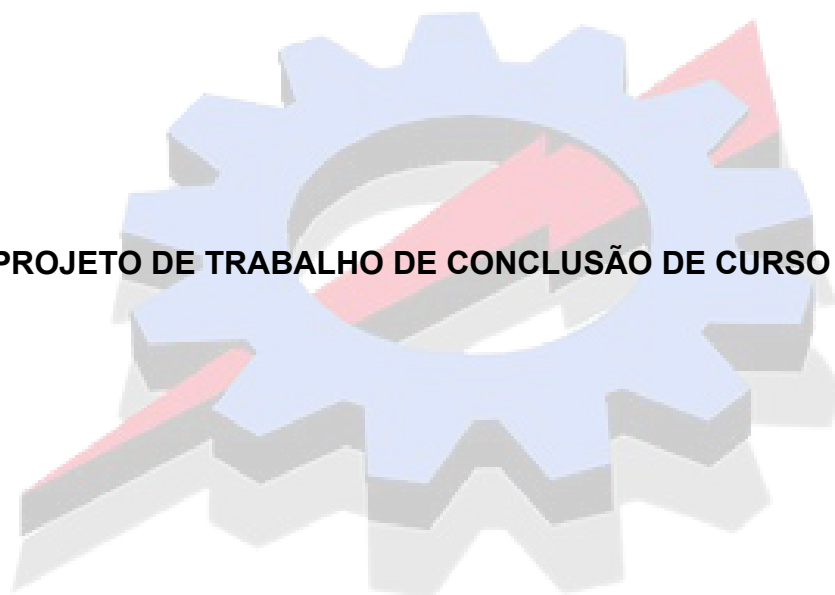


ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT,

TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA

PROJETO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TÉCNICO



FLUXEM

SISTEMA DE ALERTA PARA O TÉRMINO DE INFUSÕES

DIMITRI LOPES

ISADORA EWALD BARBOZA

JONATHAN KONRATH SCHERER

SÃO LEOPOLDO

2025

DIMITRI LOPES
ISADORA EWALD BARBOZA
JONATHAN KONRATH SCHERER

FLUXEM
SISTEMA DE ALERTA PARA O TÉRMINO DE INFUSÕES

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso Técnico apresentado ao Curso de Eletromecânica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação do professor Marcos Rogério dos Santos Barbosa e coorientação do professor Marcos Augusto Bandini.

SÃO LEOPOLDO
2025

RESUMO

O projeto em questão propõe o desenvolvimento de um sistema automatizado de monitoramento de infusões intravenosas, voltado à melhoria da precisão, segurança e eficiência na administração de medicamentos em ambientes hospitalares. A solução utiliza sensores capacitivos integrados a microcontroladores Arduino, capazes de identificar em tempo real o término da medicação e emitir alertas visuais imediatos por meio de sinalizadores de luz, informando a equipe de enfermagem com rapidez e confiabilidade. Essa automação reduz falhas humanas, atrasos e riscos de infecção relacionados ao uso prolongado de acessos venosos, fortalecendo a segurança do paciente e a qualidade do atendimento clínico. O protótipo destaca-se pela viabilidade econômica e pela simplicidade operacional, pois emprega componentes eletrônicos de baixo custo e fácil obtenção no mercado. Seu funcionamento intuitivo dispensa treinamentos complexos e permite integração direta às rotinas hospitalares, favorecendo a adoção em larga escala. O sistema foi projetado para ser adaptável a diferentes contextos de atendimento e oferece potencial de expansão para conectividade sem fio e integração com plataformas de Internet das Coisas (IoT), ampliando sua aplicabilidade futura. Entre os principais benefícios esperados estão a otimização do tempo de resposta da equipe de enfermagem, a redução do tempo de internação dos pacientes e a melhoria da gestão hospitalar, por meio da automatização de um processo crítico que exige atenção constante. Assim, o projeto representa um avanço relevante na modernização e humanização dos cuidados em saúde, demonstrando como a tecnologia assistiva e a automação inteligente podem atuar de forma conjunta para criar ambientes clínicos mais seguros, eficientes e centrados no paciente.

Palavras-chave: Automação; Infusão Intravenosa; Monitoramento em Saúde; Alerta visual; Internet das Coisas (IoT).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Arduino	20
Figura 2 - Sensor Capacitivo	20
Figura 3 - Protoboard	21
Figura 4 - Sinalizador de luz	21
Figura 5 - Jumpers	22
Figura 6 - Fonte	22
Figura 7 - Resistor	23
Figura 8 - Módulo bluetooth HC-06	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estado da arte	13
Tabela 2 - Cronograma do projeto FLUXEM	28
Tabela 3 - Orçamento do projeto FLUXEM	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
IoT	Internet das Coisas
RFID	Identificação por Radiofrequência
ROI	Retorno sobre investimentos
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
LED	Diodo Emissor de Luz
PWM	Modulação por Largura de Pulso
PIC	Controlador de Interface Periférica
OMS	Organização Mundial da Saúde

LISTA DE SÍMBOLOS

Ω – Ohm

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	10
1.2 PROBLEMA	10
1.3 OBJETIVOS	10
1.3.1 Objetivo Geral	10
1.3.2 Objetivos Específicos	10
1.4 JUSTIFICATIVA	11
2 ESTADO DA ARTE	12
2.1 Advantages in Management and Remote Monitoring of Intravenous Therapy: Exploratory Survey and Economic Evaluation of Gravity Based Infusions in Finland	12
2.2 EDBOX: Uso da tecnologia IoT para o controle inteligente de medicamentos.	13
2.3 A Prototype of Iot Medication Management System for Improved Adherence.	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS INTRAVENOSOS	15
3.2 ABNT NBR ISO 14971:2020 - DISPOSITIVOS MÉDICOS: APLICAÇÃO DE GERENCIAMENTO DE RISCO A DISPOSITIVOS MÉDICOS	15
3.3 TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO AUTOMATIZADO	16
3.4 INTERNET DAS COISAS (IOT) APLICADA À SAÚDE	17
3.5 ÓBITOS POR OVERDOSE CAUSADOS POR ERROS MÉDICOS	17
3.6 COMPONENTES	18
3.6.1 Arduino	18
3.6.2 Sensor Capacitivo	19
3.6.3 Protoboard	20
3.6.4 Sinalizadores de luz	20
3.6.5 Jumpers	21
3.6.6 Fonte	21
3.6.7 Resistor	22
3.6.8 Módulo Bluetooth HC-06	22
4 METODOLOGIA	23
4.1 TIPO DE PESQUISA	23
4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES	23
4.2.1 Arduino	23
4.2.2 Sensor	23
4.2.4 Sinalizadores de luz	24
4.2.5 Resistores	24
4.2.6 Jumpers	24
4.2.7 Fonte	24
4.3 ESQUEMA ELETRÔNICO	25
5 CRONOGRAMA	27
6 RECURSOS	28
7 RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

Em ambientes clínicos, a administração segura e precisa de medicamentos injetáveis é essencial para o sucesso do tratamento e para a eficiência do trabalho da equipe de enfermagem, uma vez que, qualquer falha nesse processo pode comprometer a segurança do paciente. Entre os desafios recorrentes na rotina hospitalar, destaca-se o retardo na retirada dos acessos intravenosos após o término da infusão, muitas vezes causado pela ausência de sistemas de controle automatizados. Segundo Silva e Camerini (2012), a administração de medicamentos intravenosos em ambientes hospitalares apresenta uma alta incidência de atrasos e falhas operacionais, especialmente na finalização do processo, o que demonstra a necessidade de sistemas que monitorem o fluxo e indiquem com precisão o momento ideal para a retirada do acesso venoso. De forma semelhante, estudo da UFMG com hospitais de ensino evidenciou que até 60% dos pacientes internados apresentaram atrasos na alta, sendo as medicações endovenosas e a espera pela retirada de dispositivos venosos uma das principais causas dessa permanência prolongada (UFMG, 2014).

A literatura também mostra que a via intravenosa é a mais suscetível a erros e atrasos. De acordo com uma revisão sistemática publicada pelo *David Westfall Bates*, os medicamentos administrados por via IV representam o maior risco de falhas no ambiente hospitalar, especialmente pela ausência de sistemas de monitoramento em tempo real. Além disso, um estudo realizado na rede sentinela, que é uma estratégia Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que visa monitorar e notificar acontecimentos adversos e queixas de medicamentos e equipamentos hospitalares, revelou que mais de 69% das doses intravenosas observadas apresentaram atrasos, destacando a importância de soluções que auxiliem no acompanhamento da infusão e na tomada de decisões clínicas (SILVA e CAMERINI, 2012).

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de incorporar soluções tecnológicas eficazes, que auxiliem no controle do fluxo de medicação, agilizem a resposta da equipe de enfermagem e contribuam para um ambiente hospitalar mais seguro. Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema automatizado baseado em sensores de fluxo, capaz de identificar o término da infusão intravenosa

e emitir um alerta visual em tempo real a um painel central de monitoramento. Essa automação visa reduzir falhas operacionais, otimizar a rotina dos profissionais de saúde e garantir um cuidado mais eficiente e humanizado, minimizando riscos ao paciente e contribuindo para a melhoria da gestão hospitalar como um todo.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Sensor controlador de fluxo de medicamentos intravenosos em ambientes hospitalares.

1.2 PROBLEMA

É viável desenvolver um dispositivo capaz de monitorar e controlar o fluxo de medicamentos intravenosos em ambientes hospitalares, a fim de otimizar o processo de retirada dos acessos venosos de forma segura e eficiente?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de monitoramento em tempo real da infusão de medicamentos intravenosos, utilizando sensores capacitivos, com o intuito de aumentar a segurança dos pacientes, minimizar falhas humanas e otimizar o tempo de resposta da equipe médica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Projetar e implementar um sistema baseado em sensores capacitivos para identificar o término da infusão intravenosa de medicamentos.
- Integrar o sistema a um painel de controle visual centralizado para exibir alertas em tempo real.
- Avaliar a eficácia do sistema em relação à redução de falhas na administração de medicamentos e ao tempo de resposta da equipe médica.
- Garantir que o sistema seja de fácil operação e integração ao ambiente hospitalar, respeitando os protocolos de segurança e ergonomia.

1.4 JUSTIFICATIVA

A administração segura e precisa de medicamentos endovenosos é uma das responsabilidades mais críticas da equipe de enfermagem em ambientes hospitalares. No entanto, erros humanos, sobrecarga de trabalho e a ausência de sistemas automatizados de alerta podem comprometer a eficácia do tratamento e a segurança do paciente.

Com o avanço da tecnologia, especialmente no campo da automação e dos sensores inteligentes, torna-se viável o desenvolvimento de soluções que auxiliem a equipe médica na tomada de decisões em tempo real. A proposta deste trabalho surge da necessidade de reduzir falhas na administração de medicamentos injetáveis, proporcionando maior controle e visibilidade sobre o término da infusão de medicamentos.

Ao implementar um sistema de monitoramento baseado em sensores de fluxo, com alertas visuais centralizados, espera-se não apenas aumentar a segurança dos pacientes, mas também otimizar o tempo de resposta dos profissionais de saúde, melhorando a organização e eficiência do ambiente clínico.

Além disso, a solução proposta tem potencial para ser uma alternativa de baixo custo e de fácil adaptação às rotinas hospitalares, o que reforça a relevância acadêmica, social e prática deste projeto, que tem como objetivo promover a inovação tecnológica integrada à humanização no cuidado hospitalar.

2 ESTADO DA ARTE

Com base no repertório científico pesquisado, foram encontrados projetos que possuem características, estudos e abordagens compatíveis com o presente projeto, que serviram de fonte de inspiração, consulta e repertório para ele.

Tabela 1 - Estado da Arte

Pesquisa	Autoria	Ano de publicação
Advantages in Management and Remote Monitoring of Intravenous Therapy: Exploratory Survey and Economic Evaluation of Gravity Based Infusions in Finland	Puolitaival, Antti; Savola, Mikko;Tuomainen, Petri; Asseburgo, Christian; Lundstrom, Tuomas; Soini, Erkki.	2022
EdBox: uso da tecnologia IoT para o controle inteligente de medicamentos.	Poleto Filho, Olavo.	2023
A Prototype of lot Medication Management System for Improved Adherence.	Hyunbin Yun, Heekyung Chae, Bong Jun Choi & Dhananjay Singh	2024

Fonte: Os autores (2025)

2.1 *Advantages in Management and Remote Monitoring of Intravenous Therapy: Exploratory Survey and Economic Evaluation of Gravity Based Infusions in Finland*

Entre as soluções já utilizadas para melhorar a administração de medicamentos intravenosos, o dispositivo Monidrop, da empresa finlandesa Monidor Oy, se destaca por monitorar infusões por gravidade em tempo real, por meio de

sensores ópticos acoplados à câmara de gotejamento. Integrado ao software *IV Screen*, permite o acompanhamento remoto e emite alertas visuais e sonoros. Segundo Puolitaival et al. (2022), seu uso trouxe benefícios como economia de recursos, redução do tempo da equipe de enfermagem e aumento da segurança do paciente.

Embora com foco distinto, o projeto também se baseia no monitoramento automatizado de infusões. A proposta é detectar o término da medicação intravenosa com sensores capacitivos e enviar um alerta visual a um painel central, o que pode agilizar a retirada do acesso venoso, reduzir riscos de infecção e evitar atrasos na alta hospitalar. Assim como o Monidrop, busca-se integrar tecnologia à rotina hospitalar de forma simples, eficiente e segura.

2.2 EDBOX: Uso da tecnologia IoT para o controle inteligente de medicamentos.

Estudos sobre o uso de tecnologias de Internet das Coisas (IoT) no ambiente hospitalar mostram que sistemas conectados podem aumentar a eficiência e a segurança na gestão de medicamentos. Poletto Filho (2019) analisou três hospitais privados em São Paulo e observou que o uso de recursos como códigos de barras, sensores e RFID contribuiu para reduzir desperdícios, evitar perdas por vencimento e melhorar o controle de estoque. No entanto, ele destaca que o sucesso dessas tecnologias depende da estrutura organizacional e do envolvimento da gestão.

Embora o foco do estudo seja o setor de farmácia hospitalar, sua proposta reforça a importância de automatizar processos com IoT, o que também é aplicado a este trabalho. Enquanto Poletto enfatiza o controle logístico dos medicamentos, a solução do projeto em questão busca automatizar o fim da infusão intravenosa com sensores capacitivos e alertas visuais em tempo real, melhorando a atuação da equipe de enfermagem, evitando riscos ao paciente e agilizando o processo de alta.

2.3 *A Prototype of Iot Medication Management System for Improved Adherence.*

Estudos recentes apontam que soluções baseadas em Internet das Coisas (IoT) têm grande potencial para melhorar o gerenciamento de medicamentos e a adesão dos pacientes aos tratamentos. Um exemplo é o protótipo apresentado por

Yun et al. (2024), que utiliza IoT para monitorar remotamente a tomada de doses, enviar lembretes automatizados e registrar o cumprimento da prescrição médica. A proposta integra sensores, conectividade e dados de prescrição com o objetivo de fortalecer o acompanhamento terapêutico, sobretudo em contextos de telemedicina.

Diferentemente desse enfoque voltado à administração de medicamentos orais, o projeto propõe um sistema de monitoramento de infusões intravenosas com sensores capacitivos, priorizando a automação da detecção do término da medicação e o envio de alertas visuais a um painel central. A proposta atua diretamente no ambiente hospitalar, otimizando o tempo da equipe de enfermagem, reduzindo riscos de infecção e agilizando a retirada do acesso venoso. Embora ambos os sistemas explorem tecnologias IoT aplicadas à gestão medicamentosa, o projeto se diferencia por atender demandas clínicas específicas relacionadas à administração intravenosa em tempo real.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS INTRAVENOSOS

A via intravenosa é amplamente utilizada em ambientes hospitalares devido à sua eficácia na administração rápida e controlada de medicamentos. No entanto, esse método exige atenção constante dos profissionais de enfermagem para evitar complicações clínicas, como infiltrações, flebites, extravasamentos e infecções associadas ao uso prolongado de dispositivos periféricos.

De acordo com a ANVISA, 69% das doses de medicamentos administradas por via intravenosa apresentaram algum tipo de atraso, falha ou inconsistência no tempo de infusão (ANVISA, 2020). Esses atrasos impactam diretamente na qualidade do atendimento, no tempo de permanência hospitalar e na experiência do paciente, além de aumentarem o risco de infecções por dispositivos intravasculares, como demonstrado por Souza et al. (2021) em estudo realizado em hospitais da Rede Sentinela.

Além disso, levantamento feito pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em hospitais de ensino revelou que 60% dos atrasos na alta hospitalar estavam associados à demora na finalização da administração de medicamentos, especialmente os intravenosos. Tais dados evidenciam a importância de mecanismos que atuem de forma automatizada, alertando a equipe de enfermagem no momento exato em que a infusão for concluída.

3.2 ABNT NBR ISO 14971:2020 - DISPOSITIVOS MÉDICOS: APLICAÇÃO DE GERENCIAMENTO DE RISCO A DISPOSITIVOS MÉDICOS

A ABNT NBR ISO 14971:2020 – Dispositivos Médicos: Aplicação de Gerenciamento de Risco a Dispositivos Médicos é uma norma internacional amplamente reconhecida por órgãos reguladores, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Food and Drug Administration (FDA). Ela define um conjunto de diretrizes e requisitos destinados a orientar o desenvolvimento, a validação e a produção de dispositivos médicos, assegurando que cada etapa — desde o projeto até o descarte — seja conduzida de forma controlada, segura e rastreável (ABNT, 2020).

O objetivo principal da ISO 14971 é estabelecer uma metodologia sistemática que garanta a qualidade, a segurança e a eficácia dos dispositivos médicos, promovendo a confiabilidade técnica e o cumprimento das normas internacionais. Essa norma se integra a outros referenciais, como a ISO 13485, que trata dos sistemas de gestão da qualidade para produtos médicos, e a RDC nº 751/2022 da ANVISA, que regula o registro, a rotulagem e o controle de dispositivos médicos no Brasil. Juntas, essas regulamentações reforçam a importância de um processo de engenharia que priorize a segurança do paciente e a conformidade técnica em todas as fases do desenvolvimento.

Além de seu papel normativo, a ISO 14971 impulsiona a cultura de qualidade e rastreabilidade no setor da saúde, incentivando que instituições e desenvolvedores adotem práticas baseadas em evidências e documentação técnica. Dessa forma, sua aplicação contribui para elevar os padrões de confiabilidade, reduzindo incidentes e fortalecendo a credibilidade das soluções tecnológicas voltadas à área hospitalar. No contexto do projeto FLUXEM, essa norma serve como referência essencial para garantir que a concepção e a implementação do sistema estejam alinhadas às exigências de desempenho, segurança e conformidade técnica vigentes no campo dos dispositivos médicos.

3.3 TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO AUTOMATIZADO

O avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de dispositivos voltados à automação de processos hospitalares, entre eles o Monidrop, da empresa finlandesa Monidor Oy. Trata-se de um sistema óptico que monitora infusões por gravidade em tempo real e, integrado ao software *IV Screen*, permite o controle remoto das infusões. Em estudo realizado por Puolitaival et al. (2022) em unidades hospitalares da Finlândia, observou-se uma redução de até €1.270 por mês em custos operacionais por enfermaria, além de aumento da segurança do paciente e retorno sobre o investimento (ROI) de até 3,7 vezes.

3.4 INTERNET DAS COISAS (IOT) APLICADA À SAÚDE

A Internet das Coisas (IoT) tem ganhado espaço na área da saúde como ferramenta de apoio à gestão eficiente e segura de processos. Segundo Poletto Filho (2019), a implementação de tecnologias como RFID, sensores sem fio e conectividade em tempo real em farmácias hospitalares contribuiu para redução de perdas por vencimento, melhoria na rastreabilidade dos medicamentos e otimização de recursos humanos e logísticos.

Embora o estudo citado tenha como foco a logística de medicamentos, os princípios de conectividade e automação aplicam-se diretamente ao projeto em questão, que busca inserir a IoT na etapa clínica da administração intravenosa. A automação da etapa final da infusão, quando o medicamento é totalmente administrado e o acesso deve ser retirado, pode representar ganhos significativos em termos de segurança, tempo de resposta e controle da rotina da equipe de enfermagem.

Além disso, dispositivos semelhantes como o apresentado por Yun et al. (2024), que utilizam IoT para monitorar a adesão de pacientes a medicamentos orais, reforçam a viabilidade e aplicabilidade dessas soluções em diferentes contextos. Apesar das abordagens distintas, todos os sistemas têm em comum a utilização de sensores e conectividade para melhorar a gestão medicamentosa e promover cuidados mais precisos e humanizados.

3.5 ÓBITOS POR OVERDOSE CAUSADOS POR ERROS MÉDICOS

Relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) mostra que todos os anos milhões de pessoas sofrem as consequências, muitas vezes fatais, de erros médicos. As vítimas são sobretudo pessoas de camadas sociais mais pobres.

Em entrevista em Genebra, o chefe da OMS, Tedros Adhanom Ghebreyesus, informou que "morrem por minuto cinco pessoas devido a tratamento inadequado".

Outro representante da organização, Neelam Dhingra-Kumar, comentou que se trata de "um problema global", muitas vezes explicável por uma hierarquia demasiadamente rígida nos sistemas de saúde, em que médicos ou enfermeiros mais jovens não se atrevem a falar, ou funcionários encobrem erros cometidos por temer represálias.

Ainda segundo a OMS, quase metade (40%) dos pacientes sujeitos a tratamento ambulatorio sofre os efeitos de erros médicos, percentual que baixa significativamente nos hospitais, embora permaneça, ainda assim, em preocupantes 10%.

A pesquisa mostra que anualmente 2,6 milhões de pessoas morrem nos 150 países de baixo ou médio rendimento devido a tratamentos médicos errados.

Os erros médicos abrangem desde diagnósticos errados a medicamentos errados, desde radiações inapropriadas a infecções hospitalares. A esses e outros erros possíveis são acrescentadas, por exemplo, a amputação de um membro quando a indicação era de amputar outro, ou a operação de um hemisfério cerebral quando a indicação era de operar o outro.

A ideia de que os erros médicos podem ser justificados por medidas de contenção financeira é contestada pelos peritos da OMS, mostrando que, pelo contrário, os sistemas onde os pacientes são, com frequência, vítimas desses erros acabam por gastar mais dinheiro para remediar os danos.

O exemplo inverso é o dos hospitais Medicare, nos Estados Unidos, que teriam poupado o equivalente a cerca de 25 bilhões de euros entre 2010 e 2015 devido a melhores controles de segurança, para evitar os erros. A Alemanha é também apontada como um bom exemplo na prevenção dos erros médicos.

3.6 COMPONENTES

3.6.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma de programação eletrônica, que facilita o desenvolvimento de projetos. Composta por hardware e software, ela é uma placa microcontroladora e um ambiente de desenvolvimento (IDE) que permite a programação da placa para diversas tarefas.



Figura 1 - Arduino

Fonte: Robocore (2025)

3.6.2 Sensor Capacitivo

Um sensor capacitivo é um dispositivo eletrônico que detecta a presença ou proximidade de objetos sem contato físico, por meio de alterações no campo elétrico. O sensor possui dois eletrodos que formam um capacitor; quando um objeto com constante dielétrica diferente se aproxima ou toca a área sensível, há variação na capacitância, que é detectada pelo circuito de controle. Sensores capacitivos são amplamente utilizados em automação industrial, sistemas de monitoramento e aplicações médicas, devido à sua precisão, rapidez de resposta e capacidade de detectar materiais condutores e não condutores.



Figura 2 - Sensor capacitivo

Fonte: WEG (2025)

3.6.3 Protoboard

É uma placa que permite a conexão facilitando a montagem temporária de circuitos eletrônicos. Ela funciona como uma matriz de contato, onde componentes eletrônicos podem ser inseridos e/ou interligados para criar protótipos de circuitos.

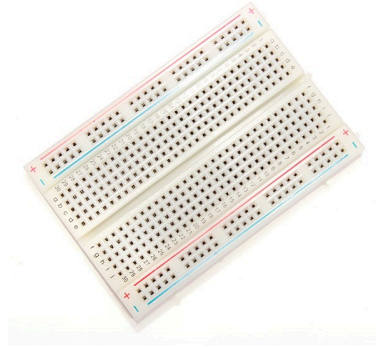


Figura 3 - Protoboard

Fonte: Eletrogate (2025)

3.6.4 Sinalizadores de luz

O termo sinalizador de luz refere-se a um dispositivo eletrônico capaz de emitir sinais visuais para indicar estados, alertas ou condições específicas em um sistema. Ele é composto por elementos emissores de luz, que convertem energia elétrica em luz, permitindo percepção imediata do sinal. Os sinalizadores podem variar em cores, formatos e intensidades, e são amplamente utilizados em sistemas de monitoramento e automação para comunicar informações de forma clara e intuitiva.



Figura 4 - sinalizadores de luz

Fonte: Eletrodex (2021)

3.6.5 Jumpers

São pequenos pedaços de fio condutor utilizados para estabelecer conexões entre pontos em um protoboard. Eles são geralmente utilizados para testar circuitos antes que as conexões definitivas sejam estabelecidas. Os jumpers geralmente são feitos de fio de cobre revestido de isolamento. Existem diferentes tipos de jumpers como: Jumpers de fio, de pino duplo, de cabeçalho, de ponte, de encaixe. Além de ser divididos em categorias: macho-macho, macho-fêmea, fêmea-fêmea.

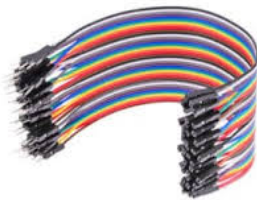


Figura 5 - Jumpers

Fonte: Curto Circuito (2025)

3.6.6 Fonte

É um dispositivo responsável por converter a energia elétrica da rede em níveis utilizáveis de tensão e corrente, possibilitando o funcionamento de equipamentos eletrônicos. Sua principal função consiste em transformar a corrente alternada, disponibilizada pela rede elétrica, em corrente contínua, além de regular e estabilizar a energia entregue, evitando oscilações que possam danificar os circuitos internos dos aparelhos.



Figura 6 - Fonte

Fonte: OkayShop (2025)

3.6.7 Resistor

O resistor é um componente eletrônico utilizado para diminuir ou controlar a corrente elétrica que passa em um circuito. Sua principal função é garantir que a tensão e a corrente não afetem o funcionamento do sistema.

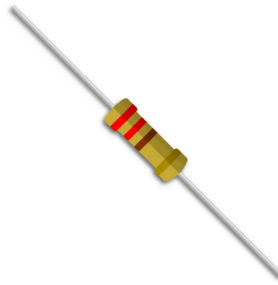


Figura 7 - Resistor
Fonte: Instituto Digital (2025)

3.6.8 Módulo Bluetooth HC-06

Ele é um componente eletrônico que serve para transmissão de dados via comunicação sem fio, permitindo que você controle projetos de eletrônica à distância e é frequentemente utilizado em projetos de automação residencial, robótica e controle remoto com Arduino.



Figura 8 - Módulo bluetooth HC-06
Fonte: Vida de Silício (2025)

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

Esse Trabalho de Conclusão de Curso Técnico (TCCT), pode ser classificado como um projeto técnico baseado em pesquisa exploratória. O objetivo principal do projeto é diminuir o tempo de espera dos pacientes em ambientes hospitalares, portanto, o trabalho se baseia em uma abordagem quali-quantitativa, pois utilizamos de informações tanto informativas quanto numéricas.

4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

O dispositivo em questão de funcionamento simples, será acoplado ao conta-gotas do equipo de infusão, mas cada um de seus componentes possui uma atribuição diferente.

4.2.1 Arduino

O Arduino Uno atua como o microcontrolador central do sistema, responsável pelo processamento lógico e pela coordenação das entradas e saídas elétricas. Ele interpreta os sinais provenientes do sensor capacitivo e executa a programação embarcada, controlando a mudança de estado dos sinalizadores indicadores. Sua escolha se deve à robustez, à compatibilidade com diversos módulos eletrônicos e à facilidade de programação em linguagem C/C++, o que garante flexibilidade e confiabilidade ao protótipo.

4.2.2 Sensor

O sensor capacitivo constitui o principal elemento funcional do sistema, sendo responsável pela detecção da vazão do fluido de medicação intravenosa. A variação na capacitância gerada pela passagem do líquido é convertida em um sinal elétrico de saída, o qual é transmitido ao microcontrolador para processamento e acionamento dos demais componentes do circuito.

4.2.3 Protoboard

A protoboard é utilizada como plataforma de prototipagem temporária, permitindo a interconexão dos componentes eletrônicos sem a necessidade de soldagem. Seu uso facilita ajustes e testes experimentais durante a fase de desenvolvimento e validação do circuito.

4.2.4 Sinalizadores de luz

Os sinalizadores de luz indicam o status operacional do sistema. Durante a infusão, o sinalizador vermelho permanece ativo, indicando fluxo em andamento. Ao término da medicação, o microcontrolador alterna a saída, desativando o sinalizador vermelho e acionando o sinalizador verde, indicando a conclusão do processo de forma clara e imediata.

4.2.5 Resistores

Os resistores têm a função de limitar a corrente elétrica aplicada aos sinalizadores, evitando sobrecarga e garantindo sua durabilidade. Além disso, contribuem para o controle de tensão nos circuitos de entrada e saída, assegurando a estabilidade do sistema.

4.2.6 Jumpers

Os jumpers são utilizados para realizar as conexões elétricas entre os módulos e componentes instalados na protoboard. Eles funcionam como condutores de interligação, permitindo a transmissão de sinais e alimentação elétrica de forma prática e modular.

4.2.7 Fonte

A fonte de alimentação é responsável por fornecer a tensão e corrente elétrica estabilizadas necessárias ao funcionamento do circuito eletrônico. No projeto, foi utilizada uma única fonte para alimentar o microcontrolador Arduino, o sensor capacitivo e os sinalizadores indicadores. Essa fonte converte a corrente alternada da rede elétrica em corrente contínua, garantindo níveis adequados de tensão para cada componente. Além disso, desempenha um papel fundamental na

4.3 ESQUEMA ELETRÔNICO

Nessa simulação pelo TinkerCad, utilizamos de um arduino controlando as saídas e entradas de tensão, um potenciômetro para controlar a tensão, sinalizadores vermelho e verde e os fios de conexão. Caso a vazão do medicamento esteja em fluxo, o sinalizador vermelho ficará aceso. Após o término, o sinalizador vermelho se apagará e acenderá o verde no lugar, indicando o fim da vazão.

4.4 PROGRAMAÇÃO

```

1  #include <SoftwareSerial.h>
2  SoftwareSerial BT(9, 8); // TX=9, RX=8
3
4
5  const int ledVerde = 7;
6  const int ledVermelho = 6;
7
8  void setup() {
9      Serial.begin(9600);
10     BT.begin(9600);
11     pinMode(ledVerde, OUTPUT);
12     pinMode(ledVermelho, OUTPUT);
13     digitalWrite(ledVerde, LOW);
14     digitalWrite(ledVermelho, LOW);
15 }
16
17 void loop() {
18     if (BT.available()) {
19         String msg = BT.readStringUntil('\n');
20         Serial.print("Recebido: ");
21         Serial.println(msg);
22
23         if (msg == "VERDE") {
24             digitalWrite(ledVerde, HIGH);
25             digitalWrite(ledVermelho, LOW);
26         } else {
27             digitalWrite(ledVerde, LOW);
28             digitalWrite(ledVermelho, HIGH);
29         }
30     }
31 }
32

```

Fonte: Os autores (2025)

Acima temos a programação da nossa simulação do TinkerCad. Void setup significa tudo que começa a acontecer logo no início do dispositivo, sendo a velocidade de comunicação entre os componentes (Serial.begin(9600)), saída de tensão para os LEDS (OUTPUT) e eles apagados (LOW).

Após o void setup, o sistema entra no modo loop, esse modo vai ficar repetindo as informações nele colocadas, infinitamente.

5 CRONOGRAMA

Tabela 2 - Cronograma do projeto FLUXEM

2025	FE V	MA R	AB R	MAI	JU N	JUL	AG O	SE T	OU T	NO V
Escolha do tema				X	X					
Levantamento de literatura científica				X	X	X	X			
Introdução					X	X	X			
Tema					X					
Problema					X					
Objetivos					X	X				
Justificativa					X					
Estado da Arte					X	X	X			
Fundamentação teórica						X	X	X	X	
Metodologia							X	X	X	
Cronograma					X	X	X	X	X	
Recursos						X	X		X	
Resultados esperados ou parciais							X			
Referências					X	X	X		X	
Avaliação do CRC							X	X		
Produção do Banner								X	X	
27ª Exposchmidt										X

Fonte: Os autores (2025)

6 RECURSOS

Tabela 3 - Orçamento do projeto FLUXEM

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Arduino Uno	R\$36	1	R\$36	RoboCore	14/08/25
Sensor capacitivo	R\$57,00	1	R\$57,00	Fábrica de bolso	27/11/25
Fonte	R\$30	2	R\$60	OkayShop	27/08/25
Protoboard	R\$9	2	R\$18	Eletrogate	11/08/25
Jumpers	R\$8,50	1	R\$8,50	Curto Circuito	11/08/25
Sinalizador de luz verde					
Sinalizador de luz vermelha					
Módulo bluetooth	R\$39,90	1	R\$39,90	Eletrogate	02/10/25
Resistor 220Ω	R\$0,08	2	R\$0,16	Instituto Digital	27/08/25
Valor final: R\$219,86					

Fonte: Os autores (2025)

7 RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS

O desenvolvimento deste projeto deve resultar na criação de um protótipo funcional de sensor capacitivo para o monitoramento de medicamentos intravenosos em hospitais. Quando o sistema identificar que a infusão foi concluída, deverá fornecer alertas visuais instantâneos, permitindo que a equipe de enfermagem responda de maneira mais rápida e eficaz.

Espera-se que o protótipo seja fácil de operar, tenha um custo de produção reduzido e mostre estabilidade em várias condições de uso, comprovando sua viabilidade prática. A utilização de componentes acessíveis possibilita a replicação ou adaptação da solução em diversos ambientes hospitalares sem grandes dificuldades financeiras ou técnicas.

O aparelho pode ajudar a diminuir o tempo de internação dos pacientes, reduzindo o risco de infecções, como resultado, diminuindo os gastos hospitalares. Além disso, ao melhorar o tempo de resposta da equipe de enfermagem, promove-se um ambiente mais seguro e eficaz.

Acreditamos que este estudo enfatiza a relevância da integração entre automação, Internet das Coisas (IoT) e ambientes hospitalares, demonstrando como a tecnologia pode colaborar para a humanização e melhoria da qualidade do cuidado. Apesar das limitações iniciais do protótipo, como adaptações em larga escala, prevê-se que os resultados obtidos proporcionem uma base sólida para aprimorações futuras e aplicações práticas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE SUPLEMENTAR (ANS). **Planos de saúde realizaram 1,93 bilhão de procedimentos em 2023**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ans/pt-br/assuntos/noticias/numeros-do-setor/planos-de-saude-realizaram-1-93-bilhao-de-procedimentos-em-2023>. Acesso em: 14 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14971:2020 – Dispositivos médicos: aplicação de gerenciamento de risco a dispositivos médicos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Acesso em: 28 out. 2025.

BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 11. ed. São Paulo: Pearson, 2014. Acesso em: 17 jul. 2025.

CARVALHO, A. I.; PIRES, R. R. C. **Promoção da saúde e os determinantes sociais da saúde: concepções, estratégias e experiências**. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 314-321, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rsp/2014.v48n2/314-321/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

ELETROGATE. **Módulo Bluetooth RS232 HC-06**. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-bluetooth-rs232-hc-06>. Acesso em: 2 out. 2025.

GUSE, Rosana. **O que é um relé? Funcionamento, tipos e como testar**. MakerHero, 21 ago. 2024. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/o-que-e-um-rele/>. Acesso em: 20 ago. 2025.

HELERBROCK, Rafael. **Resistores: o que são, tipos e exercícios**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/resistores.htm>. Acesso em: 27 ago. 2025.

MAKERHERO. **Como funciona uma protoboard?**. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/como-funciona-uma-protoboard/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

MAKERHERO. **Jumpers**. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.makehero.com/categoria/prototipagem/jumpers/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

POLETO FILHO, Olavo. **Controle de medicamentos em farmácias hospitalares com Internet das Coisas (IoT)**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão para Competitividade – Tecnologia da Informação) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2019. Acesso em: 17 jul. 2025.

PUOLITAIVAL, Antti et al. **Advantages in Management and Remote Monitoring of Intravenous Therapy: Exploratory Survey and Economic Evaluation of Gravity-Based Infusions in Finland**. *Advances in Therapy*, [S. l.], v. 39, p. 1894–1907, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35287232/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

RTP. **OMS mostra que 5 pessoas morrem a cada minuto por erro médico**. Agência Brasil, 14 set. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2019-09/oms-mostra-que-5-pessoas-morrem-cada-minuto-por-erro-medico>. Acesso em: 13 out. 2025.

SILVA, L. D.; CAMERINI, F. G. **Administração segura de medicamentos: um desafio para a enfermagem**. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 65, n. 5, p. 751–757, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/BxNwVJ6cBqT7ZgxkgvTwfJM/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

SOUZA, Júlia C. et al. **Erros de medicação intravenosa em hospitais da Rede Sentinela: um panorama nacional**. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 74, n. 2, p. e20200844, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/zvgvzQ9TfqvWJm6mvKpzkcc>. Acesso em: 14 ago. 2025.

TECNOBLOG. **O que é LED?**. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-led/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

TECNIAR. **Sensor capacitivo: o que é e como funciona?**. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.tecniar.com.br/noticias/sensor-capacitivo-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). **Estudo de análise de permanência hospitalar em hospitais universitários brasileiros**. Núcleo de Educação em Saúde Coletiva (NESCON/UFMG), 2014. Disponível em: <https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/2856.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2025.

VICTOR VISION. **O que é Arduino?**. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

YUN, Hyunbin; CHAE, Heekyung; CHOI, Bong Jun; SINGH, Dhananjay. **A Prototype of IoT Medication Management System for Improved Adherence**. In: Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2024. cap. 18, p. 177–190. Acesso em: 28 out. 2025.