

# Aplicação de Sistemas Embarcados e suas Tecnologias no Combate a COVID-19: Uma Breve Revisão da Literatura

Francisco Alisson Silva Queiroz  
Centro Multidisciplinar de Pau dos  
Ferros (CMPF)  
Universidade Federal Rural do Semi-  
Árido (UFERSA)  
Pau dos Ferros, RN  
franciscoalisson1998@gmail.com

Sebastião Costa Maia Neto  
Centro Multidisciplinar de Pau dos  
Ferros (CMPF)  
Universidade Federal Rural do Semi-  
Árido (UFERSA)  
Pau dos Ferros, RN  
sebastiao.neto29178@alunos.ufersa.edu  
.br

Verônica Maria Lima Silva  
Centro Multidisciplinar de Pau dos  
Ferros (CMPF)  
Universidade Federal Rural do Semi-  
Árido (UFERSA)  
Pau dos Ferros, RN  
veronica.lima@ufersa.edu.br

**Resumo**--A pandemia de COVID-19 causou diversos impactos na sociedade, com diversas medidas sendo estabelecidas para combatê-la. Em busca de soluções mais eficazes para monitoramento e combate ao Sars-CoV-2, algumas tecnologias comumente usadas em sistemas embarcados foram aplicadas, tais como, Identificação por radiofrequência (RFID), Internet das coisas (IoT) e sistemas embarcados. Diante dessa problemática, neste trabalho foi realizada uma breve revisão sistemática da literatura, que buscou levantar artigos semelhantes, com a utilização de sistemas embarcados com RFID e/ou IoT para combater o COVID-19. Como resultados, os trabalhos levantados foram sumarizados e categorizados. Por fim, a utilização de tais tecnologias mostrou-se uma forma eficiente para minimizar os impactos causados.

**Palavras-chave**—COVID-19, RFID, IoT, Sistemas Embarcados, Revisão da Literatura.

## I. INTRODUÇÃO

Devido ao surto da pandemia de COVID-19 que teve início em 2019 na China e se alastrou para o resto dos países fez-se necessária a adoção de precauções para controlar seus impactos [1]. Medidas de distanciamento social, uso de máscara e mudança no funcionamento das atividades comerciais foram algumas das ações tomadas pelos países para controle da disseminação do Sars-Cov-2. Além dessas medidas, algumas tecnologias foram aplicadas no intuito de colaborar com o controle da disseminação, tais como técnicas de identificação por rádio frequência (RFID), internet das coisas (IoT) e sistemas embarcados.

A tecnologia RFID pode ser usada de diversas formas na área da saúde [2], seja no monitoramento da temperatura [3], como no controle de acesso às alas hospitalares [4].

A IoT, como sendo uma tecnologia que usa a internet para acrescentar conectividade aos objetos [5], é ativamente presente na área da saúde, definindo uma conectividade e modelagem de redes de disseminação de doenças infecciosas [6], conseguindo assim, reduzir tarefas manuais para a área da saúde e torná-la mais segura [1].

Nesse contexto, a utilização de RFID e IoT se apresentaram como uma alternativa para o combate da pandemia do COVID-19, já que possuem uma vasta maneira de aplicações na área da saúde. Nesse sentido, foi realizada uma breve Revisão Sistemática da Literatura, que reuniu trabalhos semelhantes sobre como essas tecnologias foram aplicadas no atual contexto da pandemia, para isso buscou-se responder a seguinte questão de pesquisa:

- Os sistemas embarcados aplicados com o uso de RFID e IoT foram eficazes no combate à pandemia?

## II. METODOLOGIA

O artigo trata-se de uma revisão sistemática da literatura, que teve como questão de pesquisa:

- Os sistemas embarcados com uso de RFID e IoT foram efetivos no combate à pandemia do COVID-19?

Como primeiro passo da metodologia usada foram elencados os seguintes critérios de exclusão:

- Artigos anteriores a 2019;
- Artigos duplicados;
- Artigos que não foram do escopo do COVID-19;
- Artigos que não abordam uso de ferramentas tecnológicas no combate à COVID-19;

Como critérios de inclusão dos estudos, adotou-se:

- Artigos publicados após 2019.
- Artigos relacionados ao COVID-19.
- Artigos que possuíssem uma aplicação das tecnologias IoT e/ou RFID.

No período de maio de 2021 se deu a busca da literatura, nas seguintes bases/portal de dados: IEEE Xplorer, Scopus, ACM Digital Library, utilizando os termos, ("RFID" AND "IOT" OR "internet of things" AND "embedded system" AND "COVID-19 OR "sars cov" OR "pandemic").

Após o levantamento dos artigos iniciou-se a leitura do título e resumo aplicando os critérios de seleção e assim obteve os artigos para responder à questão de pesquisa. A partir do processo de seleção, buscou-se fazer uma categorização dos estudos levantados, identificando o tipo de tecnologia aplicada e qual o processo de efetivação do estudo no combate a COVID-19.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após aplicação da metodologia, definiu-se uma sumarização das informações levantadas, especificando os dados de cada artigo selecionado.

### A. Resultados Gerais

Para a seleção dos artigos, iniciou-se a busca na base de dados IEEE Xplorer, resultados em 19 artigos, sendo que após a leitura do título e resumo, 9 foram selecionados para a leitura. Na Scopus obteve resultados em 15 artigos, sendo que após a leitura do título e resumo, 4 foram selecionados para a leitura. Na ACM Digital Library obteve resultados em 378 artigos, sendo que após a leitura do título e resumo, 1 foi selecionado para a leitura. Na Figura 1, tem-se a representação de cada etapa da metodologia adotada.

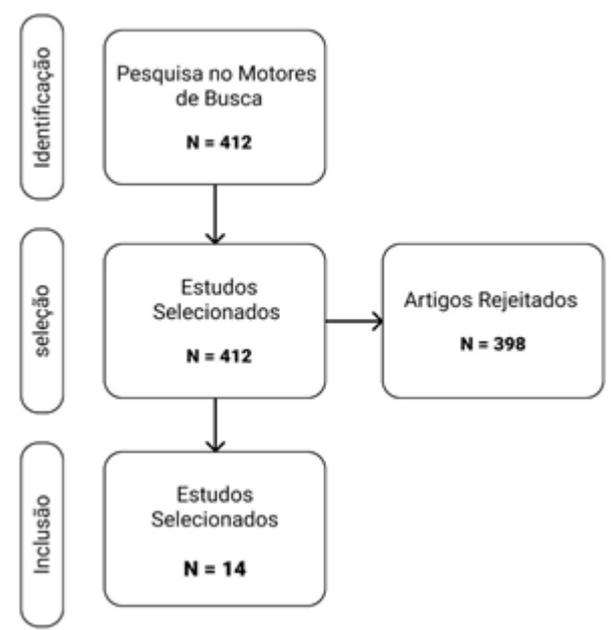


Fig. 1. Esquematização da Seleção dos Estudos.

Ao analisar os dados, pode-se identificar a quantidade de artigos que utilizaram a IoT e o RFID, como representado na Figura 2. De acordo com o diagrama de Venn, apresentado na Figura 2, dos 14 artigos percebe-se que a maioria abordaram o RFID (7 Artigos), 5 artigos abordaram tanto RFID quanto IOT e apenas 2 artigos abordaram somente IOT.

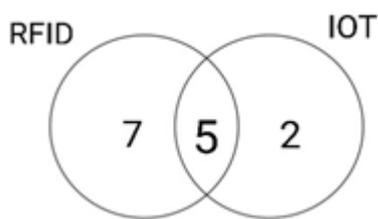


Fig. 2. Utilização do RFID e a IOT.

Em relação à questão de pesquisa, pode-se identificar o processo de como ocorreu a efetivação de cada estudo levantado, como apresentado na Tabela 1.

TABELA I CLASSIFICAÇÃO DOS ARTIGOS POR UTILIZAÇÃO E EFETIVAÇÃO

| Utilização | Artigos  | Efetivação   |
|------------|--|--|
| RFID       | RFID Tattoo for COVID-19 Temperature Measuring [3]                   | Medição da temperatura a distância                                     |
|            | Sensorized Facemask With Moisture-Sensitive RFID Antenna [9]         | Identificada umidade do fluxo fracionado de reserva do miocárdio (FFR) |
|            | Automation System for Six-minute Walk Test Using RFID Technology [6] | Monitoramento simultâneo e preciso de vários indivíduos                |
|            | Clean Environment Tools Design For Smart Campus                      | Deteção de pessoas que   |

|            |   |  |
|------------|---|--|
|            | Laboratory Through a Global Pandemic [4]  | entraram no laboratório (Sistema de Informação Acadêmica)  |
|            | RFID and Face Recognition based Smart Attendance System [11]  | Controle da temperatura de funcionários, a partir da verificação do cartão RFID                              |
|            | Contactless and Context-aware Decision Making for Automated Building Access Systems [13]  | Sistema de acesso automatizado para ajudar a manter o distanciamento social                                  |
|            | Mitigating Staff Risk in the Workplace: The Use of Rfid Technology During a Covid-19 Pandemic and Beyond [2]                    | Sistema de rastreamento e alerta que apoia a segurança dos profissionais de saúde em ambientes de alto risco |
| IoT        | Review on Emerging Internet of Things Technologies to Fight the COVID-19 [1]  | Com todos os dispositivos conectados à internet, pacientes podem ser monitorados e tratados à distância      |
|            | A Privacy-enabled Platform for Covid-19 Applications: Poster Abstract [14]  | Novo sensor de uso geral de coleta e gerenciamento de dados para espaços inteligentes                        |
| RFID + IoT | Anonymity Preserving IoT-Based COVID-19 and Other Infectious Disease Contact Tracing Model [7]                                  | Modela redes de disseminação de infecções e a conectividade humana   |
|            | Implementation of Industry 4.0 Technologies in Embedded Systems for Contagion Mitigation and COVID-19 Control in Work Areas [8] | Controle do contágio do Covid-19 nas áreas de trabalho, utilizando as novas ferramentas da Indústria 4.0     |
|            | Smart Access Card System to Mitigate the Covid-19 Outbreak [10]   | Dispositivo de medição de temperatura corporal sem contato   |
|            | Internet of Things for Healthcare Monitoring Applications Based on RFID Clustering Scheme [12]                                  | Sistema de monitoramento e coleta a partir de um leitor RFID de função reduzida e um cluster                 |
|            | Hybrid Simulation Modeling for Analyzing the Impact of Rfid Scrubs' Distribution in Operating Rooms [5]                         | Modelo de simulação de eventos discretos e baseado em agente híbrido para melhorar Sistema                   |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | de distribuição de uniformes médicos (Scrubs) |
|--|--|---|

## B. Discussões

No processo de discussão, buscou-se elencar algumas informações do processo de efetivação que cada artigo utilizou para o combate a Covid-19.

- Review on Emerging Internet of Things Technologies to Fight the COVID-19 [1]

Neste artigo foi proposto o uso de smartphones (IoT) como sensores para rastrear os indivíduos afetados para garantir a vigilância e monitorar a temperatura. Com os dispositivos conectados à internet, durante uma situação de sintomas, uma mensagem é enviada para o corpo clínico fazendo com que pacientes infectados possam ser tratados com melhores serviços e a distância, conseguindo rastrear e monitorar os pacientes infectados.

- Mitigating Staff Risk in the Workplace: The Use of RFID Technology During a COVID-19 Pandemic and Beyond [2]

Os autores afirmam que o uso de sistemas de rastreamento e alerta pode apoiar a segurança dos profissionais de saúde em ambientes de alto risco. Além disso, o gerenciamento de surtos de doenças infecciosas, incluindo COVID-19, a tecnologia RFID tem o potencial de permitir que as unidades de saúde entrem em contato rapidamente com indivíduos afetados.

- RFID Tattoo for COVID-19 Temperature Measuring [3]

No artigo foi desenvolvido um protótipo de baixo custo de alumínio e fita adesiva, capaz de medir a temperatura a distância utilizando a tecnologia RFID. Após as investigações e testes foi construída uma etiqueta de tatuagem usando o RFID, em que o alumínio foi o ponto chave para obterem sucesso no protótipo, já que é ótimo condutor e bem maleável, com a fita adesiva conseguiram obter uma boa durabilidade de uso por mais de 3 dias, sendo assim um modelo de baixo custo, compacto e durável.

- Clean Environment Tools Design for Smart Campus Laboratory Through a Global Pandemic [4]

Devido a pandemia de COVID-19 as atividades laboratoriais mudaram para o modo simulado de aprendizagem, às vezes algumas coisas ainda precisam ser acessadas no laboratório. Com isso, os autores focaram em um sistema limpo em laboratório que pode ser útil para diminuir a propagação do vírus ou até mesmo para obrigar a seus usuários a seguir o protocolo de saúde. O sistema limpo consiste em uma máquina de atendimento RFID, uma medição automática de temperatura corporal e ferramentas inteligentes para lavagem de mãos.

- Hybrid simulation modeling for analyzing the impact of RFID scrubs' distribution in operating rooms [5]

Neste estudo, foi proposto uma visão geral de um modelo de simulação de eventos discretos e baseado em agente híbrido para melhorar Sistema de Distribuição de Uniformes Médicos (Scrubs) em hospitais localizados na região de Montreal, avaliando as condições operacionais para

minimizar a disseminação de doenças principalmente durante a pandemia de COVID-19.

- Automation System for Six-minute Walk Test Using RFID Technology [6]

O teste dos seis minutos TC6 que tem como objetivo mensurar a distância máxima que uma pessoa pode caminhar por seis minutos, sendo usado para quem sofre de insuficiência Cardíaca (IC) e, com o surgimento do COVID-19, tem sido amplamente utilizado por ser simples, baixo custo e adequado para avaliação da função respiratória. Os autores apresentam um projeto para automação do teste dos seis minutos baseado na tecnologia por RFID.

- Anonymity Preserving IoT-Based COVID-19 and Other Infectious Disease Contact Tracing Model [7]

O artigo projeta e apresenta um novo modelo de IoT anônimo de privacidade que consiste em ajudar os cidadãos a preservar sua privacidade e ao mesmo tempo participar voluntariamente do rastreamento e notificações de contato, também se utiliza de transceptor RFID para identificação e blockchain para registro e recuperação de dados. O modelo proposto possibilita que objetos em movimento recebam ou enviem notificações de um caso de doença sinalizado, provável ou confirmado, como também o local do indivíduo ou objeto sinalizado.

- Implementation of Industry 4.0 Technologies in Embedded Systems for Contagion Mitigation and COVID-19 Control in Work Areas [8]

Os autores focaram na implantação das tecnologias da indústria 4.0 como RFID, IoT, IA (ou do inglês AI, Artificial Intelligence) computação em nuvem implementados em sistemas embarcados de baixo custo para reduzir o contágio epidemiológico em áreas de trabalho relacionadas a Sars-Cov-2. Os autores utilizam a tecnologia RFID UHF e Bluetooth Low Energy (BLE) para registrar a entrada de pessoas em áreas de trabalho para evitar aglomerações, como também um sistema para o manuseio de atuadores por meio de comandos de voz que visa reduzir o contato com os operados manualmente.

- Sensorized Facemask with Moisture-Sensitive RFID Antenna [9]

O estudo foca em uma etiqueta RFID que explora um microchip automático para detectar a umidade da máscara FFR (do inglês, Filtering Facepiece Respirators), já que com o surto da pandemia COVID-19 a umidade nas máscaras pode acabar reduzindo a capacidade de filtragem. Os autores propõem um sensor de umidade integrado à máscara facial que depende apenas de uma antena de fio fino e um circuito integrado. A antena é fixada em uma fibra higroscópica e hidrofílica dentro de um FFR N95. O desempenho eletromagnético do tag é otimizado por meio de simulações numéricas que compreendem um modelo da cabeça e uma máscara N95.

- Smart Access Card system to mitigate the COVID-19 Outbreak [10]

O modelo proposto pelos autores utiliza as seguintes tecnologias: IoT, RFID, sensor de temperatura corporal sem contato, módulo de distanciamento social (SCM) com módulo de alarme e rede de sensores sem fio, e um transceptor ultra wildband (UWB) sem fio que equipa a etiqueta do sensor inteligente, conseguindo estimar a localização. Segundo os autores, o sistema proposto pode

fornecer a localização com precisão na região de alguns milímetros, o que excede em muito a precisão alcançada usando qualquer outra forma de tecnologia.

- RFID and Face Recognition based Smart Attendance System [11]

Neste artigo os autores propuseram um modelo de monitoramento de funcionários por meio de RFID e reconhecimento facial com verificação de temperatura na entrada, já que doenças como a COVID-19 podem ser altamente contagiosas por isso é importante detectar o sintoma principal a alta temperatura e verificações de emoções para monitorar o bem estar mental dos funcionários.

- Internet of things for healthcare monitoring applications based on RFID clustering scheme [12]

Neste artigo os autores desenvolveram uma estrutura que integra RFID com sistemas de sensores sem fio com base em um esquema de agrupamento para coletar informações de forma eficiente. O framework usa um “*smart node*” que contém uma etiqueta RFID, leitor RFID de função reduzida, um sensor sem fio e a construção de um “*cluster*”. Em aplicações como: coletas de dados em cidades inteligentes com objetivo de monitorar a saúde em grandes eventos como festas, shoppings, aeroportos etc.

- Contactless and context-aware decision making for automated building access systems [13]

Nesse estudo os autores focam na tecnologia sem contato e sua interação automatizada com o ambiente construído para melhorar a conformidade com as normas sanitárias. Nele a ênfase é colocada no uso do RFID com o objetivo de criar sistemas de acesso automatizado para ajudar a manter o distanciamento social mantendo uso eficiente dos espaços. O sistema proposto é projetado para manter uso eficiente do espaço, respondendo às medidas sanitárias impostas pela atual pandemia.

- A privacy-enabled platform for COVID-19 applications: poster abstract [14]

O estudo apresenta experiências na adaptação e implantação do TIPPERS, um novo sistema de coleta e gerenciamento de dados IoT. Com a COVID-19 várias organizações adotaram medidas para impedir a propagação do vírus para ajudar essas organizações a monitorar a adesão aos regulamentos, também como para verificar a exposição ao vírus e ao mesmo tempo garantir grandes propriedades da privacidade em que se utilizará de TIPPERS, um novo sensor de uso geral de sistema de coleta e gerenciamento de dados para espaços inteligentes.

#### IV. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado uma breve revisão sistemática da literatura, com o intuito de analisar como os sistemas embarcados com as tecnologias RFID e IoT se saíram perante a ameaça da pandemia do novo coronavírus, e conclui-se que elas são uma forma abrangente e se mostraram eficientes na minimização dos impactos causados, sejam eles aplicados como fortalecimento das medidas de prevenção a contágios ou como melhoria em métodos de atendimentos às pessoas infectadas.

Apesar da maioria dos artigos analisados focarem em combater os impactos principais, alguns artigos apresentaram

o uso das tecnologias RFID e IoT como um meio para substituir testes manuais, como no caso do TC6, ou até mesmo em proteger a privacidade das pessoas enquanto rastreia e notifica o contato.

Com isso, esse trabalho se mostra importante tendo em vista que futuramente possam ocorrer novas pandemias e o uso das tecnologias analisadas podem ser alternativas de como lidar de maneira mais eficaz com possíveis impactos causados.

#### REFERENCES

- [1] S. Y. Manavi, V. Nekkanti, R. S. Choudhary, and N. Jayapandian, “Review on Emerging Internet of Things Technologies to Fight the COVID-19”. Fifth International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks, pp. 202-208, 2020.
- [2] S. Mehta, K. Grant, C. Atlin, and A. Ackery, “Mitigating staff risk in the workplace: The use of RFID technology during a COVID-19 pandemic and beyond”, *BMJ Health & Care Informatics*, 2020; vol 27: article number e100230.
- [3] T. M. Silveira, P. Pinho, and N. B. Carvalho, “RFID Tattoo for COVID-19 Temperature Measuring”, 2021 IEEE Radio and Wireless Symposium, pp. 98-100, 2021.
- [4] K. A. Munastha, W. Wijaya, I. Sarief, M. Ryanto, Y. Kadir, and B. A. Bakar., “Clean Environment Tools Design For Smart Campus Laboratory Through a Global Pandemic”, 14th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications, pp. 1-4, 2020.
- [5] Y. MAÏZI, and Y. BENDAVID, “Hybrid simulation modeling for analyzing the impact of RFID scrubs’ distribution in operating rooms”, 19th International Conference on Modeling & Applied Simulation, pp. 76-82, 2020.
- [6] V. Oliveira, L. Duarte, G. Costa, M. Macêdo, and T. Silveira, “Automation System for Six-minute Walk Test Using RFID Technology”, 2020 International Symposium on Networks, Computers and Communications, pp. 1-6, 2020.
- [7] L. Garg, E. Chukwu, N. Nasser, C. Chakraborty, and G. GARG, “Anonymity Preserving IoT-Based COVID-19 and Other Infectious Disease Contact Tracing Model”, *IEEE Access*, vol. 8, pp. 159402-159414, 2020.
- [8] C. M. C. Torres, J. F. V. Gomez; J. J. Carvalho, E. L. Trujillo, and N. B. Tinjaca, “Implementation of Industry 4.0 Technologies in Embedded Systems for Contagion Mitigation and COVID-19 Control in Work Areas”. 2020 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería, pp. 1-6, 2020.
- [9] G. M. Bianco, and G. Marrocco, Sensorized Facemask With Moisture-Sensitive RFID Antenna. *IEEE Sensors Letters*, vol. 5, no. 3, pp. 1-4, 2021.
- [10] F. Shahina C.A., and S. A. Kabeer. “Smart Access Card system to mitigate the Covid-19 Outbreak”, 2nd International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management, pp. 168-173, 2021.
- [11] K. Sanath, K. Meenakshi, M. Rajan, V. Balamurugan, and M. E. Harikumar, “RFID and Face Recognition based Smart Attendance System” 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication, pp. 492-499, 2021.
- [12] A. Abuelkhail, U. Baroudi, M. Raad, and T. Sheltami, “Internet of things for healthcare monitoring applications based on RFID clustering scheme”, *Wireless Netw.*, vol. 27, pp. 747–763, 2021.
- [13] D. Stojanovic, and M. Vujovic, “Contactless and context-aware decision making for automated building access systems”, 26th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, vol. 2, pp.193-202, 2021.
- [14] M. August, C. Davison, M. Diallo, D. Ghosh, P. Gupta, C. Graves, S. Han, M.I Holstrom, P. Khargonekar, M. Kline, S. Mehrotra, S. Sharma, N. Venkatasubramanian, G. Wang, and R. Yus. “A privacy-enabled platform for COVID-19 applications: poster abstract”. 18th Conference on Embedded Networked Sensor Systems, pp. 745–746, 2020.