorizados tenham acesso aos dados.
- **Gerenciamento de identidade e acesso:** Controla quem tem acesso aos dados e aos sistemas, permitindo uma gestão rigorosa das permissões.

2.6 - Regulação e Padrões

A implementação de dispositivos médicos conectados à IoT deve seguir regulamentações e padrões específicos que garantem a segurança e a eficácia desses dispositivos. Organizações como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no Brasil e a Food and Drug Administration (FDA) nos Estados Unidos estabelecem diretrizes para a certificação e o uso desses dispositivos médicos.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para elaboração deste artigo, trata-se de uma revisão bibliográfica, elaborada a partir da leitura de títulos e resumos, obtidos impressos e em bases de dados confiáveis de universidades, na SciELO, no Google Acadêmico, seguido da análise de artigos relevantes, seleção qualitativa de dados e documentos oriundos destas fontes secundárias relacionadas a produção científica e tecnológica publicadas entre 2000 e 2025, envolvendo a Engenharia Clínica e a IoT no ambiente da saúde. Os dados extraídos foram sintetizados de forma descritiva, buscando identificar as principais tendências e lacunas na literatura com o objetivo de verificar o impacto da IoT na

engenharia clínica, com ênfase no desenvolvimento de soluções tecnológicas para o monitoramento remoto de dispositivos médicos. Para Gil (2008), as pesquisas descritivas têm como objetivo principal a descrição das características de uma determinada população ou fenômeno utilizando-se de técnicas padronizadas de coleta de dados.

4 CONCLUSÃO

A Internet das Coisas tem um potencial transformador na área da engenharia clínica, oferecendo soluções inovadoras para o monitoramento remoto de dispositivos médicos e a melhoria da gestão de equipamentos. Apesar dos desafios, como a segurança dos dados e a interoperabilidade, o avanço da tecnologia e a adoção de padrões e regulamentações adequadas tornam a IoT uma ferramenta poderosa para melhorar a eficiência e a qualidade do atendimento ao paciente. A integração de sistemas conectados à IoT na engenharia clínica promete um futuro mais seguro, eficiente e acessível na área da saúde. O SUS (Sistema Único de Saúde), também tem avançado na implantação de sistemas conectados, embora de forma mais lenta que a rede privada. Tem-se o Datasus, o conecte SUS que acompanha o prontuário médico de cada cidadão e a Rede Nacional de Dados em Saúde(RNDS) que é o principal agente de comunicação entre os Municípios, Estados e o Ministério da Saúde.

De acordo com Engelmann (2018), os avanços tecnológicos utilizados na saúde foram responsáveis por uma revolução nessa área – a Saúde 4.0 , pois um sistema todo interligado proporciona maior agilidade nas respostas médicas, resultando em melhor qualidade de vida da sociedade em geral. Essa mudança já pode ser vivenciada. Dessa forma ocorre a integração médico e o paciente, sendo possível a personalização de cada atendimento através da tecnologia, possibilitando assim a realização de uma medicina preditiva, tornando os cuidados mais humanizados, provocando nova revolução nos cuidados com a saúde, sendo denominada Saúde 5.0.

5 REFERÊNCIAS

Albertin, A. L., & Albertin, R. M. de M. (2017). **A internet das coisas irá muito além as coisas.** *GV-EXECUTIVO*, 16(2), 12–17. 19/05/2017. Disponível em: <https://doi.org/10.12660/gvexec.v16n2.2017.68668>. Acesso em: 24/01/2025

ENGELMANN, Iomani. **Saúde 4.0: a revolução no cuidado com o paciente.** 2018. Disponível em: <http://forumsaudedigital.com.br/saude-4-0-revolucao-no-cuidado-com-o-paciente/>. Acesso em: 04/03/2025.

Fanganiello, Marcelo. Como a conectividade pode beneficiar a engenharia clínica. 09/11/2021. Disponível em: <https://medicina.com.br/iot-engenharia-clinica/>. Acesso em : 07/03/2025

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p

Health Insurance Portability and Accountability Act. Disponível em: (HIPAA)<https://www.hhs.gov/hipaa/for-professionals/security/index.html>. Acesso: 05/12/2024

LAPLANTE, Phillip A.; LAPLANTE, Nancy. **The Internet of Things in Healthcare: Potential Applications and Challenges.** *It Professional*, [s.l.], v. 18, n. 3, p.2-4, maio 2016.

Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Disponível em: <https://www.gov.br/esporte/pt-br/acao-a-informacao/lgpd>. Acesso em: 05/12/2024

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Qualificação de Engenharia Clínica.** Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sgtes/degerts/qualificacao-de-engenharia-clinica>. Acesso em: 24/01/2025

SANTAELLA, Lucia; GALA, Adelino; POLICARPO, Clayton; GAZONI, Ricardo. **Desvelando a Internet das Coisas.** *Revista GEMINIS, [S. l.]*, v. 4, n. 2, p. 19–32, 2013. Disponível em: <https://www.revistageminis.ufscar.br/index.php/geminis/article/view/141>. Acesso em: 24/01/2025.

SOUZA JÚNIOR, Edelvicio. **Desmitificando a Internet das Coisas (IoT): conceitos básicos.** Disponível em: <https://itforum.com.br/colunas/desmitificando-a-internet-das-coisas-iot-conceitos-basicos>. Acesso em: 24/01/2025.
