

Modernizando o gerenciamento de vestígios forenses: aplicação de RFID nas centrais de custódia

T.M.N. Matos ^{a,*}, L.R. Grochocki ^a

^a Universidade Estadual do Paraná (PR), Brasil

*Endereço de e-mail para correspondência: tycianne0696@gmail.com. Tel.: +55-41-99612-4080.

Recebido em 25/10/2023; Revisado em 15/01/2024; Aceito em 22/01/2024

Resumo

Este artigo aborda a adoção da identificação por radiofrequência (RFID) na gestão de vestígios forenses nas centrais de custódia dos órgãos periciais como alternativa eficiente de controle de estoque. O RFID é indicado pois permite o rastreamento de materiais sem necessidade de leitura física, economizando tempo e custos. A lei brasileira 13.964/2019, que alterou o Código de Processo Penal, tornou obrigatória a existência de centrais destinadas à guarda e controle dos vestígios, com sua gestão vinculada ao órgão central de perícia oficial de natureza criminal. Em consequência disso, é necessário utilizar métodos seguros, eficientes e viáveis para controle desses materiais armazenados. De acordo com a literatura, o inventário físico é o método mais eficaz para o controle de estoque, entretanto, sua realização manual é demorada e custosa, especialmente para grandes volumes, e a automatização desse processo se torna uma oportunidade de contornar esse problema. Então, foi analisado o histórico da aplicação dessa tecnologia e seu estado da arte, concluindo-se que o RFID oferece uma solução promissora para a gestão de estoque, proporcionando melhorias substanciais na precisão e eficiência do processo de custódia de vestígios de crimes.

Palavras-Chave: Cadeia de custódia; Central de custódia; Inventário de vestígios forenses; RFID; Controle de estoque.

Abstract

This article addresses the adoption of Radio-Frequency Identification (RFID) for the management of forensic evidence in custody centers, operated by forensic institutions, as an efficient alternative for inventory control. RFID technology enables the tracking of materials without the need for physical reading, thereby saving time and costs. The enactment of Brazilian Law 13,964/2019, which amended the Brazilian Criminal Procedure Code, mandated the establishment of custody centers for the storage and control of evidence, with their management linked to the central agency responsible for criminal forensic investigations. Consequently, secure, efficient, and feasible methods are necessary for the control of stored materials. According to the literature, physical inventory is the most effective method for inventory control. However, manual execution of this process is time-consuming and costly, particularly for large volumes, making the automation of this process an opportunity to overcome these challenges. Therefore, an analysis of the historical application of RFID technology and its current state of the art was conducted, and it was concluded that RFID offers a promising solution for inventory management. It brings substantial improvements to the accuracy and efficiency of the custody process for evidence related to criminal investigations.

Keywords: Chain custody; Custody center; Forensic evidence inventory; RFID; inventory control.

1. INTRODUÇÃO

A legislação brasileira, mais especificamente o que versa o artigo 158-A do Código Processual Penal, estabelece que os vestígios encontrados em locais ou em vítimas de crimes devem ter sua história cronológica documentada, para fins de rastreabilidade, desde o seu

reconhecimento até o descarte [1]. A redação desse dispositivo legal citado, foi incluída no código processual penal em 2019, por meio da lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019 [2], que tornou obrigatório aos órgãos oficiais de perícia a existência de centrais de custódia destinadas à guarda e controle dos vestígios, que estarão sob sua gestão. Sendo assim, atualmente, a legislação

estipula a existência de centrais específicas para a custódia de vestígios forenses, que necessitam de uma gestão acurada, com a finalidade de resguardar a cadeia de custódia. Logo, é necessário um rígido controle desses itens que são estocados - e possuem interesse judicial -, que deve ser realizado pelo órgão central de perícia oficial de natureza criminal. Importante ressaltar que caso se extrapole a capacidade da central de custódia de vestígios o órgão central de perícia oficial poderá invocar o artigo 158-F do Código de Processo Penal para que a autoridade competente determine o local de armazenamento [1].

A literatura destaca que a atividade relacionada à gestão de estoque que garante o seu controle preciso é o inventário físico [3]. Entende-se por inventário físico, a contagem de todos os itens existentes no estoque [4], realizando um levantamento de todos os materiais ali presentes naquele momento, tornando possível reconhecer possíveis diferenças de estoque. Existem diferentes maneiras de realizar essa apuração, que pode ser manual [5], utilizando fichas escritas, código de barras, identificação por radiofrequência (RFID), entre outros [6]. Entre as opções citadas, a principal vantagem da adoção do RFID é devido ao fato dessa tecnologia não necessitar de contato físico para identificar um material previamente etiquetado, devido a comunicação entre leitor e etiqueta ser realizada por meio de ondas de radiofrequência [7].

A presente pesquisa discorre a respeito do uso do RFID para fins de otimização no processo de inventário e controle de estoque, possibilitando rastreabilidade de vestígios forenses em tempo real nas centrais de custódia dos órgãos oficiais de perícia.

2. CONTROLE DE ESTOQUE E RFID

A realização de inventário físico é uma etapa chave no controle de estoque de materiais, uma das possibilidades desse processo ser feito é manualmente, realizando a contagem dos itens, porém, essa alternativa requer elevada quantidade de horas e pessoas empregadas para sua ocorrência, pois dependendo da quantidade de itens, pode ser necessário até realizar horas extras para esta atividade [5]. Por exemplo, para a contagem de medicamentos em estoque de uma farmácia, objeto de estudo de Fathoni *et al.* [8], gastavam-se em média dois dias para esta atividade, com os funcionários dedicando-se apenas para isso, com vários custos atrelados, devido a não comercialização dos produtos.

Tradicionalmente, são utilizados códigos de barras no controle das cadeias de suprimentos, mas devido ao aumento de competitividade das empresas em todo o mundo e de buscas por redução de custos e tempo atrelados aos processos, a adoção de sistemas utilizando a tecnologia de Radio Frequency Identification (RFID)

surgiu como uma alternativa ao uso do código de barras, tendo em vista que para utilização dos códigos é necessário que os leitores sejam posicionados de forma a ler fisicamente esses códigos, em uma linha de visão clara, ao contrário do RFID que não necessita de conexão física entre etiqueta e leitor, pois essa comunicação é feita por ondas de rádio [6].

Na **Tabela 1** a seguir, segue um comparativo entre o uso de código de barras versus RFID nos inventários.

Tabela 1. Comparativo entre o uso de código de barras versus RFID nos inventários.

| Aspecto | RFID | Código de Barras | Fonte |
|-----------------------|---|---|-------|
| Funcionamento | Utiliza sinais de radiofrequência | Utiliza linhas e espaços impressos | [7] |
| Leitura | Leitura sem contato físico necessário | Requer contato direto com o leitor | [6] |
| Velocidade de leitura | Leitura simultânea de múltiplos itens | Leitura de um item por vez | [6] |
| Alcance | Maior alcance (vários metros) | Curto alcance (centímetros a metros) | [7] |
| Durabilidade | Tags RFID são mais duráveis e resistentes | Códigos de barras podem ser danificados | [7] |
| Custos | Inicialmente mais caro (tags e leitores) | Mais acessível (impressão de códigos) | [9] |
| Confiabilidade | Mais confiável em ambientes adversos | Menos confiável em ambientes adversos | [7] |
| Escalabilidade | Escalável para grandes inventários | Adequado para pequenos inventários | [9] |
| Precisão | Alta precisão de leitura | Precisão depende do alinhamento e qualidade | [6] |

A tecnologia RFID teve origem na década de 1940, durante a Segunda Guerra Mundial, quando ela foi utilizada para distinguir aeronaves amigas de aeronaves inimigas. Durante a década de 1970, o governo dos Estados Unidos da América (EUA) utilizou identificação por radiofrequência principalmente para rastrear gado e materiais nucleares. Já nas décadas de 80 e 90 já utilizavam suas tags para o rastreamento de entregas, bagagens, alimentos e em pedágios [7]. Atualmente, o RFID encontra um campo de várias aplicações possíveis, como na indústria alimentícia, para rastreio e monitoramento das condições ambientais controladas de

armazenamento [10], no controle de estoque de dispositivos médicos e hospitalares [11], em lojas de varejo [7]. Na indústria da moda, tem-se o caso da Zara, que decidiu adotar o sistema em 2014 [12] e o utiliza no controle de estoque de seus itens a partir do momento em que eles saem do seu centro logístico até a sua venda [13]. As forças armadas dos EUA, que possuem a maior cadeia de abastecimento do mundo, utilizam amplamente a tecnologia para rastreamento dos seus suprimentos e concluem que a implementação foi algo positivo [14]. Gigantes do varejo, como a *Walmart*, também apostam na tecnologia para seu controle de estoque e rastreamento de mercadorias [15].

O sistema RFID é composto por: transponder (etiqueta), antena, interrogador e sistema de middleware. Os dados de identificação de um objeto, que pode incluir outras informações monitoradas por sensores (como temperatura e pressão), são registrados em etiquetas RFID, que são fixadas a itens. Um conjunto de sensores (antenas e interrogadores) lê as informações das etiquetas por meio de radiofrequência. O middleware pré-processa os dados RFID lidos com a finalidade de eliminar leituras incompletas e leituras múltiplas para o mesmo transponder [16]. Portanto, o middleware faz a integração entre o hardware RFID e os sistemas de gerenciamento do usuário [17].

Durante o planejamento da implementação do sistema RFID, uma das primeiras etapas é analisar qual a frequência de operação adequada do sistema e qual o tipo de etiqueta a ser adotado. Esses dois fatores vão influenciar diretamente a distância máxima de alcance e a qualidade da leitura das etiquetas fixadas em determinados materiais, como metais, por exemplo [18]. No que se refere à frequência de operação, são valores que representam a frequência que o leitor/interrogador transmite as ondas. As principais faixas de frequências operadas por sistemas RFID são: baixa frequência (LF – *Low frequency*), Alta frequência (HF – *High Frequency*) e Ultra Alta frequência (UHF – *Ultra High Frequency*). O detalhamento da faixa de frequência e alcance médio para cada modalidade está representado na **Tabela 2** abaixo [18].

Tabela 2. Faixas de frequência de operação de sistemas RFID e alcance

| Modalidade | Faixa de frequência | de Alcance | Fonte |
|------------|---------------------|------------|-------|
| LF | 30 – 300 KHz | 0,5 m | [18] |
| HF | 3 – 30 MHz | 1,5 m | [18] |
| UHF | 0,3 – 1 GHz | 100 m | [18] |

No que tange ao tipo de etiqueta, existem as ativas, passivas e semipassivas. Considerando que cada etiqueta é composta por uma antena e um circuito integrado as classificações levam em consideração a fonte de alimentação do circuito integrado e a memória de cada

uma delas. Sendo que as etiquetas passivas possuem fonte de alimentação própria e um maior alcance em relação às demais, porém possui maior custo e tempo de vida curto devido sua dependência da bateria. As etiquetas semipassivas são intermediárias entre as ativas e passivas, pois dispõem de alimentação por bateria apenas para o circuito integrado e não para a emissão de sinais para o leitor, logo, conseguem obter um tempo de vida maior em relação à ativa. No que diz respeito às etiquetas passivas, sua alimentação é realizada através das ondas eletromagnéticas transmitidas pela antena do leitor, não possuindo fonte interna, por conta disso, seu tempo de vida é alto, possui menor custo de mercado e dimensões menores [18].

Em relação à aplicação dos diferentes tipos de etiquetas, as passivas de baixa frequência (LF) apresentam uma leitura de dados mais lenta devido à sua baixa frequência, no entanto, possuem capacidade para efetuar leituras ainda que fisicamente próximas ou fixadas em materiais como metais ou líquidos. Já as etiquetas RFID passivas de alta frequência (HF) e ultra alta frequência (UHF) ostentam taxas de transferência de dados mais rápidas e alcances de leitura mais extensos que aumentam com suas frequências de operação. Contudo, são altamente suscetíveis à interferência de ondas de rádio gerada por metais e líquidos quando incorporadas a estes materiais. A resolução do problema de interferência para frequências mais elevadas representa um desafio no uso da tecnologia. Para contornar esse problema, algumas medidas tem sido adotadas como adquirir etiquetas antimetais ou utilizar material absorvente magnético acoplado à etiqueta [19].

3. APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE RFID NO CONTROLE DE VESTÍGIOS FORENSES

Em relação à aplicação atual da tecnologia na gestão de vestígios forenses, o *Netherlands Forensic Institute* (NFI) - agência governamental que coleta e avalia evidências criminais de toda a Holanda - implementou em 2008 um sistema de rastreamento por RFID para a controle da cadeia de custódia de seus vestígios, como armas, facas, bitucas de cigarro, amostras de cabelo, entre outros itens [20]. O NFI utiliza a tecnologia durante todo o processo de cadeia de custódia, o policial responsável coleta a amostra, acondiciona-a em uma embalagem plástica, fixa a etiqueta do tipo passiva EPC Gen 2 UHF [21] na referida embalagem e a transporta até o local designado para perícia. Ao chegar no instituto de perícia, a etiqueta é lida e são conduzidos os procedimentos internos de recebimento da amostra e a embalagem devidamente identificada, contendo a amostra, é armazenada em uma caixa de plástico [20].

O edifício do instituto está subdividido em 25 zonas, cada uma equipada com duas portas de acesso que possuem leitores de RFID, possibilitando o rastreamento do trajeto da amostra. Esses leitores registram detalhes como data, e hora da leitura, além da identificação da pessoa responsável pela custódia da amostra. Isso ocorre, pois os leitores estão estrategicamente localizados em áreas com acesso restrito por meio de crachá. Dessa forma, é possível realizar a correlação de informações relacionadas à amostra e às pessoas que acessaram o local, provavelmente utilizando dados de sistemas internos integrados [20].

A central de vestígios do NFI mantém, em média, 400.000 vestígios armazenados simultaneamente, registrando aproximadamente 800.000 leituras por ano [20].

Em Austin, no Texas, Estados Unidos, a agência responsável por investigar eventos relacionados a incêndios, incluindo incêndios criminosos, incêndios acidentais e explosões, utiliza a tecnologia RFID para gerenciar 2.500 itens de evidência [22]. O escritório está empregando o sistema *Clues*, fornecido pela *Intelligentz*, para monitorar a localização de cada peça de evidência em casos ativos e em casos arquivados por até 10 anos. No passado, durante uma investigação, a equipe do escritório recuperava evidências como pontas de cigarro, latas de gasolina e fósforos no local analisado, registrando manualmente dados sobre cada item, que eram então armazenados em sacolas plásticas, de papel ou recipientes de metal. Ao chegar ao escritório, os itens eram colocados na sala de evidências. Os funcionários mantinham um registro escrito para cada objeto e realizavam o controle por planilhas, indicando, por exemplo, a qual caso estava conectado e quando foi retirado da sala de evidências para um laboratório. Semelhante ao NFI, esta agência utiliza etiquetas passivas EPC Gen 2 UHF para todos os casos, exceto para itens classificados como de alta segurança, como DNA (Ácido desoxirribonucleico), kits de estupro, drogas, armas e dinheiro, para os quais são utilizadas etiquetas ativas UHF, além das passivas. A aplicação das etiquetas nos materiais é realizada durante o recebimento na agência, o funcionário imprime a etiqueta, fixa no item, realiza a leitura e vinculação do número de identificação da etiqueta ao caso de origem do material, e também adiciona a descrição do objeto. Se os funcionários removerem um item da sala de evidências, eles usam o interrogador portátil RFID para ler a etiqueta EPC Gen 2 e inserir detalhes indicando para onde o item está indo e quem está levando. Se o item for removido sem aprovação, o leitor RFID fixo na saída capturará o número de identificação da etiqueta, bem como a direção (interna ou externa) para onde o item está sendo levado, e em seguida transmitirá um alerta por e-mail para pessoas

específicas. No caso de movimentação de um item de alta segurança na sala de evidências, o interrogador também envia um alerta [22].

O departamento de Justiça dos Estados Unidos da América, por meio do FBI, também utiliza a tecnologia para controle de suas amostras de materiais genéticos, e armas de fogo [23]. Na unidade de análise de armas de fogo do FBI, a tecnologia desempenha um papel crucial ao realizar operações de *check-in* e *check-out* de evidências, gerar relatórios de inventário, consultar a localização dos materiais no laboratório e acionar alarmes nos casos de movimentações não autorizadas das evidências. Adicionalmente, há uma integração do software do sistema RFID com sistemas internos, proporcionando um controle abrangente sobre o gerenciamento das evidências. Como resultado da implementação da tecnologia no inventário de armas de fogo, a aplicação do RFID possibilitou um grande aumento na eficiência do processo de inventário e rastreabilidade dos materiais, por ter diminuído o tempo necessário para sua realização, que no processo manual tinha duração de vários dias e no automatizado pode ser realizado em minutos, uma diminuição de 60-70% do tempo. Em relação à unidade de análise de DNA, a tecnologia também é empregada com ênfase no inventário das evidências e na localização de amostras. Este sistema é utilizado para administrar um estoque composto por mais de 4 milhões de amostras, com um acréscimo médio de mais de 1 milhão de amostras a cada ano [23].

Além disso, o Departamento de Segurança Interna dos Estados Unidos (DHS), por meio do *System Assessment and Validation for Emergency Responders* (SAVER), conduziu uma pesquisa de mercado a respeito de sistemas RFID comercialmente disponíveis para o gerenciamento de evidências, que foi realizada em 2022 e publicada em 2023 [24]. Como resultado, foram identificados nove produtos que oferecem sistemas completos de gerenciamento de evidências por RFID para agências de aplicação da lei no país. Foi destacado na pesquisa que a escalabilidade, adaptabilidade, personalização e requisitos de treinamento do sistema são considerações importantes na seleção de um sistema de gerenciamento de evidências com RFID, além do comprometimento dos funcionários [24].

4. MATURIDADE DA TECNOLOGIA: ESTADO DA ARTE

Uma das maneiras de se analisar a implementação dos sistemas RFID no mercado é através do *Hype Cycle* de tecnologias, elaborado pela *Gartner*, uma empresa especializada em pesquisa e consultoria em tecnologia da informação (TI). Ele é uma representação gráfica que

mostra o ciclo de vida das tecnologias, onde é possível analisar os diferentes níveis de maturidade que as tecnologias emergentes atravessam à medida que são adotadas pelo mercado, e serve para ajudar as empresas a entenderem o estágio de desenvolvimento e adoção de tecnologias. Segundo a plataforma da própria *Gartner* [25], o ciclo é dividido em cinco fases, que são: gatilho de inovação (*innovation trigger*) – não tem viabilidade comercial comprovada, possui apenas conceitos iniciais bem estabelecidos e interesse da mídia-, pico de expectativas inflacionadas (*peak of inflated expectations*) – a publicidade que a tecnologia adquiriu na fase anterior começa a gerar resultados positivos, porém ainda apresenta lacunas na prática -, depressão/desilusão (*trough of disillusionment*) – a inovação a ser implementada apresenta dificuldades para atender as expectativas iniciais devido a obstáculos na implementação. Nesta fase, os produtores da tecnologia necessitam reestruturar seus produtos, pois há risco de fracasso-, ladeira de iluminação (*slope of enlightenment*) – esta fase já representa um amadurecimento na implementação da tecnologia e começam a surgir produtos de segunda e terceira geração, atraindo investimentos de empresas mais inovadoras -, platô de

produtividade (*plateau of productivity*) – apresenta critérios de avaliação de viabilidade melhor definidos, com resultados positivos na aplicabilidade e a tecnologia torna-se relevante, estabilizando-se em seu mais alto grau de maturidade.

No que tange à adoção do RFID, segundo Bendavid, Wamba e Barjis [26], a primeira vez que a tecnologia apareceu no *Hype Cycle* da empresa foi em 2003, quando houve um forte entusiasmo e especulação a respeito da competitividade da tecnologia. Após isso, ela passou por um período de desilusão em torno de 2006, devido à dificuldade de operacionalização do sistema. Grandes empresas que adotaram a tecnologia no início, como o *Walmart*, começaram a recuar de iniciativas mal sucedidas e necessitaram rever seus projetos [27]. O mercado esteve em um período de desilusão até 2008, antes de estabilizar e retornar à fase “de iluminação” com uma compreensão mais realista da relevância e do papel da tecnologia no mercado.

Na *Figura 1* abaixo, é possível verificar a localização da adoção do sistema RFID em caixas/*pallets* no *Gartner Hype Cycle* publicado em 2009, que ainda o mostra na fase de depressão/desilusão.

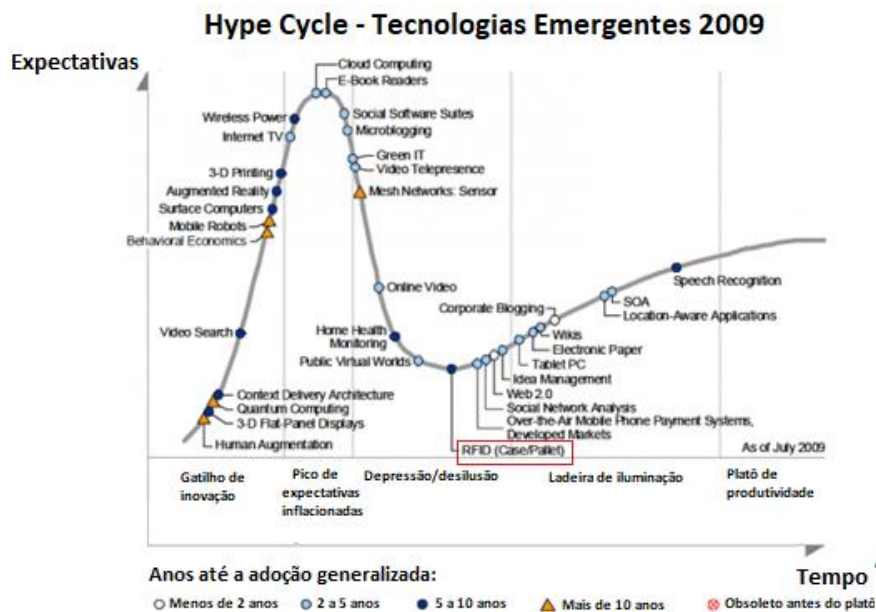


Figura 1. RFID no *Gartner Hype Cycle* 2009 – adaptado de [28].

O *Hype Cycle* de 2009, ainda evidencia que entre 5 a 10 anos, a tecnologia alcançará sua adoção dominante, completando o ciclo em 2019, pela estimativa. Confirmando isso, na *Figura 2*, é possível visualizar que a tecnologia avançou no ciclo, pois no ano de 2015 ela estava subindo a “ladeira”, na fase ladeira de iluminação rumo ao platô de produtividade, com estimativas de chegar nesse nível em até 5 anos, o que pode demonstrar

certa estabilidade no avanço da aplicação da tecnologia, já que a estimativa para a sua ampla utilização aumentou apenas 1 ano no espaço de tempo entre as análises de 2009 e 2015 da *Gartner*. Além de no ciclo de 2015, a tecnologia se mostrar de forma mais abrangente, não específica para caixas e *pallets*.

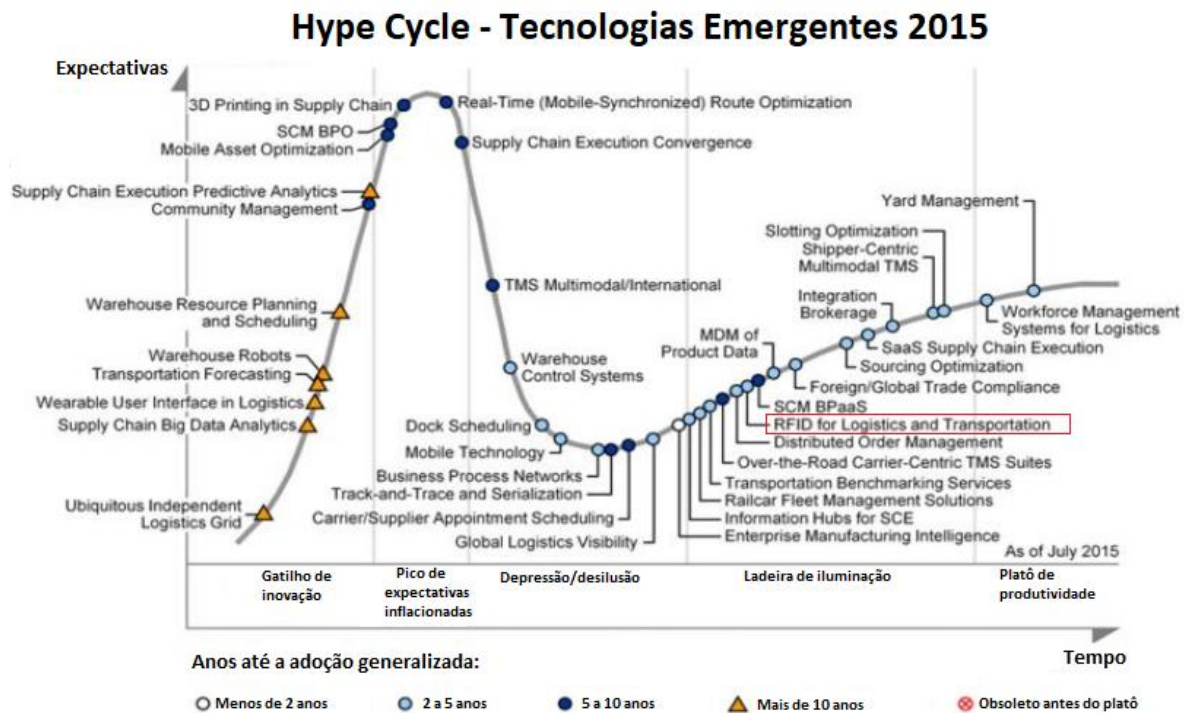


Figura 2. RFID no Gartner Hype Cycle 2015 - adaptado de [29].

No report da *Gartner* [30], a empresa afirma que o RFID oferece suporte à otimização de uma variedade de tarefas dentro da loja de varejo, incluindo visibilidade e precisão do estoque – uma área importante para otimização de custos -, além de citar que o controle de estoque utilizando RFID nas lojas possui uma precisão acima de 97%, em detrimento dos 20% aos que não possuem a tecnologia. Em uma pesquisa mais recente também da *Gartner* [31], a empresa confirma que a tecnologia ainda continua em ascensão, com uma acurácia superior a 98% no inventário de lojas, além de outros benefícios. E ainda destaca uma maior atratividade em termos de custos e o grande interesse de outros segmentos de mercado, como o de cosméticos e alimentos, para a adoção do sistema, evidenciando uma abrangência maior da indústria à tecnologia.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que o RFID oferece uma solução promissora para a gestão de estoque dos vestígios forenses, proporcionando melhorias substanciais na precisão e eficiência do processo de custódia dos vestígios de interesse legal.

AGRADECIMENTOS

À Polícia Científica do Paraná, pelos conhecimentos angariados com a prática de Residência Técnica na instituição, à Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) pelo suporte e incentivo acadêmico e à

Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (Seti) pelo investimento e fomento à pesquisa científica e promoção do Programa de Residência Técnica do Paraná.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRASIL. *Código de Processo Penal*. Decreto lei nº 3.689, de 03 de outubro de 1941. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Decreto-Lei/Del3689.htm>>. Acesso em: 01/09/2023
- [2] BRASIL. *Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019*: Aperfeiçoa a legislação penal e processual penal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13964.htm>. Acesso em: 01/09/2023.
- [3] JORDÃO, M.; AMICIS, O.; SANTOS, V. GESTÃO DE ESTOQUES COM RASTREABILIDADE DE MATERIAIS. *FATEC GUARULHOS*: 2019.
- [4] CHIAVENATO, I. *Administração de materiais: uma abordagem introdutória*. 3. ed. RIO DE JANEIRO: ELSEVIER, 2005.
- [5] OPEYEMI, A. A.; FATOBA, B.; BLESSING, O. A. Design of a Computerized Inventory Management System for Supermarkets. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, v. 2, n. 9, p. 340–344, 2013
- [6] AGARWAL, V.; ANKOLIKAR, S. Deployment of RFID sensors in supply chain management – a review. *Journal of Mechatronics and Artificial Intelligence in Engineering*, v. 3, n. 2, p. 47–64, 31 dez. 2022.

- [7] ATTARAN, M. RFID: an enabler of supply chain operations. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 12, n. 4, p. 249–257, 1 jan. 2007.
- [8] FATHONI, F. A.; RIDWAN, A. Y.; SANTOSA, B. Development of Inventory Control Application for Pharmaceutical Product Using ABC-VED Cycle Counting Method to Increase Inventory Record Accuracy. *Atlantis Press*, mar. 2019. Disponível em: <<https://www.atlantis-press.com/proceedings/icoiese-18/55914827>>. Acesso em: 01 set. 2023.
- [9] I3C. Código de Barras Vs. RFID: Qual o melhor? Disponível em: <<https://i3csolucoes.com.br/codigo-de-barras-vs-rfid-qual-o-melhor/>>. Acesso em: 01 set. 2023.
- [10] BIJI, K. B. *et al.* Smart packaging systems for food applications: a review. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, n. 10, p. 6125–6135, out. 2015.
- [11] VIERA, I. M. M. *et al.* O Uso da RFID em Sistemas Hospitalares: Uma Análise de Periódicos Internacionais. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, v. 14, n. 2, 1 jun. 2019.
- [12] YIP, A. C. Y.; HUANG, M. Strategic values of technology-driven innovation in inventory management: a case study of Zara’s RFID implementation. *International Journal of Inventory Research*, v. 3, n. 4, p. 318, 2016.
- [13] VALLADARES, E. C. Zara deploys radio frequency technology for identifying SKUs. Disponível em: <<https://uk.fashionnetwork.com/news/Zara-deploys-radio-frequency-technology-for-identifying-skus,847892.html>>. Acesso em: 01 set. 2023.
- [14] AKTINOL, E. RFID IN SMALL ARMS. 2007. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/RFID-IN-SMALL-ARMS-Aktinol/bc7bc59563bec2aed64863b499814046ebd459ff>>. Acesso em: 07 set. 2023.
- [15] ROBERTS, C. M. Radio frequency identification (RFID). *Computers & Security*, v. 25, n. 1, p. 18–26, fev. 2006.
- [16] OLIVEIRA, C. M.; SOARES, P. J. S. R.; MORALES, G.; ARICA, J.; MATIAS, I. O. RFID and its applications on supply chain in Brazil: A structured literature review (2006 – 2016). *Revista Espacios*, v. 38, n. 31, març. 2017.
- [17] HAIBI, A.; OUFASKA, K.; EL YASSINI, K.; BOULMALF, M.; BOUYA, M. Systematic Mapping Study on RFID Technology. *IEEE Access*, v. 10, p. 6363–6380, 2022.
- [18] KAZU, M. S. M. Projeto de antena para etiqueta RFID em UHF para aplicação em objetos contendo líquidos e metais. 2019. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo.
- [19] ABDULGHAFOR, R.; TURAEV, S.; ALMOHAMEDH, H.; ALABDAN, R.; ALMUTAIRI, B.; ALMUTAIRI, A.; ALMOTAIRI, S. Recent Advances in Passive UHF-RFID Tag Antenna Design for Improved Read Range in Product Packaging Applications: A Comprehensive Review. *IEEE Access*, v. 9, p. 63611–63635, 2021.
- [20] WESSEL, R. Dutch Forensic Institute Uses RFID to Control Crime Evidence. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/dutch-forensic-institute-uses-rfid-to-control-crime-evidence>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- [21] WILLIAMS, S.; TAYLOR, M.; IRLAND, J.; MEHTA, A. RFID Technology in Forensic Evidence Management :An Assessment of Barriers, Benefits, and Costs. [s.l.] National Institute of Standards and Technology, nov. 2014. Disponível em: <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2014/NIST.IR.8030.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2024.
- [22] SWEDBERG, C. Travis County Fire Marshall Uses RFID to manage evidence. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/travis-county-fire-marshall-uses-rfid-to-manage-evidence>>. Acesso em: 02 jan. 2024.
- [23] RFID Global Solution. DNA specimen tracking helps to ensure Federal DNA database integrity. Disponível em: <<https://rfidgs.com/customer-stories/doj-customer-story/>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- [24] MACKANIN, T.; MILLER, S.; MOREFIELD, E. Radio Frequency Identification for Evidence Management. *Science and Technology*, ago. 2023. Disponível em: <https://www.dhs.gov/sites/default/files/2023-09/23_0921_st_rfidforevidencemanagementmsr_2.pdf>. Acesso em: 27 set. 2023.
- [25] Gartner Hype Cycle Research Methodology. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>>. Acesso em: 13 set. 2023.
- [26] BENDAVID, Y.; FOSSO WAMBA, S.; BARJIS, J. Special Issue on RFID - Towards Ubiquitous Computing and the Web of Things: Guest Editors’ Introduction. *Journal of theoretical and applied electronic commerce research*, v. 8, n. 2, p. iii–xi, ago. 2013.
- [27] KAPLAN, D. A. The rise, fall and return of RFID. Disponível em: <<https://www.supplychaindive.com/news/RFID-rise-fall-and-return-retail/530608/>>. Acesso em: 13 set. 2023.
- [28] Smart Reusable Packaging: Daylight At End Of Hype Cycle Tunnel? , 10 set. 2012. Disponível em: <<https://packagingrevolution.net/daylight-at-the-end-of-the-rfid-hype-cycle-tunnel-the-carrot-the-stick-and-the-future-of-smart-reusables/>>. Acesso em: 13 set. 2023.
- [29] ALLELEYN, L. J. M. A simulation study on the impact of RFID technologies applied to in-store inventory

management processes subject to shrinkage delivery and transaction errors. 2016. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/A-simulation-study-on-the-impact-of-RFID-applied-to-Alleleyn/e9a410e2e9c29c02ab1693a428be35ff8c66ec6d>>. Acesso em: 13 set. 2023

[30] Innovation Insight for Item-Level RFID in the Transformation of the Retail Store. Disponível em:

<<https://www.gartner.com/en/documents/4004561>>.

Acesso em: 12 set. 2023.

[31] Innovation Insight for Item-Level RFID in the Transformation of the Retail Store. Disponível em:

<<https://www.gartner.com/en/documents/4479199>>.

Acesso em: 12 set. 2023.