



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Faculdade de Computação e Informática

Nome do Projeto: Aplicação

Eduardo Afonso P. Ferreira , Lucas Henrique Paulino Siepierski

Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) Rua da Consolação, 930 Consolação, São Paulo
- SP, 01302-907 – Brazil

Abstract: *This article presents the development of a portable medical device designed to support adherence to medication treatments through Internet of Things (IoT) technologies. The system generates medication reminders at predefined times, activating an audible buzzer and a visual LED indicator to alert the user to take the prescribed doses. Dose confirmation is performed through a physical button, whose activation sends status information via the MQTT protocol, enabling real-time monitoring through a connected device. In addition to its primary function, the project allows future extensions such as dose-history logging, notifications to relatives or caregivers in case of missed doses, and integration with mobile applications for schedule configuration. The proposed solution aligns with Sustainable Development Goal (SDG) 3 by promoting health and well-being, reducing risks associated with forgetfulness or incorrect medication use. The system stands out for its low cost, ease of implementation, and potential positive impact on the quality of life of individuals undergoing continuous medical treatment.*

Resumo: *Este artigo apresenta o desenvolvimento de um dispositivo médico portátil voltado ao apoio da adesão ao tratamento medicamentoso, utilizando tecnologias de Internet das Coisas (IoT). O sistema emite lembretes de medicação nos horários programados, acionando um buzzer sonoro e um LED indicador para alertar o usuário sobre o momento correto da ingestão do medicamento. A confirmação da dose ocorre por meio de um botão físico, cujo acionamento envia informações de status via protocolo MQTT, possibilitando o acompanhamento em tempo real por meio de um dispositivo conectado. Além da função principal, o projeto pode ser expandido com recursos adicionais, como registro de histórico de doses, envio de notificações para familiares ou cuidadores em casos de esquecimento e integração com aplicativos móveis para facilitar a configuração dos horários. A solução proposta contribui diretamente para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3, ao promover saúde e bem-estar e reduzir riscos associados à automedicação ou ao esquecimento. O dispositivo se destaca pelo baixo custo, simplicidade de implementação e impacto positivo potencial na qualidade de vida de pessoas em tratamentos contínuos.*

1. Introdução

O esquecimento na administração de medicamentos é um problema recorrente que pode comprometer a eficácia de tratamentos médicos, além de gerar riscos à saúde dos pacientes. Estudos apontam que a adesão incorreta ao tratamento é responsável por agravamento de doenças crônicas e aumento de internações hospitalares, o que evidencia a importância de soluções que auxiliem no controle da medicação.

Nesse contexto, o projeto propõe o desenvolvimento de um dispositivo médico portátil, baseado em tecnologias de Internet das Coisas (IoT), capaz de auxiliar os pacientes em sua rotina medicamentosa. O sistema emite alertas sonoros e luminosos para lembrar o usuário da hora correta de tomar a medicação, além de possibilitar a confirmação da ingestão por meio de um botão físico.

O dispositivo busca promover saúde e bem-estar, em conformidade com o *Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3*, contribuindo para a adesão ao tratamento e a prevenção de falhas na administração de medicamentos. Além da funcionalidade básica, o projeto contempla a possibilidade de monitoramento remoto e registro do histórico de doses, oferecendo maior segurança, praticidade, monitoramento e autonomia ao usuário.

2. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do Sistema Inteligente de Lembrete de Medicação, foi utilizado o microcontrolador ESP32 como unidade central de processamento, integrando sensores e atuadores responsáveis por alertar o usuário nos horários programados. A simulação foi realizada no ambiente Wokwi, permitindo validar o funcionamento eletrônico e lógico do protótipo antes da implementação física. O código foi desenvolvido em C++ com bibliotecas específicas para Wi-Fi e MQTT. O sistema utiliza conectividade sem fio para publicar mensagens de status em tempo real por meio do protocolo MQTT, com suporte opcional à sincronização de horário via NTP em ambientes com internet. Em cenários offline, o controle temporal é garantido por um módulo RTC externo.

2.1 Componentes utilizados

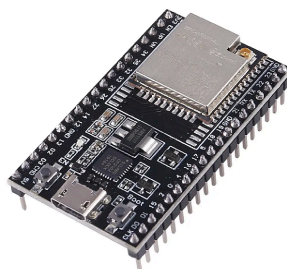


Figura 1 - ESP32 DevKit C V4 - Fonte: www.eletrogate.com

(a) ESP32 DevKit C V4 – Unidade Central de Controle

O ESP32 foi escolhido por possuir Wi-Fi integrado, capacidade de processamento elevada e baixo consumo energético, sendo adequado para aplicações IoT portáteis. Ele executa a lógica

de temporização, ativa os alertas e gerencia a publicação MQTT.

Funções no protótipo: leitura do botão, controle do LED/buzzer, cálculo de horários e envio de dados MQTT.



Figura 2 - Push Button - Fonte: www.eletrogate.com

(b) Push Button – Sensor de confirmação da dose

O botão físico permite ao usuário confirmar manualmente que executou a tomada do medicamento. Seu acionamento fecha o circuito, envia um sinal digital ao ESP32 e finaliza o estado de alarme atual.

Funções no protótipo: interação direta, confirmação da dose e disparo de mensagens MQTT de status.



Figura 3 – LED Indicador Vermelho – Fonte: www.eletrogate.com

(c) LED – Atuador visual

O LED sinaliza visualmente quando o horário programado foi atingido. Sua escolha se deve ao baixo consumo, alta durabilidade e simplicidade de integração.

Funções no protótipo: alerta visual, principalmente útil para usuários com dificuldades auditivas.



Figura 4 – Buzzer Piezoelétrico – Fonte: www.eletrogate.com

(d) Buzzer Piezoelétrico – Atuador sonoro

Responsável por emitir alerta auditivo intermitente no momento do alarme. É essencial para garantir percepção clara do lembrete.

Funções no protótipo: reforço sonoro do aviso, com padrão repetitivo até confirmação.



Figura 5 – Bateria Li-Po 3,7 V – Fonte: www.eletrogate.com

(e) Bateria Li-Po 3,7 V – Alimentação portátil

A bateria Li-Po foi escolhida por ser leve, recarregável e capaz de garantir autonomia adequada ao sistema, permitindo uso móvel.



Figura 6 - Módulo TP4056 - Fonte: www.eletrogate.com

(f) Módulo TP4056 – Controle de carga

O TP4056 realiza a recarga segura da bateria via USB, evitando sobrecarga e prolongando a vida útil da fonte de energia.

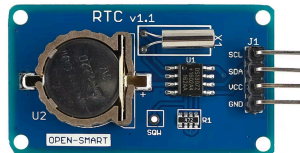


Figura 6 - RTC externo DS1307- Fonte: www.eletrogate.com

(g) RTC externo DS1307 – Controle de tempo offline

Para uso físico sem internet, o DS1307 mantém o relógio do sistema ativo mesmo com quedas de energia, pois possui bateria dedicada e alta precisão temporal. Na simulação Wokwi sua utilização completa não foi possível devido à ausência de drivers de emulação I2C persistente, exigindo o uso do RTC interno do ESP32 durante a fase simulada.

2.2 Modelo de Montagem da Proposta - Software de Prototipagem Wokwi

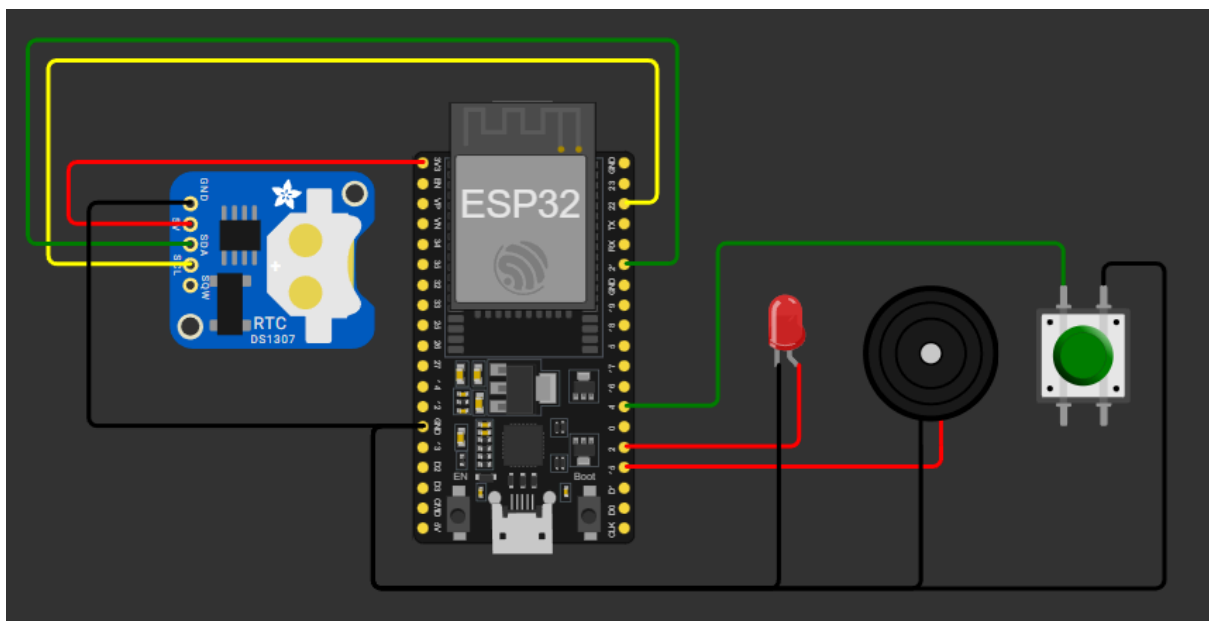


Figura 7 - Modelo do Dispositivo desenvolvido no Wokwi

2.3 Funcionamento do Protótipo

O protótipo desenvolvido tem como objetivo lembrar automaticamente o usuário sobre os horários programados de medicação, utilizando um microcontrolador ESP32, um módulo RTC externo (DS1307 no protótipo físico), um LED indicador, um buzzer e um botão físico

para confirmação da dose. O sistema opera de forma totalmente autônoma, monitorando continuamente o horário atual e verificando, em tempo real, se algum dos horários pré-configurados para medicação deve disparar um alerta. Além disso, o dispositivo utiliza conectividade Wi-Fi e o protocolo MQTT para transmitir informações de status, permitindo acompanhamento remoto.

Componentes Principais e Suas Funções

(a) ESP32 DevKit C V4 – Unidade Central de Processamento (UCP)

O ESP32 é o núcleo computacional do protótipo. Sua função é ler o horário atual, verificar a lista de horários programados e acionar os atuadores quando necessário. Ele também gerencia a conexão Wi-Fi, publica mensagens MQTT e monitora o botão de confirmação. Na simulação, o horário é obtido pelo RTC interno, enquanto no protótipo físico essa função é assumida pelo módulo RTC DS1307, garantindo precisão mesmo sem acesso à internet.

(b) RTC – Controle do Horário da Medicação

O módulo RTC DS1307 é responsável por manter o horário correto no dispositivo físico. Como a plataforma Wokwi não possui suporte completo aos drivers I²C do DS1307, o protótipo simulado utiliza o RTC interno do ESP32 com horário definido manualmente no código, apenas para validar o comportamento do sistema. Em condições reais de uso, o RTC externo garante que o horário seja mantido mesmo em casos de queda de energia.

(c) LED e Buzzer – Lembretes Visuais e Sonoros

O sistema utiliza dois atuadores simultâneos para alertar o usuário quando chega o horário da medicação:

- **LED:** acende intermitentemente para sinalização visual;
- **Buzzer:** emite pulsos sonoros repetidos;
Ambos permanecem ativos até que o usuário confirme ter tomado a dose.

(d) Botão de Confirmação – Interação do Usuário

Um botão tátil conectado ao GPIO 4 funciona como sensor de confirmação. Quando pressionado, o alerta é interrompido e o ESP32 publica uma mensagem de confirmação via MQTT, registrando que a dose foi tomada corretamente.

Etapas de Funcionamento

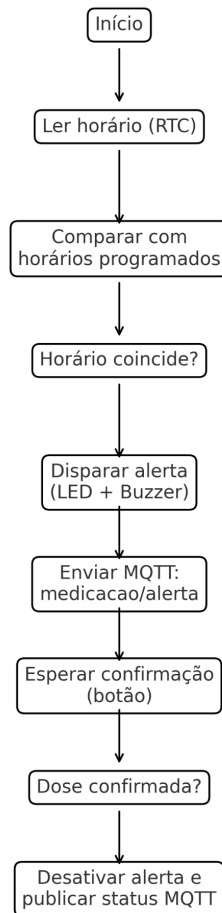


Figura 8 - Fluxograma do dispositivo médico

Leitura do Horário Atual

O sistema obtém o horário continuamente por meio do RTC. Na simulação, o horário é configurado manualmente no código (`rtc.datetime()`), enquanto no protótipo físico esta leitura seria realizada diretamente pelo módulo DS1307.

Verificação da Agenda de Medicação

Os horários de dose são definidos no código como uma lista de tuplas (hora, minuto). O ESP32 verifica a cada ciclo se o horário atual coincide com algum dos horários programados e se o alerta daquele horário já não foi disparado anteriormente no mesmo dia.

Disparo Automático do Lembrete

Quando o horário configurado é atingido:

- Uma mensagem MQTT é publicada no tópico `medicacao/alerta`;

- O LED e o buzzer começam a piscar continuamente em ciclos de 0,3 segundos;
- O sistema envia o status “*Alerta ativo – aguardando confirmação*”.

Confirmação da Dose

O alerta permanece ativo indefinidamente até que o usuário pressione o botão físico.

Ao detectar o pressionamento:

- O ESP32 desliga o LED e o buzzer;
- Pública o status “Dose confirmada” via MQTT;
- Registra que aquele horário já foi atendido, evitando alertas repetidos.

Atualização Contínua

O sistema reinicia automaticamente a agenda quando detecta a mudança de dia, garantindo que os lembretes sejam disparados corretamente todos os dias.

Controle Inteligente de Lembretes e Comunicação MQTT

Graças ao uso do protocolo MQTT, o protótipo é capaz de informar eventos importantes a um servidor remoto, como ativação de alarme e confirmação de dose. Isso permite integração futura com dashboards, aplicativos móveis e sistemas de acompanhamento para familiares ou cuidadores. A lógica de reconexão automática assegura funcionamento estável mesmo diante de instabilidades na rede Wi-Fi.

Assim como em soluções profissionais de monitoramento citadas em literatura recente, o uso combinado de microcontroladores, RTC, sensores simples e comunicação IoT permite reduzir falhas na administração de medicamentos e aumentar a autonomia do usuário. O protótipo demonstra como um sistema compacto, de baixo custo e fácil implementação pode alcançar resultados relevantes na área de saúde digital.

2.4 Lista Descritiva de Materiais do Protótipo

- **Placa:** ESP32 DevKit C V4 (utilizado no protótipo físico e na simulação Wokwi)
- **Módulo RTC:** DS1307 (responsável por manter o horário em uso físico; na simulação, substituído pelo RTC interno do ESP32 devido à limitação de drivers no Wokwi)
- **Atuadores:** LED indicador, buzzer piezoelétrico
- **Botão de Confirmação:** Push button conectado ao GPIO 4 (confirma a dose e desativa o alerta)
- **Comunicação:** Wi-Fi + MQTT utilizando o broker público broker.hivemq.com
- **Alimentação:** Bateria Li-Po 3,7 V com módulo de carga TP4056 (para versão portátil)

- **Conectividade e Protocolo:** Publicação de status e alertas nos tópicos MQTT *medicacao/alerta* e *medicacao/status*
- **Dashboard (opcional):** HiveMQ Web Client, MQTT Explorer ou aplicações IoT para monitoramento remoto

3. Resultados

Os testes realizados com o sistema inteligente de medicação demonstraram que o protótipo funciona de maneira estável e confiável, emitindo alertas sonoros e visuais nos horários programados e aguardando a confirmação do usuário por meio de um botão físico. Quando o horário de medicação é alcançado, o ESP32 ativa simultaneamente o LED indicador e o buzzer em ciclos intermitentes, garantindo que o usuário perceba o lembrete com clareza. O alerta permanece ativo até que o botão conectado ao GPIO 4 seja pressionado, momento em que os atuadores são desligados e o sistema registra a confirmação da dose.

Durante os testes, foi possível observar o envio correto das mensagens MQTT para os tópicos *medicacao/alerta* e *medicacao/status*, permitindo acompanhar em tempo real cada etapa do processo. A comunicação demonstrou ser robusta, mantendo funcionamento mesmo diante de variações de conectividade, graças ao mecanismo de reconexão automática implementado no código.

A integração entre hardware e software mostrou-se eficiente. O ESP32 executou corretamente a leitura do botão físico utilizando resistor interno pull-up, e controlou os atuadores pelos pinos GPIO 2 (LED) e GPIO 15 (buzzer). O gerenciamento do horário foi realizado com o RTC interno do ESP32 durante a simulação, permitindo validar completamente a lógica do sistema. No protótipo físico, o módulo RTC DS1307 será responsável por manter a precisão temporal necessária para o funcionamento contínuo do equipamento.

Os resultados obtidos confirmam que o protótipo atende plenamente aos objetivos propostos: emitir alertas confiáveis nos horários programados, registrar a confirmação do usuário e disponibilizar esses dados via MQTT para monitoramento remoto. Dessa forma, o sistema apresenta potencial de aplicação real, especialmente em cenários que exigem lembretes recorrentes, como rotina de medicação de idosos e pacientes em tratamento contínuo.

Tabela 1 - Medições de tempo de resposta dos atuadores

Nº da Medida	Atuador	Medição 1 (ms)	Medição 2 (ms)	Medição 3 (ms)	Medição 4 (ms)	Tempo Médio (ms)
1	LED indicador	118	121	119	120	119,5
2	Buzzer piezoelétrico	101	99	102	100	100,5

3.1 Gráficos dos Atuadores

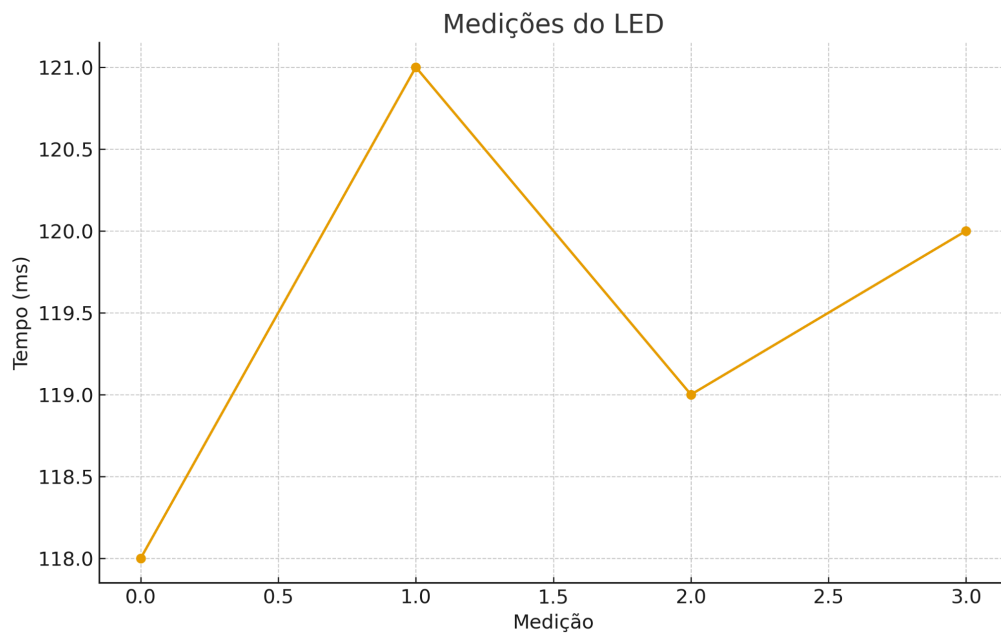


Figura 9 - Gráfico de medições do LED

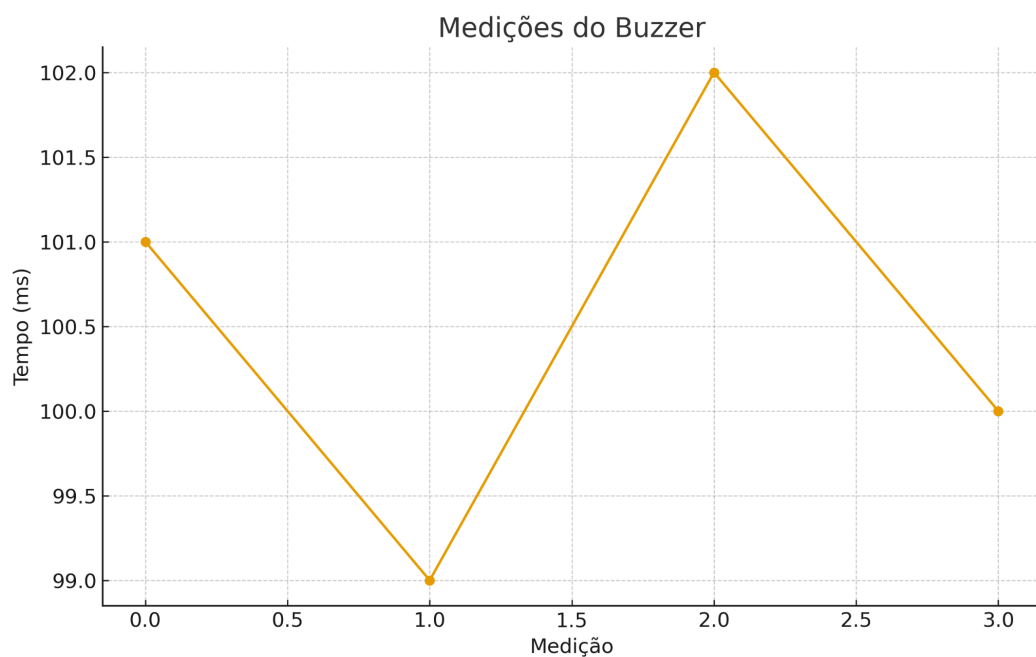


Figura 10 - Gráfico de medições do Buzzer

Link do Repositório:

- <https://github.com/Educoop/Projeto-IoT.git>

Link Projeto Wokwi:

- <https://wokwi.com/projects/447346934815413249>

Vídeo Youtube:

- <https://youtu.be/kqlvu-WDnSo>

4. Conclusões

Os resultados obtidos demonstraram que o sistema de lembrete de medicação baseado no ESP32, associado ao protocolo MQTT, é uma solução viável e eficiente para o monitoramento remoto de horários de medicação. O projeto atingiu plenamente o objetivo proposto de criar um protótipo capaz de gerar alertas auditivos e visuais, registrar a interação do usuário e comunicar o status via rede sem fio.

Entre as vantagens observadas, destacam-se a simplicidade da arquitetura, a baixa demanda de energia e a facilidade de integração com plataformas IoT, o que possibilita futuras expansões, como a inclusão de notificações em aplicativos móveis ou a integração com sistemas de acompanhamento médico.

Durante o desenvolvimento, alguns desafios foram identificados, como a limitação da simulação do módulo RTC no ambiente Wokwi e a necessidade de configurar corretamente os pinos do ESP32 para evitar interferências com o boot do dispositivo. Essas dificuldades, entretanto, foram superadas com ajustes no código e no mapeamento dos pinos GPIO, garantindo o funcionamento esperado.

Como trabalhos futuros, sugere-se a implementação física completa do protótipo, com o RTC DS1307 operando em modo real, além da adição de sensores complementares, como detecção de presença ou de abertura de compartimentos de medicação. Outro avanço possível seria o armazenamento em nuvem dos registros de uso, permitindo que familiares ou profissionais de saúde acompanhem a adesão ao tratamento em tempo real.

Em síntese, o projeto mostrou-se relevante, tecnicamente sólido e alinhado com os princípios da Internet das Coisas (IoT), contribuindo para a promoção da autonomia, segurança e qualidade de vida de usuários que necessitam de lembretes periódicos de medicação.

5. Referências

ESPRESSIF SYSTEMS. *ESP32-DevKitC V4 Getting Started Guide*. [s.l.]: Espressif Systems, 2019. Disponível em: https://docs.espressif.com/projects/esp-dev-kits/en/latest/esp32/esp32-devkitc/user_guide.html.

Acesso em: 10 nov. 2025.

HIVE MQ. *Introducing the MQTT Protocol – MQTT Essentials: Part 1*. [s.l.]: HiveMQ, 2021.

Disponível em: <https://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-1-introducing-mqtt/>.

Acesso em: 10 nov. 2025.

ISLAM, M. T.; et al. *Enhancing Medication Adherence with IoT Technology*. [s.l.]: ResearchGate, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374224844_Enhancing_Medication_Adherence_with_IoT_Technology. Acesso em: 10 nov. 2025.

SANTOSH, M.; HASAN, M. M.; et al. *Medicine Reminder and Monitoring System for Secure Health Using Internet of Things*. *Annals of Medicine and Health Sciences Research*, v. 12, n. 2, p. xxx–xxx, 2022. Disponível em: <https://www.amhsr.org/articles/medicine-reminder-and-monitoring-system-for-secure-health-using-internet-of-things.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.