

Proposta de Implementação de Sistema de Rastreamento de Provas Forenses Utilizando Tecnologia RFID no Instituto de Criminalística de Imperatriz (ICRIM)

Vinicius Schineider Januário Viana¹, Gabriel Vieira Lima¹, Pedro Fernandes Bahury¹, Simone Azevedo Bandeira de Melo Aquino², Daniel Duarte Costa³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Imperatriz (IFMA)

²Departamento de Ensino Superior e Tecnologia - Instituto Federal do Maranhão, IFMA

³Coordenação do Curso Engenharia de Alimentos - Universidade Federal do Maranhão, UFMA

CEP 65.906-335 – Imperatriz – MA – Brasil

{viniciusschneider, gabrielvieira, pedro.f}@acad.ifma.edu.br,
{simonebandeira}@ifma.edu.br, {daniel.dc}@ufma.br

Abstract. *This paper describes the proposal for the development and implementation of an evidence traceability system for the Institute of Criminalistics of Imperatriz (ICRIM), using Radio Frequency Identification (RFID) technology. The methodology covers planning, structuring, development, testing, and training. The system will consist of RFID tags on each piece of evidence, RFID antennas in custody rooms, and an ESP32 for hardware communication with the software to be created for data management. It is expected that the implementation of this system will bring significant improvements to criminal investigation, strengthening the reliability of the investigative process and optimizing resources.*

Resumo. *Este artigo descreve a proposta do desenvolvimento e implementação de um sistema de rastreabilidade de provas para o Instituto de Criminalística de Imperatriz (ICRIM), utilizando tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID). A metodologia abrange planejamento, estruturação, desenvolvimento, testes e treinamento. O sistema consistirá em etiquetas RFID em cada prova, antenas RFID nas salas de custódia e um ESP32 para comunicação do hardware com o software a ser criado para o gerenciamento dos dados. Espera-se que a implementação deste sistema traga significativas melhorias para a investigação criminal, fortalecendo a confiabilidade do processo investigativo e otimizando recursos.*

1. Introdução

O Instituto de Criminalística de Imperatriz (ICRIM) desempenha um papel crucial na análise e guarda de provas materiais em crimes diversos, além de ser responsável por garantir a integridade da cadeia de custódia. Conforme destacado por Menezes et al. (2018), esse processo é essencial para assegurar que a prova permaneça inalterada desde sua coleta até sua apresentação em juízo, evitando manipulações indevidas e garantindo o direito do acusado de conhecer e contestar as provas contra ele.

No entanto, entrevistas realizadas com membros internos do ICRIM revelaram desafios enfrentados no processo de custódia de provas. Um dos principais obstáculos é a falta de rastreabilidade, dificultando a determinação da localização e do histórico de

movimentação de cada item. Isso torna tanto a investigação criminal quanto a auditoria do processo mais complexas, abrindo margem para erros e falhas na gestão das evidências. Além disso, o processo de contagem manual se mostra moroso e propenso a equívocos, resultando em ineficiência e atrasos na condução das investigações.

Diante desses desafios, este trabalho propõe a implementação de um sistema de rastreamento de provas utilizando a tecnologia RFID (Identificação por Radiofrequência). Esta iniciativa foi motivada pelo problema apresentado diretamente à equipe da Fábrica de Inovação¹ do IFMA campus Imperatriz por membros da direção do ICRIM, culminando na formalização de uma colaboração entre as instituições, conforme documentado em Ofício. A tecnologia proposta, descrita por Sousa (2023), oferece a possibilidade de construção de sistemas de baixo custo para localização e identificação de objetos em ambientes internos, permitindo o monitoramento em tempo real da movimentação das provas e a vinculação precisa das atividades aos responsáveis por sua custódia.

A implementação do sistema apresenta um potencial significativo para promover diversos benefícios à instituição e à sociedade em geral. Além de proporcionar maior segurança, eficiência aprimorada e transparência aumentada, essa iniciativa representa um importante passo em direção à modernização tecnológica da gestão da investigação criminal na região. A rastreabilidade de provas garantida por meio dessa tecnologia não apenas viabiliza uma investigação mais eficiente, mas também contribui para a punição dos crimes e a proteção da sociedade (Byrne & Marx, 2011).

Este estudo visa detalhar a viabilidade técnica, econômica e operacional da implementação do sistema de rastreamento de provas com tecnologia RFID no ICRIM, com foco na modernização da gestão da investigação criminal na região. Para tanto, a seção 2 apresentará os fatores que circundam a idealização deste projeto, a seção 3 a metodologia proposta para o desenvolvimento do trabalho, a seção 4 detalhará como se planeja acompanhar e avaliar o projeto, e, por fim, a seção 5 descreverá os resultados esperados com esse trabalho.

2. Tecnologia RFID e Gestão de Provas Criminais

A investigação criminal desempenha um papel fundamental na preservação da ordem social e na eficácia da aplicação da lei. A integridade do processo investigativo é crucial e está intrinsecamente ligada à coleta, preservação e análise adequadas das evidências [Santos, 2023], um papel central desempenhado pelo Instituto de Criminalística de Imperatriz, incumbido de assegurar a integridade da cadeia de custódia.

A cadeia de custódia é um conjunto de procedimentos essenciais para manter a integridade e autenticidade das provas ao longo do processo penal. Ela consiste na documentação formal do trajeto da prova desde sua localização até sua inserção no processo, garantindo a rastreabilidade e confiabilidade do vestígio coletado em locais de crime ou em vítimas [Corrêa & Barone, 2022]. A quebra da cadeia de custódia da prova na investigação criminal acarreta uma série de problemas graves, incluindo lesões aos direitos constitucionais, admissão de provas ilícitas, riscos de violação aos princípios constitucionais, perda de elementos probatórios e insegurança jurídica [Rocha, 2019].

¹ <https://inova.ifma.edu.br/>

Este processo envolve a corrente histórica da posse de uma determinada prova, com a sucessão encadeada de pessoas que tiveram contato com a fonte de prova real. Essa documentação detalhada e organizada assegura a autenticidade e integridade da evidência ao longo do processo investigativo e judicial [Corrêa & Barone, 2022]. Destaca-se também a distinção entre cadeia de custódia da prova e prova da cadeia de custódia, sendo a primeira a sequência dos atos históricos de transferência de posse de uma evidência, enquanto a segunda se refere à documentação formal desse processo.

Considerando o exposto, a implementação de um sistema eficaz de rastreabilidade de provas, como proposto neste estudo, é essencial para mitigar os riscos associados à falta de rastreabilidade na cadeia de custódia, garantindo a integridade da prova e fortalecendo a justiça no contexto da investigação criminal.

A tecnologia de Identificação por Radiofrequência emerge como uma solução tecnológica amplamente adotada para rastrear objetos em diversos setores [Santos, Santos Neto, Pires, 2023]. Exemplos notáveis incluem o LANDMARC SYSTEM, estudado em [Li, Xu e Li, 2020], que utiliza tags RFID ativas para localização precisa. Adicionalmente, sistemas como o INEXT [Sousa, 2023] empregam tags RFID passivas para gerenciamento de ativos em ambientes internos, proporcionando uma alternativa confiável e acessível para identificação e localização de objetos.

Adaptada à rotina do ICRIM, a implementação dessa tecnologia pode assumir uma função fundamental na administração das provas criminais, fornecendo recursos eficazes para acompanhar e monitorar o deslocamento das evidências durante toda a investigação. A capacidade de rastreamento oferecida por essa tecnologia é crucial para preservar a integridade da cadeia de custódia das provas, mitigando os riscos ligados a manipulações indevidas, extravio ou acesso não autorizado.

Ademais, a segurança da informação desempenha um papel vital na gestão dos dados relacionados às evidências. Conforme ressaltado por [Zimba e Chama, 2018], é crucial garantir a proteção contra acessos não autorizados e manipulação inadequada das informações, especialmente dada a sensibilidade dos dados envolvidos em processos criminais.

Portanto, a integração do RFID na gestão de provas criminais representa uma abordagem inovadora e promissora para aprimorar a eficiência e confiabilidade do processo investigativo. Ao considerar a segurança da informação como um aspecto fundamental, essa implementação tem o potencial de fortalecer a gestão de provas no contexto da investigação criminal conduzida pelo ICRIM, contribuindo para a preservação da integridade das evidências e a garantia dos direitos fundamentais no sistema processual penal.

3. Metodologia

A metodologia delineada para o desenvolvimento do sistema proposto abrange diversas etapas interconectadas, cada uma contribuindo para a concretização efetiva do projeto. Estas etapas incluem a análise e planejamento, o projeto e especificação, a implementação e desenvolvimento do software, os testes e validação, além do treinamento e capacitação da equipe.

3.1. Análise e planejamento

A fase inicial do processo envolve a definição dos requisitos do sistema, que se baseia na análise documental, entrevistas semiestruturadas com os servidores do ICRIM e na observação direta do processo de gestão de provas. Para complementar essa análise, serão conduzidos levantamentos de dados quantitativos por meio de questionários, visando uma avaliação detalhada do atual processo de gestão de provas em vigor.

Além disso, durante esta fase, é crucial compreender a estrutura do sistema RFID a ser implementado. Como destacado por Gomes et al. (2020), esses sistemas são geralmente compostos por componentes de infraestrutura e componentes de negócio. Os componentes de infraestrutura incluem etiquetas, leitores, cabos, conectores e antenas, enquanto os componentes de negócio abrangem as regras do negócio, aplicações, softwares de gerenciamento e o *middleware* responsável pela comunicação entre os componentes de infraestrutura e os de negócio.

Essa divisão estrutural possibilita uma operação eficaz do sistema, garantindo uma comunicação fluida e eficiente entre seus elementos constituintes. O entendimento claro dessa estrutura será fundamental para o desenvolvimento e implementação bem-sucedidos do sistema de rastreabilidade de provas proposto.

3.2. Projeto e especificação

Após a fase de planejamento, segue-se a elaboração do plano de implementação, que incluirá a especificação detalhada da estrutura do sistema a ser implementado. Este sistema será composto por etiquetas RFID passivas, antenas RFID UHF (*Ultra High Frequency*) posicionadas em cada sala de custódia do instituto e um equipamento central encarregado da coleta e transmissão dos dados.

O modelo concebido para essa estrutura foi inspirado no utilizado pelo projeto INEXT [SOUSA, 2023], adaptado de forma específica para atender às necessidades do Instituto de Criminalística de Imperatriz. Durante o período de testes do projeto, será empregado um ESP32 para gerenciar as antenas RFID e a comunicação com uma rede local sem fio (WLAN), utilizando o protocolo HTTP, método amplamente utilizado em sistemas Web, para transmitir dados ao software responsável por gerenciar a consulta e acesso a esses dados.

O ESP32, um microcontrolador com conexão Wi-Fi e Bluetooth, será responsável por coletar as leituras das etiquetas RFID e transmitir os dados para a aplicação web por meio de conexão WLAN, seguindo o padrão 802.11 b/g/n, com suporte a velocidades de até 300Mbps no espectro de 2,4 GHz ou 5 GHz. Essa estrutura foi projetada para garantir a eficiência e a eficácia do sistema de rastreabilidade de provas, adaptando os princípios e a tecnologia empregados com sucesso em projetos similares.

3.3. Implementação e desenvolvimento

Durante a fase de implementação e desenvolvimento, duas atividades principais serão conduzidas de forma simultânea e coordenada. A primeira consistirá na instalação completa do *hardware* no setor designado para a primeira etapa da implementação. Isso envolverá a instalação e configuração das antenas, bem como a integração dos leitores

necessários para o funcionamento do sistema. Essa etapa foi meticulosamente planejada para garantir a cobertura adequada de todas as áreas relevantes e a máxima eficácia na leitura das etiquetas.

Paralelamente, ocorrerá o desenvolvimento do *software* que irá gerenciar e interagir com o sistema. O foco estará na criação de uma interface gráfica intuitiva e em funcionalidades que permitam o controle do movimento das provas, a geração de relatórios e a integração com os equipamentos. Essa etapa exigirá uma colaboração estreita entre os desenvolvedores do *software* e os responsáveis pela implementação dos componentes para garantir uma integração eficiente e sem problemas entre os dois do sistema.

Após a implementação do *hardware* e o desenvolvimento do *software*, será realizada uma fase de testes abrangente para verificar o funcionamento individual de cada componente e a integração entre eles. Serão conduzidos testes de unidade em cada componente do sistema, bem como testes de integração para garantir que todos os elementos funcionem conforme o esperado e se integrem corretamente. Isso incluirá testes de leitura das etiquetas RFID, comunicação entre as duas partes do sistema e funcionalidades específicas, como a geração de relatórios.

Finalmente, após a conclusão dos testes e a garantia do funcionamento adequado do sistema, o hardware será instalado no setor de custódia designado para a primeira fase da implementação. Isso incluirá a configuração final dos leitores e antenas RFID, conforme ilustrado na Figura 1, e a realização de testes adicionais para garantir que o sistema esteja operacional e pronto para uso em um ambiente real de gestão de provas criminais.

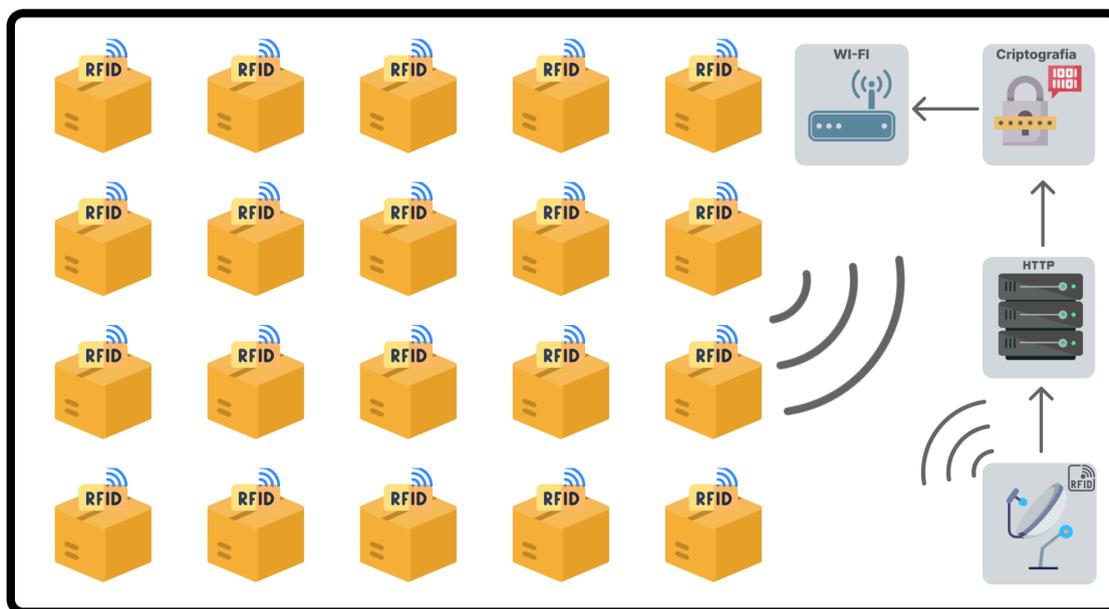


Figura 1. Sistema implementado em uma sala de custódia.

4. Planejamento e Avaliação do Projeto de Implementação

Durante a execução do projeto, será estabelecido um comitê de acompanhamento

composto por membros-chave da equipe responsável pela implementação do sistema de rastreabilidade de provas. Esse comitê será encarregado de avaliar regularmente o progresso do projeto, discutir desafios potenciais e tomar decisões estratégicas para garantir o sucesso da iniciativa.

As reuniões do comitê serão agendadas conforme necessário e documentadas para registro das discussões, decisões e ações planejadas. Além disso, serão elaborados relatórios de acompanhamento para fornecer uma visão abrangente do progresso do projeto, destacando marcos alcançados, atividades realizadas e eventuais desvios em relação ao cronograma planejado.

5. Considerações finais

A implementação do sistema de rastreabilidade de provas no ICRIM promete transformar a gestão de evidências e otimizar os processos de investigação criminal. Espera-se que essa iniciativa traga uma série de benefícios significativos, tanto em termos de eficiência operacional quanto de segurança e transparência.

Primeiramente, prevê-se uma considerável melhoria na eficiência da gestão de provas, com uma redução significativa no tempo necessário para localizar e acessar as evidências. Isso não apenas agilizará os processos de investigação, mas também aumentará a produtividade dos servidores.

Além disso, a implementação do sistema proporcionará uma maior segurança e confiabilidade no manejo das provas, garantindo sua preservação e rastreabilidade adequadas e reduzindo o risco de perda ou extravio de material probatório. Isso contribuirá para aumentar a confiabilidade do processo investigativo em sua totalidade.

A transparência na gestão das provas também será maximizada, fornecendo um acesso claro e organizado às informações sobre sua movimentação. Isso permitirá um melhor controle sobre o fluxo de provas na instituição, promovendo uma gestão mais eficaz e responsável e, conseqüentemente, gerando maior confiança da sociedade no processo em questão.

Ademais, a implementação do sistema trará benefícios adicionais, como a redução de custos relacionados ao armazenamento e transporte de provas, a integração potencial com outros sistemas de gestão e a possibilidade de expansão para outras áreas.

No que tange ao impacto na justiça, espera-se uma otimização dos processos investigativos e judiciais, resultando em uma melhoria na qualidade das decisões judiciais e no aumento da celeridade processual. Isso fortalecerá a confiança da sociedade no sistema judicial em sua totalidade. Por fim, a disseminação dos resultados da pesquisa para a comunidade acadêmica e profissional contribuirá para o avanço do conhecimento e o aprimoramento das práticas na área de gestão de provas e investigação criminal.

Referencias

- Byrne, J., & Marx, G. (2011). Technological Innovations in Crime Prevention and Policing: A Review of the Research on Implementation and Impact. Antwerp: Cahiers Politiestudies. Retrieved from <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/238011.pdf>.
- Corrêa, B. G. A., & Barone, M. L. (2023). Cadeia de Custódia e Sua Relevância na Persecução Penal. *Revista Jurídica da Escola Superior do Ministério Público de São Paulo*, 22, 22–48.
- Gomes, E. L., Fonseca, M. S. P., Guerber, C. R., & Fonseca, A. M. (2020). Etiquetas RFID Passivas e Aprendizagem de Máquina para Sistema de Localização Indoor de Alta Precisão. In *Anais do 38º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC)* (pp. 225–238). Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação. DOI: <https://10.5753/sbrc.2020.12285>.
- Li, Y., Xu, H., & Li, P. (2020). RFID-Based WIMEC-LANDMARC Indoor Location Algorithm. In *Proceedings of the International Conferences on Internet of Things (iThings), Green Computing and Communications (GreenCom), Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom), Smart Data (SmartData), and Congress on Cybermatics (Cybermatics)*. DOI: <https://10.1109/ithings-greencom-cpscom-smartdata-cybermatics50389.2020.00084>.
- Menezes, I. A. de, Borri, L. A., & Soares, R. J. (2018). A quebra da cadeia de custódia da prova e seus desdobramentos no processo penal brasileiro. *Revista Brasileira de Direito Processual Penal*, 4(1), 277–300. DOI: <https://10.22197/rbdpp.v4i1.128>.
- Rocha, G. S. T. (2019). A (quebra) cadeia de custódia da prova na investigação criminal e a preservação da fonte de prova. *Intertem@s*, 36(36). ISSN 1677-1281.
- Santos, C., Iaione, F., Santos Neto, Q., & Pires, P. (2023). Leitora RFID automática com multiconectividade para pecuária de precisão. In *Anais do L Seminário Integrado de Software e Hardware* (pp. 248-259). Porto Alegre: SBC. DOI: <https://10.5753/semish.2023.230676>.
- Santos, L. I. L. (2023). A introdução da cadeia de custódia ao ordenamento jurídico brasileiro à luz da jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Direito). Instituto de Ciências da Sociedade de Macaé, Universidade Federal Fluminense.
- Sousa, L., Rocha, H., Ribeiro, A., & Lobo, F. (2023). INEXT: A Computer System for Indoor Object Location using RFID. In *TRABALHOS EM ANDAMENTO - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS (SBESC)*, 13. (pp. 63-66). Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Computação. DOI: https://doi.org/10.5753/sbesc_estendido.2023.235021.
- Zimba, A., & Chama, V. (2018). Cyber Attacks in Cloud Computing: Modelling Multi-stage Attacks using Probability Density Curves. *International Journal of Computer Network and Information Security*, 10(3), 25–36. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijcnis.2018.03.04>.