

## POTENCIAL DO WILIOT COMO SOLUÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO EM PROJETOS DE INTERNET DAS COISAS

Rodrigo Moreira Barreto <sup>1</sup>  
Éder Miranda Garcia <sup>2</sup>

### RESUMO

A Internet das Coisas (IoT) tem transformado diversos setores ao conectar dispositivos físicos e sistemas digitais, mas enfrenta desafios relacionados à identificação precisa e contínua de objetos. Este artigo analisa o potencial do Wiliot, uma tecnologia inovadora baseada em etiquetas inteligentes autoalimentadas, conhecidas como IoT Pixels, que captam energia de sinais de rádio ambiente. Comparada a tecnologias tradicionais como RFID, NFC e Beacons, o Wiliot se destaca por seu baixo custo, escalabilidade, ausência de baterias e funcionalidades avançadas de sensoriamento. A análise destaca suas vantagens, limitações e aplicações em setores como logística, varejo, saúde e cidades inteligentes, além de explorar seu potencial futuro com inteligência artificial e blockchain. Conclui-se que o Wiliot representa uma solução disruptiva e sustentável para superar barreiras técnicas e econômicas na adoção de IoT em larga escala.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas, Wiliot, IoT Pixels, RFID, NFC, Beacons, Identificação, Sustentabilidade.

### ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) has been transforming various sectors by connecting physical devices and digital systems, yet it faces challenges related to precise and continuous object identification. This article analyzes the potential of Wiliot, an innovative technology based on self-powered smart tags known as IoT Pixels, which harvest energy from ambient radio signals. Compared to traditional technologies such as RFID, NFC, and Beacons, Wiliot stands out for its low cost, scalability, battery-free operation, and advanced sensing functionalities. The analysis highlights its advantages, limitations, and applications in sectors such as logistics, retail, healthcare, and smart cities, while exploring its future potential with artificial intelligence and blockchain. It concludes that Wiliot represents a disruptive and sustainable solution to overcome technical and economic barriers in large-scale IoT adoption.

**Keywords:** Internet of Things, Wiliot, IoT Pixels, RFID, NFC, Beacons, Identification, Sustainability.

<sup>1</sup> Professor nos Eixos de Gestão, Tecnologia e Pedagogia da FAQI (rodrigo.barreto@qi.edu.br)

<sup>2</sup> Professor do Curso Técnico de Informática para Internet da QI (eder.garcia@qi.edu.br)

## **1. INTRODUÇÃO**

A Internet das Coisas (IoT, do inglês Internet of Things) tem se consolidado como uma das principais tendências tecnológicas da atualidade, permitindo a conexão e comunicação entre dispositivos físicos e sistemas digitais por meio da internet. Essa integração está transformando setores como logística, saúde, agricultura, varejo e manufatura, viabilizando o monitoramento remoto, automação de processos e tomada de decisões baseada em dados em tempo real. Segundo a International Data Corporation (IDC), até 2025, estima-se que o número de dispositivos conectados à IoT ultrapassará 41,6 bilhões no mundo (IDC, 2020), evidenciando a crescente demanda por soluções eficientes e escaláveis nesse ecossistema.

Um dos principais desafios enfrentados em projetos de IoT é a identificação precisa e contínua de objetos e locais no ambiente físico. Tecnologias tradicionais, como etiquetas RFID, NFC e beacons Bluetooth, desempenham esse papel, mas apresentam limitações relacionadas a custo, consumo de energia, complexidade de implementação e necessidade de infraestrutura específica, como leitores e pontos de energia. Em cenários que demandam grande escala e baixo custo, como cadeias de suprimentos ou ambientes urbanos, essas limitações podem comprometer a viabilidade técnica e econômica das soluções.

## **2. CONTEXTUALIZAÇÃO**

Nesse contexto, surge o Wiliot como uma proposta inovadora e promissora. Trata-se de uma plataforma baseada em etiquetas inteligentes autoalimentadas, também chamadas de "IoT Pixels", que operam com energia ambiental captada de sinais de rádio, eliminando a necessidade de baterias ou conexões diretas à rede elétrica. Essas etiquetas são capazes de transmitir dados como temperatura, movimento, presença e localização, tornando possível a identificação e o monitoramento de objetos de forma contínua, discreta e com baixo custo operacional (WILIOT, 2023). A proposta do Wiliot oferece, portanto, uma alternativa disruptiva frente às tecnologias tradicionais de identificação utilizadas em projetos de IoT.

Este artigo tem como objetivo analisar o potencial do Wiliot como solução de identificação em comparação com outras tecnologias disponíveis, explorando suas vantagens, limitações e possibilidades de aplicação. Por meio dessa análise, busca-se compreender em que medida essa inovação pode contribuir para a superação de desafios técnicos e econômicos que ainda limitam a adoção em larga escala de soluções baseadas em Internet das Coisas.

### 3. CARACTERÍSTICAS DAS TECNOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO

Diante da crescente demanda por soluções inteligentes e escaláveis em projetos de Internet das Coisas (IoT), torna-se essencial compreender as tecnologias de identificação que viabilizam a conexão entre o mundo físico e os sistemas digitais. Essas tecnologias desempenham um papel estratégico ao possibilitar o rastreamento, a autenticação e a coleta automatizada de dados em tempo real. Neste contexto, o aprofundamento nas características funcionais, técnicas e operacionais de soluções como RFID, NFC, Bluetooth Beacons e Wiliot é fundamental para avaliar sua adequação a diferentes cenários de aplicação. O próximo capítulo apresenta uma análise individualizada dessas tecnologias, destacando seus princípios de funcionamento, vantagens, limitações e potenciais de uso dentro do ecossistema da IoT.

#### 3.1. RFID (Radio Frequency Identification)

A tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (RFID) surgiu como uma evolução dos sistemas de identificação automática, permitindo a troca de dados entre um dispositivo emissor (tag) e um receptor (leitor) por meio de sinais de rádio. Sua adoção vem crescendo desde a década de 1990, especialmente em aplicações de controle de estoque, rastreamento de ativos, logística e segurança. De acordo com Finkenzeller (2010), devido à sua versatilidade e à possibilidade de leitura sem contato visual direto, o RFID se consolidou como uma alternativa eficiente em ambientes que exigem automação e rastreamento em tempo real.



**Figura 1: os diversos tipos de tag RFID**

Fonte: [https://www.rfidtagworld.com/news/NFC-RFID-IOT-Knowledge\\_5836.html](https://www.rfidtagworld.com/news/NFC-RFID-IOT-Knowledge_5836.html)

Do ponto de vista técnico, as etiquetas RFID podem ser classificadas em três categorias principais: passivas, semipassivas e ativas. As etiquetas passivas, mais comuns, não possuem fonte de energia interna e são ativadas pelo campo eletromagnético gerado pelo leitor. Já as etiquetas ativas têm bateria própria, possibilitando maior alcance de leitura e capacidade de transmissão de dados. O RFID opera em diferentes bandas de frequência, conforme Juelsg (2006):

- LF (125–134 kHz): tem alcance na casa de poucos centímetros com etiqueta passiva e é utilizado comumente em controle de acesso, identificação de animais por aproximação e bilhetagem eletrônica.
- HF (13,56 MHz): tem alcance na casa dos centímetros mas podendo chegar a quase 1 metro de acordo com o receptor e se a etiqueta é passiva (o mais comum e com menor alcance) ou ativa e é utilizado comumente em cartões inteligentes (NFC), bibliotecas e passaportes eletrônicos.

- UHF (860–960 MHz): o alcance varia muito de acordo com a etiqueta e se a mesma é passiva (1 a 10 metros), semipassiva (10 a 15 metros) ou ativa (até 100 metros mas possibilidade de expansão na casa dos quilômetros com antenas especiais) e é utilizado comumente em logística (principalmente em ambientes insalubres), rastreamento de veículos e bens e gerenciamento de inventário.

Em ambientes industriais e mesmo em ambientes externos abertos, o RFID se destaca pela durabilidade das etiquetas, que podem ser encapsuladas para resistir a ambientes agressivos, com calor, poeira ou produtos químicos. Essa robustez permite seu uso em linhas de produção, permitindo o rastreamento contínuo de peças e produtos acabados ao longo da cadeia de suprimentos.

Apesar de suas vantagens, a tecnologia RFID apresenta limitações que devem ser consideradas. Entre elas, destaca-se a interferência de materiais metálicos e líquidos, que podem comprometer a eficiência da leitura. Além disso, a necessidade de infraestrutura específica — como leitores fixos ou portáteis, antenas e gateways — pode trazer um custo alto de implementação em relação a outras soluções. Há também questões de privacidade e segurança de dados, uma vez que as etiquetas podem ser lidas sem o conhecimento do usuário, levantando preocupações éticas (GS1 BRASIL, 2023).

Mesmo com esses desafios, o RFID continua sendo uma tecnologia importante em termos de rastreabilidade e automação industrial. Grandes redes varejistas, como a Walmart, adotaram o RFID para controle de inventário em tempo real, obtendo ganhos significativos de produtividade e redução de perdas (WAMBA et al., 2013). Além disso, seu uso em identificação de animais, controle de acesso e bilhetagem eletrônica em transporte público reforça sua versatilidade.

### 3.2. NFC (Near Field Communication)

A tecnologia NFC (Near Field Communication) é uma extensão da RFID de alta frequência (HF) e surgiu como resposta à demanda por comunicações de curta distância seguras, práticas e de fácil uso. Desenvolvida no início dos anos 2000, a NFC

foi rapidamente adotada em soluções de pagamento móvel, autenticação de usuários, bilhetagem eletrônica e emparelhamento rápido de dispositivos. Sua principal característica é o alcance limitado — cerca de 4 a 10 cm —, o que aumenta a segurança contra leituras indesejadas e a torna ideal para aplicações que envolvem interação física intencional (ISO/IEC, 2013).



**Figura 2: o uso mais típico do NFC**

Fonte: <https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/2024/05/como-usar-nfc-no-celular-para-pagar-por-proximacao-edmobile.ghtml>

Do ponto de vista técnico, o NFC opera na frequência de 13,56 MHz e permite velocidades de transferência de até 424 kbps. A tecnologia suporta três modos de operação: leitor/gravação, em que o dispositivo lê ou escreve dados em etiquetas NFC; modo peer-to-peer, que permite troca de dados entre dois dispositivos NFC; e modo emulação de cartão, usado em pagamentos com smartphones. A proximidade física necessária garante comunicação direcionada e segura (NXP SEMICONDUCTORS, 2023).

No entanto, as limitações do NFC também são significativas. O alcance extremamente curto restringe o uso a interações muito específicas e não escaláveis em ambientes amplos ou automatizados. Como destaca Garcia et al (2016), embora os dispositivos móveis mais modernos sejam compatíveis com NFC, a tecnologia ainda depende da adoção e padronização por fabricantes, bancos e operadores de

transporte. Em algumas regiões, a adesão continua baixa devido à falta de infraestrutura ou confiança dos usuários.

Mesmo com essas barreiras, o NFC se tornou um componente essencial em ecossistemas digitais, especialmente no setor financeiro. Serviços como Google Pay, Apple Pay e Samsung Pay baseiam-se nessa tecnologia para permitir pagamentos por aproximação com segurança criptografada. No setor de eventos, ingressos com NFC permitem controle de acesso rápido e verificação instantânea de autenticidade, reduzindo fraudes.

Outra aplicação emergente é no marketing de proximidade, com etiquetas NFC instaladas em displays publicitários que permitem acesso instantâneo a conteúdos promocionais. Com a popularização da Internet das Coisas (IoT), o NFC também começa a ser utilizado para configurar dispositivos inteligentes com um simples toque, oferecendo uma experiência intuitiva para o usuário final.

### 3.3. Beacons

Os Beacons, especialmente os baseados em BLE (Bluetooth Low Energy), são dispositivos emissores que transmitem sinais periódicos contendo identificadores únicos, permitindo que aplicativos móveis detectem a proximidade e posição relativa em ambientes fechados. Desde a introdução do protocolo iBeacon pela Apple em 2013, os beacons se tornaram populares em aplicações de marketing de proximidade, automação de ambientes e navegação indoor (APPLE, 2023).

Tecnicamente, de acordo com Faragher e Harle (2015), os beacons utilizam o padrão Bluetooth 4.0 ou superior e transmitem sinais com intervalos programáveis que variam de milissegundos a segundos. O alcance pode variar de poucos metros até cerca de 70 metros em ambientes ideais (mas com possibilidade de até 100 metros de acordo com a fabricante e potência de sinal, que impacta no consumo). A maioria dos dispositivos opera com baterias tipo botão que podem durar de 6 meses a 3 anos, dependendo da frequência de emissão e da potência do sinal.

Zhang (2020) pondera que entre as principais limitações dos Bluetooth Beacons está a necessidade de substituição periódica dessas baterias, o que pode se tornar impraticável em larga escala (sendo que alguns beacons, como os da Estimote, são

cobertos por uma camada de borracha como forma de proteção e impermeabilização). Além disso, a precisão da localização depende de diversos fatores ambientais, como paredes, interferência eletromagnética e densidade de sinal. Outra limitação está na privacidade do usuário, já que os aplicativos precisam coletar dados de localização continuamente, o que pode levantar preocupações legais e éticas. Além disso, possuem em média um custo elevado em comparação com outras soluções.



**Figura 3: beacons da Estimote, referência no mercado**

Fonte: <https://blog.consistem.com.br/beacons-saiba-o-que-e-e-como-podem-ser-utilizados-na-industria/>

Apesar disso, os beacons continuam sendo uma alternativa atrativa em ambientes onde a instalação de infraestrutura mais pesada é inviável. No setor varejista, eles permitem experiências personalizadas, como envio de cupons ou informações específicas ao cliente conforme sua localização dentro da loja. Em museus e eventos, os beacons enriquecem a experiência do visitante com conteúdos contextuais em tempo real.

### **3.4. Wiliot (IoT Pixels)**

A tecnologia Wiliot representa um avanço disruptivo no campo da Internet das Coisas ao introduzir etiquetas inteligentes sem bateria conhecidas como IoT Pixels. Diferente das abordagens tradicionais, essas etiquetas são capazes de captar energia

de sinais de rádio ambiente — como Wi-Fi, Bluetooth e celulares — eliminando a necessidade de fontes de alimentação convencionais. Essa inovação abre caminho para conectar objetos do cotidiano à nuvem de forma contínua, discreta e econômica (WILIOT, 2023).



**Figura 4: logotipo da Wiliot**

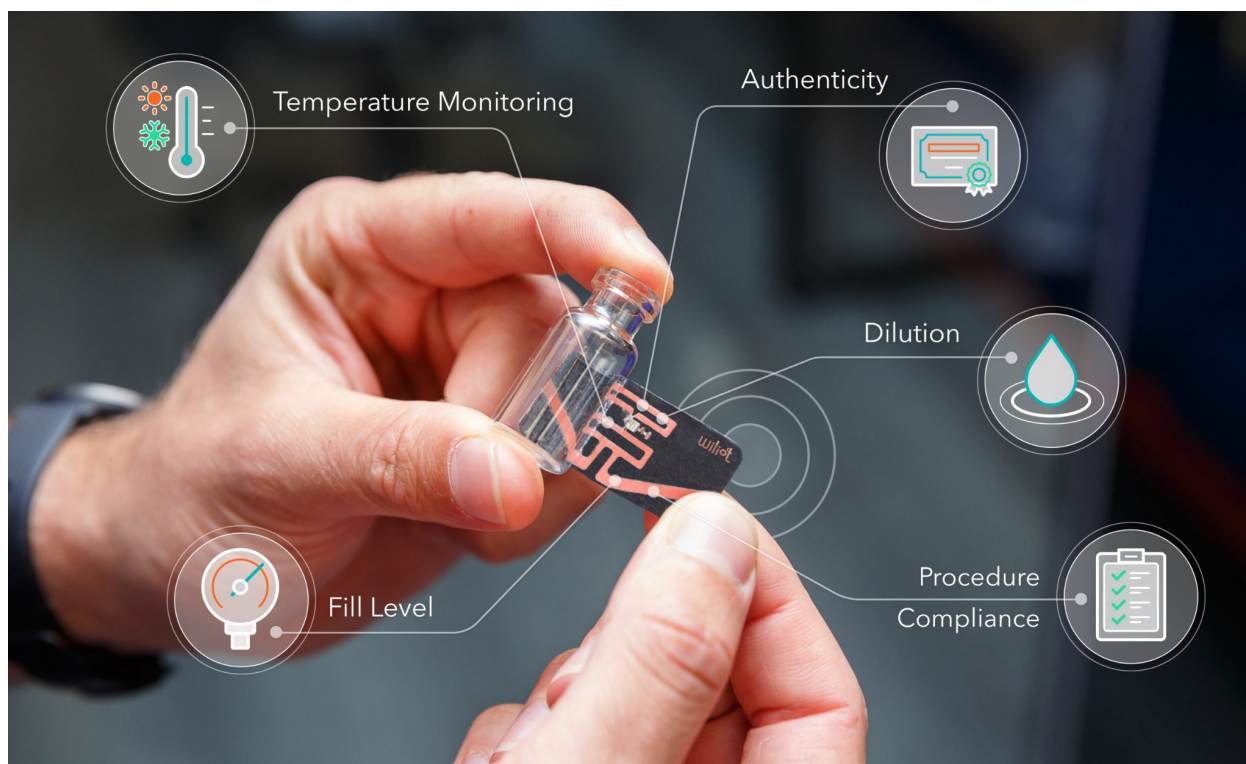
Fonte: <https://www.grovevc.com/portfolio/wiliot-iot-pixels/>

Tecnicamente segundo a IEEE Sensors Council (2023), os IoT Pixels incorporam microcontroladores de baixa potência, sensores integrados (temperatura, movimento, pressão etc) e uma interface de comunicação de backscatter, que reutiliza sinais de rádio ambiente para transmitir informações. O chip mede apenas alguns milímetros e pode ser impresso em superfícies flexíveis, o que permite a aplicação em embalagens, roupas, mobiliário urbano e outros objetos físicos. A coleta de dados ocorre em tempo real, com envio automatizado à nuvem para análise.

Em comparação com tecnologias tradicionais, a solução da Wiliot apresenta um custo unitário significativamente mais baixo, especialmente devido à ausência de baterias e à possibilidade de produção em larga escala com materiais impressos, comparável às etiquetas RFID em preço e aos beacons em funcionalidades, tornando-se assim uma alternativa economicamente viável para aplicações de IoT.

Entre as limitações atuais, destaca-se a necessidade de ambientes com densidade suficiente de sinais de rádio para alimentar as etiquetas. Lebreton (2022) aponta que isso pode ser um desafio em áreas rurais ou com infraestrutura limitada. Além disso, embora o custo por unidade seja baixo, a integração com sistemas em nuvem e algoritmos de processamento ainda exige investimentos tecnológicos.

Também há questões emergentes relacionadas à privacidade e à governança de dados massivos gerados por essas etiquetas.



**Figura 4: composição e camadas do Wiliot**

Fonte: <https://blog.consistem.com.br/beacons-saiba-o-que-e-e-como-podem-ser-utilizados-na-industria/>

Mesmo assim, o Wiliot tem se destacado como uma solução promissora para logística e cadeias de suprimentos. Varejistas como Amazon e Walmart já experimentam seu uso para rastreamento de pacotes, controle de temperatura e inventário automatizado. A eliminação de baterias não apenas reduz custos, mas também contribui para soluções mais sustentáveis, com menor impacto ambiental.

No setor hospitalar, beacons são usados para rastreamento de equipamentos médicos e pacientes, promovendo maior eficiência operacional. Já na educação, escolas e universidades utilizam a tecnologia para controle de presença automático e envio de avisos personalizados.

#### **4. COMPARATIVO ENTRE AS TECNOLOGIAS**

Com o objetivo de facilitar a análise e compreensão das soluções de identificação aplicáveis a projetos de Internet das Coisas (IoT), foi elaborado um quadro comparativo reunindo, de forma clara e visual, as informações mais relevantes sobre RFID, NFC, Beacons e Wiliot (IoT Pixels). A intenção é permitir que o leitor visualize, em um único recurso, as diferenças e semelhanças entre as tecnologias, auxiliando na seleção da solução mais adequada para cada cenário.

O quadro foi estruturado com colunas que contemplam tanto aspectos técnicos quanto estratégicos. Cada coluna foi pensada para destacar pontos essenciais de análise:

- Princípio de Funcionamento / Fonte de Energia: descreve como cada tecnologia opera e de onde obtém energia para funcionar.
- Alcance Típico: informa a distância média de operação em condições normais.
- Vantagens: lista os pontos fortes de cada solução no contexto de uso.
- Limitações: apresenta restrições técnicas, operacionais ou econômicas.
- Custo por Unidade: classifica o custo relativo (baixo, moderado ou alto) por item.
- Escalabilidade: indica o potencial de ampliação do uso em larga escala.
- Complexidade de Rede: avalia a complexidade de configuração e infraestrutura de rede necessárias para o funcionamento.
- Dados Transmítidos: especifica se a tecnologia envia apenas ID, dados de sensores e/ou informações de localização.
- Principais Aplicações: relaciona os usos mais comuns no mercado.

A organização das informações buscou manter o equilíbrio entre objetividade e profundidade, permitindo que a comparação seja feita rapidamente sem perda de clareza técnica. Assim, o leitor pode identificar, de forma imediata, tanto os diferenciais competitivos quanto os desafios de cada solução, utilizando o quadro como apoio à análise e à tomada de decisão em projetos reais de IoT.

| Critério                                 | RFID                                                                                                 | NFC                                                                                              | Beacons (BLE)                                                                                            | Wiliot (IoT Pixels)                                                                                              |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Princípio de Funcion. / Fonte de Energia | Comunicação por rádio (LF, HF, UHF); Passivo: energia do leitor; Ativo/Semipassivo: bateria interna  | Extensão do RFID HF (13,56 MHz); energia induzida por aproximação                                | Dispositivo emissor com bateria interna (tipo botão) via Bluetooth Low Energy                            | Etiquetas sem bateria que captam energia de sinais de rádio ambiente e transmitem via backscatter                |
| Alcance Típico                           | Passivo: cm a 10 m; Ativo: até 100 m ou mais com antenas especiais                                   | 4 a 10 cm                                                                                        | Até 70 m (até 100 m em condições ideais)                                                                 | Depende da densidade de sinais de rádio; ideal em áreas urbanas                                                  |
| Vantagens                                | Leitura sem contato visual; alta durabilidade; uso em ambientes agressivos; variedade de frequências | Alta segurança por proximidade; interação simples; compatível com smartphones                    | Fácil instalação; integração com apps móveis; ideal para localização indoor; experiências personalizadas | Custo baixo; sustentável (sem bateria); sensores integrados; produção em larga escala; monitoramento contínuo    |
| Limitações                               | Interferência por metais/líquidos; necessidade de infraestrutura; custo de leitores; privacidade     | Alcance curto; dependência de infraestrutura e fabricantes; baixa escalabilidade                 | Troca de baterias; precisão afetada por barreiras/interferências; custo alto; privacidade                | Necessidade de sinais de rádio abundantes; integração em nuvem; privacidade                                      |
| Custo por Unidade                        | Moderado (passivo baixo, ativo alto)                                                                 | Baixo                                                                                            | Alto                                                                                                     | Baixo                                                                                                            |
| Escalabilidade                           | Alta                                                                                                 | Baixa                                                                                            | Moderada                                                                                                 | Alta                                                                                                             |
| Complexidade de Rede                     | Alta (leitores, antenas, gateways)                                                                   | Baixa (smartphones/leitores simples)                                                             | Moderada (rede de receptores)                                                                            | Moderada (infraestrutura conectada à nuvem)                                                                      |
| Dados Transmitidos                       | ID; localização aproximada; dados simples de sensores (ativo)                                        | ID; pequenas trocas de dados; autenticação                                                       | ID; localização relativa; proximidade                                                                    | ID; dados de sensores (temperatura, movimento, pressão); localização aproximada                                  |
| Principais Aplicações                    | Logística, inventário, rastreamento de veículos/animais, controle de acesso, bilhetagem              | Pagamentos por aproximação, bilhetagem, autenticação, marketing de proximidade, configuração IoT | Marketing de proximidade, navegação indoor, museus, eventos, automação                                   | Logística, cadeia de suprimentos, controle de temperatura, inventário automatizado, rastreamento em saúde/varejo |

Figura 5: tabela comparativa entre as tecnologias

Fonte: dos autores (2025)

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir do quadro comparativo elaborado, é possível observar que cada uma das tecnologias avaliadas apresenta pontos fortes e limitações específicas, refletindo diferentes prioridades e cenários de uso dentro do ecossistema da Internet das Coisas. Tecnologias como o RFID e o NFC, mais consolidadas no mercado, oferecem maturidade e infraestrutura estabelecida, enquanto soluções mais recentes, como os

Beacons e o Wiliot, trazem abordagens inovadoras que buscam superar gargalos históricos de custo, consumo de energia e flexibilidade de aplicação.

O Wiliot, em particular, destaca-se pela combinação de baixo custo por unidade, alta escalabilidade e ausência de bateria, o que o posiciona como uma alternativa sustentável e economicamente viável para projetos de grande alcance. A utilização de energia captada de sinais de rádio ambiente elimina a necessidade de manutenção periódica para troca de baterias, um problema recorrente em soluções como os Beacons. Esse fator, aliado à possibilidade de produção em larga escala, torna a tecnologia especialmente atrativa para cadeias de suprimentos, varejo e monitoramento logístico.

Outro aspecto que chama a atenção é a versatilidade dos dados transmitidos pelo Wiliot. Diferente de tecnologias que se limitam à identificação (ID) ou à localização, os IoT Pixels podem incorporar sensores integrados para medir temperatura, movimento, pressão e outras variáveis ambientais. Essa característica abre espaço para aplicações mais sofisticadas, incluindo rastreamento de produtos sensíveis, controle de qualidade e automação de inventários em tempo real, sem necessidade de infraestrutura pesada.

No quesito complexidade de rede, o Wiliot apresenta um equilíbrio interessante. Embora exija uma infraestrutura de recepção conectada à nuvem, não depende de leitores dedicados como o RFID nem de interações manuais como o NFC. Isso permite integração mais fluida com sistemas baseados em análise de dados e inteligência artificial, favorecendo aplicações preditivas e tomadas de decisão automatizadas.

Em contrapartida, a tecnologia ainda enfrenta desafios em cenários com baixa densidade de sinais de rádio, como áreas rurais ou ambientes isolados. Nesses casos, sua eficiência energética e capacidade de transmissão podem ser limitadas, exigindo soluções híbridas ou complementares. Ainda assim, para contextos urbanos ou com ampla cobertura de Wi-Fi, Bluetooth e redes móveis, isto tende a ser pouco relevante.

## **6. POSSIBILIDADES E APLICAÇÕES DO WILIOT**

A versatilidade das etiquetas inteligentes Wiliot, conhecidas como IoT Pixels, permite sua utilização em uma ampla gama de setores estratégicos, oferecendo

soluções eficientes para desafios recorrentes em projetos de Internet das Coisas (IoT). Seu diferencial está na capacidade de operar sem baterias, captando energia de sinais de rádio ambiente, o que reduz significativamente custos operacionais, elimina a necessidade de manutenção periódica e possibilita integração em larga escala.

Na logística, o Wiliot viabiliza o rastreamento contínuo de produtos em tempo real, desde o armazenamento até a entrega final, sem depender de leitores dedicados. Isso garante maior confiabilidade operacional e permite detectar anomalias como quedas, temperaturas inadequadas ou atrasos, favorecendo ações corretivas imediatas. No varejo, as etiquetas oferecem monitoramento dinâmico de estoques e análise de comportamento de consumidores dentro da loja, permitindo ajustes ágeis na reposição e na disposição de mercadorias.

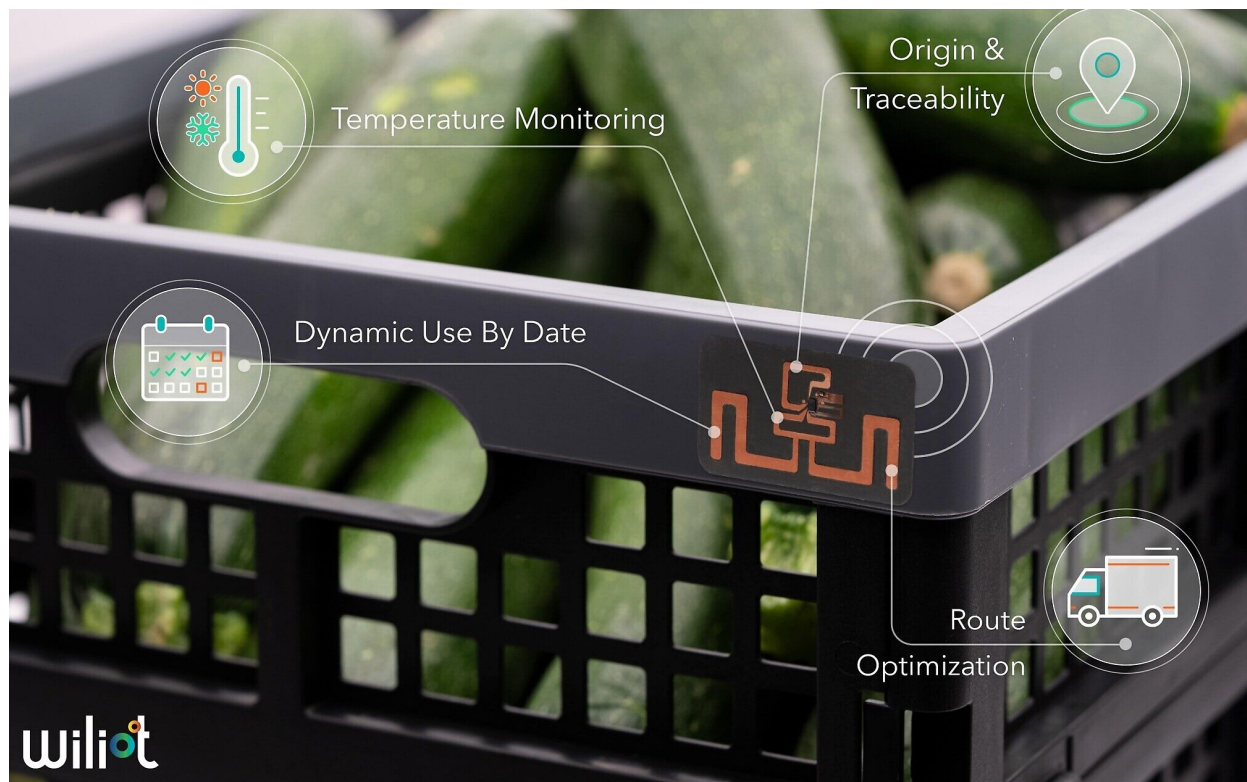
Na área da saúde, a tecnologia é valiosa para o controle de temperatura de medicamentos e equipamentos sensíveis, assegurando conformidade com normas sanitárias e a segurança durante o transporte. No setor agrícola, sensores integrados podem registrar umidade, temperatura e luminosidade, preservando a qualidade de alimentos e otimizando a cadeia produtiva.

Já em cidades inteligentes, o Wiliot fornece identificação e monitoramento de ativos urbanos — como lixeiras, postes ou bicicletas compartilhadas — sem a necessidade de infraestrutura pesada, contribuindo para operações mais sustentáveis e conectadas.

Um exemplo prático do impacto da tecnologia ocorreu com um grande varejista online que enfrentava extravios e atrasos frequentes. Antes do Wiliot, os processos de separação e envio eram baseados em scanners manuais, propensos a erros de roteamento e perdas. Com a adoção dos IoT Pixels e da plataforma de dados ambientais, passou-se a coletar e transmitir automaticamente informações sobre localização, temperatura e movimentação dos pacotes. Essa solução reduziu drasticamente erros de carregamento, aumentou a eficiência dos centros de distribuição e melhorou a precisão nas entregas, gerando redução de custos e menor impacto ambiental.

As possibilidades futuras do Wiliot são ainda mais amplas. Com avanços em miniaturização e inteligência artificial embarcada, as etiquetas poderão não apenas monitorar condições, mas também prever falhas, otimizar rotas logísticas em tempo

real e interagir com sistemas autônomos. A integração com redes 5G permitirá transmissões mais rápidas e estáveis, enquanto o desenvolvimento de materiais biodegradáveis pode transformar o Wiliot em uma solução ainda mais ecológica.



**Figura 6: exemplo de uso logístico do Wiliot dado pela Cisco**

Fonte: <https://marketplace.cisco.com/en-US/apps/407769/wiliot/features>

Do ponto de vista de pesquisa e desenvolvimento, a integração da tecnologia com blockchain surge como um caminho promissor para garantir rastreabilidade inviolável, especialmente em setores críticos como alimentos perecíveis e medicamentos. Outra perspectiva envolve o uso de aprendizado de máquina diretamente nas etiquetas, permitindo decisões locais baseadas em padrões detectados pelos sensores. Além disso, o desenvolvimento de sensores mais sensíveis e multifuncionais pode ampliar o escopo de aplicações para incluir detecção de gases, pressão atmosférica e até sinais biológicos.

Em um horizonte mais amplo, a adoção global do Wiliot dependerá da escalabilidade de sua produção, do equilíbrio entre custo e benefício e da consolidação de padrões de integração com plataformas IoT já existentes. Se esses fatores forem

bem endereçados, a tecnologia tem potencial para se tornar parte de um ecossistema de conectividade pervasiva, no qual praticamente qualquer objeto físico poderá se comunicar e interagir com sistemas digitais, criando uma camada invisível e inteligente no mundo físico.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada ao longo deste trabalho evidenciou a diversidade de tecnologias de identificação aplicáveis a projetos de Internet das Coisas, cada uma com pontos fortes e limitações que determinam sua adequação a diferentes contextos. RFID, NFC e Beacons representam soluções consolidadas e amplamente utilizadas, sustentadas por um histórico de aplicações bem-sucedidas. Contudo, também apresentam restrições em termos de custo, manutenção ou complexidade de infraestrutura, fatores que podem limitar sua adoção em larga escala ou em cenários que demandam soluções de baixo consumo e alta flexibilidade.

Nesse cenário, o Wiliot desponta como uma alternativa inovadora, aliando baixo custo, escalabilidade e ausência de baterias, ao mesmo tempo em que oferece funcionalidades de sensoriamento avançadas. Sua capacidade de operar aproveitando energia de sinais de rádio ambiente elimina barreiras logísticas e de manutenção, abrindo espaço para novas aplicações em setores como logística, varejo, saúde, agricultura e cidades inteligentes. Além disso, o potencial de integração com inteligência artificial, blockchain e redes 5G aponta para um futuro em que essas etiquetas inteligentes poderão atuar não apenas como sensores passivos, mas como agentes ativos na coleta, análise e transmissão de dados.

O quadro comparativo elaborado serviu como ferramenta fundamental para visualizar as diferenças e semelhanças entre as tecnologias analisadas, permitindo compreender com clareza os cenários em que cada solução se destaca. No caso do Wiliot, os dados reforçam seu potencial disruptivo, especialmente pela combinação de viabilidade econômica e sustentabilidade, características cada vez mais valorizadas no contexto global.

O estudo também apontou oportunidades de pesquisa e desenvolvimento, como o aprimoramento dos sensores, o uso de materiais biodegradáveis e a aplicação de

algoritmos de aprendizado de máquina embarcados. Esses avanços poderão ampliar ainda mais o espectro de usos da tecnologia, potencializando sua contribuição para a construção de ecossistemas conectados, eficientes e ambientalmente responsáveis.

Em síntese, o Wiliot representa mais do que uma evolução tecnológica: ele simboliza um passo em direção a um mundo em que qualquer objeto pode se tornar parte ativa de uma rede inteligente. No futuro, não será a tecnologia que buscará os dados, mas os próprios objetos que contarão suas histórias em tempo real.

## REFERÊNCIAS

APPLE INC. **Getting Started with iBeacon**. 2023. Acesso em: 18 jul. 2025. Disponível em: <https://developer.apple.com/ibeacon/>.

FARAGHER, R.; HARLE, R. **Location Fingerprinting With Bluetooth Low Energy Beacons**. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, v. 33, n. 11, p. 2418–2428, 2015.

FINKENZELLER, K. **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication**. 3. ed. Chichester: Wiley, 2010.

GARCIA, F. et al. **Near Field Communication (NFC): Technology, applications and security**. Telecommunication Systems, v. 61, n. 1, p. 193–212, 2016.

GS1 BRASIL. **Tecnologia RFID**. 2023. Acesso em: 20 jul. 2025. Disponível em: <https://www.gs1br.org/rfid>.

IDC (International Data Corporation). **Worldwide Global DataSphere IoT Device and Data Forecast, 2020–2025.**, 2020. Acesso em: 16 jul. 2025. Disponível em: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US46720320>.

ISO/IEC (18092:2013). **Near Field Communication Interface and Protocol (NFCIP-1)**. Genebra: ISO, 2013.

JUELSG, A. **RFID Security and Privacy: A Research Survey**. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, v. 24, n. 2, p. 381-394, 2006.

NXP SEMICONDUCTORS. **NFC Technology and Solutions**. 2023. Acesso em: 18 jul. 2025. Disponível em: <https://www.nxp.com/nfc>.

WAMBA, S. F. et al. **RFID-enabled traceability system for consignment and returnable assets management in the postal supply chain**. International Journal of Production Economics, v. 141, n. 2, p. 660–677, 2013.

WILIOT. **Introducing the IoT Pixel: Battery-Free, Printable, Smart Tag**. Wiliot, 2023. Disponível em: <https://www.wiliot.com/iot-pixel>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ZHANG, Y. et al. **Indoor Localization Using Bluetooth Low Energy (BLE) Beacons - A Survey**. Sensors, v. 20, n. 14, p. 1–35, 2020.