

ESTUDO DA TECNOLOGIA POR RADIOFREQUÊNCIA — RFID — SEGUNDO A PERSPECTIVA DE EMPRESAS QUE FORNECEM A TECNOLOGIA

Gabriel de Oliveira da Silva¹
Guilherme da Chaga Diniz²
Gustavo Iniesta Chagas³
Lucas da Rocha Zenzeluk⁴
Valdinei Pedro Moreira⁵
Oswaldo José Corrêa Netto⁶

RESUMO

RFID, sigla do inglês para *Radio Frequency Identification* (Identificação por Radiofrequência), trata-se de uma tecnologia que, por meio de ondas de rádio, consegue identificar e rastrear qualquer objeto, pessoas ou animais. Basta apenas ter um coletor (equipamento que faz a leitura dos dados) e uma etiqueta (onde se armazena os dados), assim como um sistema ERP (*Enterprises Resources Planning*) para o recebimento e controle das informações geradas.

A presente pesquisa analisou a Tecnologia por Radiofrequência — RFID, segundo a perspectiva de empresas que fornecem a tecnologia para a aplicação do RFID, fazendo associações entre diferentes áreas, tais como parte interna, fornecedores, clientes e na cadeia de suprimentos, bem como localizar as dificuldades encontradas para implementação do sistema ou para empresas que já utilizam o mesmo.

¹ Aluno do 8º período do curso de Administração da FAE Centro Universitário. *E-mail:* gabriel.oliveira.silva@mail.fae.edu

² Aluno do 8º período do curso de Administração da FAE Centro Universitário. *E-mail:* guilherme.diniz@mail.fae.edu

³ Aluno do 8º período do curso de Administração da FAE Centro Universitário. *E-mail:* gustavo.chagas@mail.fae.edu

⁴ Aluno do 8º período do curso de Administração da FAE Centro Universitário. *E-mail:* lucas.r.zenzeluk@mail.fae.edu

⁵ Aluno do 8º período do curso de Administração da FAE Centro Universitário. *E-mail:* valdinei.moreira@mail.fae.edu

⁶ Orientador da Pesquisa. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas (PUCPR). Graduado em Engenharia Química (Oswaldo Cruz/SP). Bacharel em Administração de Empresas (Mackenzie/SP). Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho (FAAP/SP). Professor da área de operações logísticas e produção na FAE Centro Universitário. *E-mail:* osvaldo.netto@fae.edu

Também foi avaliado o potencial de implementação da tecnologia RFID, inclusive se buscará demonstrar os resultados no desenvolvimento da otimização dos processos de logística interna. Foi utilizada para o levantamento e análise das informações a metodologia de pesquisa qualitativa, a técnica de entrevista, pesquisa bibliográfica a partir de livros, artigos e demais materiais de caráter científico predominantemente, eventualmente, quando necessário, foram utilizados documentos não-científicos para o confronto de informações.

Foi realizado um estudo minucioso quanto ao conceito do RFID e como está sendo utilizado, já que apesar de ser uma tecnologia que é rica em múltiplas possibilidades de utilização podendo trazer inúmeras vantagens para uma organização, a mesma pode acarretar em possíveis desvantagens principalmente devido ao seu custo, que se acaso o projeto não estiver devidamente alinhado pode afetar a lucratividade. Com isso, se espera que a pesquisa contribua para o conhecimento da tecnologia e suas características para poder tomar a melhor decisão quanto à sua implantação ou não. Poderá ser utilizada por empresas com a intenção do uso da tecnologia, bem como por alunos diversos que tenham o desejo de abrir uma empresa e se beneficiar do uso dela.

Palavras-chave: RFID. Tecnologia de identificação de materiais. Processos logísticos internos. Planejamento de materiais e operações. Implementação do RFID. Aplicações da tecnologia RFID.

INTRODUÇÃO

O RFID é fundamental para a internet das coisas (IOT), permitindo que computadores obtenham dados sem *input* humano (ASHTON, 2010). Sua origem remonta à Segunda Guerra Mundial, com o uso inicial no RADAR (*Radio Detection and Ranging*), sendo a primeira identificação passiva de RFID durante a guerra. A identificação ativa veio com o dispositivo IFF (*Identify Friend or Foe*), implantado pela Força Aérea Britânica (LANDT, 2001).

Glover e Bhatt (2006) definem o RFID como uma etiqueta de identificação que utiliza canais de radiofrequência, facilitando a organização de grandes estoques. Nas empresas, o uso do RFID traz benefícios como a redução de refugos, otimização de estoques e melhoria na qualidade do produto (BARDAKI; KOUROUTHANASSIS; PRAMATARI, 2012).

No contexto brasileiro, o RFID ganhou destaque desde o início do século XXI, com empresas como o Grupo Pão de Açúcar realizando planos pilotos em 2002 (ANDRELO JUNIOR, 2007).

Apesar das vantagens, Nogueira Filho (2006) destaca limitações como o alto custo, interferência de outros materiais, baixo retorno sobre o investimento e desafios específicos do mercado brasileiro. O presente estudo visa analisar a perspectiva de empresas fornecedoras de RFID, explorando associações em diversas áreas e investigando a aplicação, dificuldades e impacto na otimização de processos.

1 REVISÃO DE LITERATURA

Com o intuito de nortear os objetivos deste estudo e ilustrar os fundamentos que servem como base para o desenvolvimento da presente pesquisa, serão demonstrados alguns pontos importantes sobre como vêm sendo utilizadas as tecnologias no planejamento de materiais e operações de logística interna das organizações. Neste capítulo será apresentado um breve conceito sobre a tecnologia da informação e como vem sendo utilizada na gestão de cadeia de suprimentos, e serão conceituadas tecnologias de codificação de materiais aplicados na SCM (*Supply Chain Management*), tais como: Código de Barras e QR Code, atrelando suas comparações com a identificação por radiofrequência.

1.1 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A tecnologia da informação auxilia o sistema de cadeia de suprimentos, com o rastreamento de informações de processos que facilitam o compartilhamento de informações tanto na logística interna de materiais das organizações, quanto entre seus parceiros da cadeia de suprimentos.

Considera-se também o mecanismo da *Internet*, auxiliando na comunicação e na troca de informações com o intuito de estruturar o relacionamento na cadeia de suprimentos, dessa forma o sistema de informação une todas as ações logísticas de forma integrada (BOWERSOX et al., 2014).

A eficiência do processo logístico depende significativamente do fluxo de informações ao longo da cadeia de suprimentos, responsável por capturar e processar dados (GONÇALVES, 2020). Nesse contexto, a Tecnologia da Informação (TI) está diretamente relacionada a outras tecnologias que compõem a Gestão da Cadeia de Suprimentos (SCM), destacando-se as tecnologias de codificação de materiais, como o RFID. Esta última utiliza comunicações sem fio para leitura e compartilhamento de dados por meio de etiquetas rastreáveis, possibilitando o monitoramento e controle dos materiais na cadeia de suprimentos (MAÇADA; FELDENS; SANTOS, 2007).

Antes de explorar o RFID, é importante considerar a tecnologia da informação no contexto do Código de Barras, que, segundo Gurgel e Francischini (2013), consiste em um sistema de etiquetas padronizadas que facilita a identificação de produtos.

1.2 CÓDIGO DE BARRAS

Em 1952, Joseph Woodland e Bernard Silver obtiveram a primeira patente para a tecnologia de código de barras, descrevendo-a como uma classificação de artigos através de padrões. A IBM foi escolhida para desenvolver o código, liderada por George J. Laurer, resultando no UPC (*Universal Product Code*) formalmente aceito em 1973, composto por uma sequência de 12 dígitos. Posteriormente, surgiu o EAN (*European Article Numbering*) como uma melhoria do UPC, com 13 dígitos que incluem informações sobre o país de origem. No Japão, uma nomenclatura própria, JAN (*Japanese Article Numbering System*), foi adotada (MILIES, 2006).

1.2.1 Definição de Código de Barras e suas Vantagens

Para Paoleschi (2014), o código de barras é uma espécie de tradução dos números em barras, onde as mesmas podem ser lidas de forma automática por meio de sensores ópticos em processos automatizados. Gonçalves (2020) destaca que não só o código de barras, como todos os tipos de codificação de materiais tiveram uma grande evolução devido ao avanço tecnológico e a efetiva utilização dessas tecnologias. Essas mesmas tecnologias permitiram a troca do modelo de digitação dos códigos para a leitura óptica dos caracteres.

Segundo Paoleschi (2014), a utilização do código de barras faz com que a empresa tenha uma padronização na identificação de seus produtos e materiais, além de armazenar mais informações, ocupando menos espaço em comparação com uma etiqueta manual.

Gonçalves (2020) ressalta outros cinco benefícios da utilização do código de barras: O uso é simples, grande capacidade de leitura e coleta das informações, custo reduzido nas operações, a adoção do modelo é relativamente descomplicada e os aparelhos utilizados são consistentes na leitura dos dados.

1.2.2 Código de Barras e RFID

A principal diferença entre o RFID e o código de barras é a forma de como os dados são lidos: enquanto o código de barras necessita de um feixe de luz para captura de seus dados, o RFID se utiliza da radiofrequência para requisitar informações de uma etiqueta, a qual armazena informações sobre o que está identificando (ZANLOURENSI, 2011).

1.3 QR CODE

O QR *Code*, uma evolução do código de barras tradicional, foi concebido por Masahiro Hara em 1994, visando facilitar o controle de estoque. Ao contrário dos códigos de barras convencionais, os QR *Codes* podem ser lidos por câmeras de celulares e aplicativos, ampliando suas aplicações empresariais, como na identidade de marca e controle financeiro (PUCRS, 2021).

Enquanto o RFID utiliza ondas eletromagnéticas, permitindo leitura sem campo de visão e de várias etiquetas simultaneamente, o QR *Code* exige decifração óptica e leitura individual. Ambas as tecnologias têm custos acessíveis, mas o QR *Code*, com

custo menor de impressão, supera o RFID, que demanda etiquetas individuais por produto (SCHOVEIGERT; VAZ, 2017).

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para definir as diretrizes metodológicas, buscou-se orientação nos tipos de pesquisas existentes. Diniz e Silva (2008) destacam a pesquisa descritiva, que evidencia particularidades de um fenômeno, estabelecendo relações entre variáveis, sendo uma opção fundamental para o presente estudo.

2.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa científica inicia-se com a pesquisa bibliográfica, identificando trabalhos já publicados relevantes para analisar o tema. Sousa, Oliveira e Alves (2021) ressaltam que é primordial para construir a pesquisa científica, permitindo uma compreensão aprofundada do fenômeno em estudo. Fontes bibliográficas remotas, como livros, artigos e teses, foram utilizadas, considerando a conveniência do acesso digital (SOUSA; OLIVEIRA; ALVES, 2021).

2.2 ENTREVISTA

A entrevista foi escolhida como instrumento direto de obtenção de dados sobre empresas que lidam com a tecnologia RFID. Rocha et al. (2013) destacam o diálogo explícito entre entrevistador e entrevistado, tornando a entrevista um instrumento adequado para a pesquisa. As entrevistas foram conduzidas por videoconferência ou chamadas telefônicas, confrontando as informações com estudos consolidados ao final.

2.3 METODOLOGIA DO ESTUDO

A pesquisa consistiu na interpretação e análise de estudos sobre a implementação do RFID nas organizações. A pesquisa começou com um levantamento junto a empresas, seguido por uma argumentação teórica e interpretação dos resultados, abordando vantagens, desafios e impactos do RFID nos processos logísticos internos. O método adotado foi o estudo multicase, permitindo uma análise aprofundada de poucos objetos (YIN, 2001).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são apresentados os resultados relevantes em relação aos objetivos do estudo, abordando vantagens e desvantagens por meio da comparação de artigos em diferentes áreas. São evidenciados os pontos cruciais sobre a coleta de informações nas entrevistas com as empresas 1, 2, 3 e 4, todas envolvidas na comercialização da tecnologia RFID.

As entrevistas foram realizadas por meio de questionários, respondidos via *Google Meet* pelas empresas 2, 3 e 4, e por ligação telefônica pela empresa 1. Todas as empresas optaram pelo anonimato.

A Empresa 1, um e-commerce de soluções RFID, foi representada pelo proprietário. A Empresa 2, consultoria em tecnologia RFID, teve o Diretor Técnico como representante. A Empresa 3, especializada em Gestão Patrimonial e Sistemas para Gestão de Ativos, foi representada pelo Coordenador Comercial & IOT/RFID - Partner. A Empresa 4, desenvolvedora de soluções inovadoras em RFID e IoT, foi representada por Gláucia Gomes, especialista em RFID e IoT.

3.1 APLICAÇÃO DO RFID

A empresa 1 destaca o RFID UHF como tendência para ampla disseminação, especialmente em segurança aeroportuária e futuras cobranças de pedágio por KM rodado, ambas exigindo alcance de ondas de rádio a longa distância. A empresa 2 enfoca a perspectiva industrial, utilizando o RFID no controle de estoque, varejo, hospitalar e controle veicular, abrangendo desde rastreamento até operações de expedição de produtos acabados. A empresa 3 reflete sobre a comparação entre RFID e código de barras, sugerindo substituição. Destaca a eficiência aprimorada pela leitura simultânea com radiofrequência, proporcionando economia de tempo. A empresa 4 menciona ampla aplicação do RFID em universidades, na área da saúde, setor do varejo, indústrias, setor automotivo, entre outros. Destaca casos específicos, como controle de livros em universidades e pulseiras para controle de pacientes em hospitais.

3.2 PRINCIPAIS DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO RFID

A Empresa 1, devido à compra direta, não oferece mão de obra, gerando uma dinâmica de perguntas e respostas com a empresa adquirente. A empresa 2 destaca a dificuldade na integração do RFID com o ERP, acarretando custos de tempo e financeiros.

A empresa 3 integra o sistema de inventário patrimonial em ERPs existentes, evitando substituições. A empresa 4 destaca a falta de planejamento como desafio, enfatizando a importância da integração RFID-ERP. A integração é apontada por Oghazi et al. (2018) como crucial para o sucesso.

Empresas iniciantes buscam parcerias, enquanto a Empresa 1 pondera sobre organizações com sistemas implantados. Empresas imaturas são mais flexíveis, evitando sistemas “engessados”. A implementação do RFID ocorre quando os processos estão estruturados, e a dificuldade de entender camadas físicas e lógicas, segundo Passos, Araújo Filho e Travassos Júnior (2013), pode resultar em baixo retorno sobre o investimento, tornando o RFID um item de luxo.

3.3 PRODUTOS RELEVANTES PARA SEREM IDENTIFICADOS PELO RFID

A empresa 1 usa tecnologia de baixa frequência em cartões de acesso e alta frequência (NFC e UHF) para controle de estoques. Na empresa 2, produtos de maior valor recebem RFID, considerando a justificativa de custo. Em situações com produtos metálicos ou líquidos, a etiqueta específica para metais custa US\$1,99⁷. A empresa 3 foca em ativos imobilizados permanentes, enquanto a empresa 4 não respondeu. RFID possui várias aplicações, desde rastreamento de carga até implantes no corpo humano para ações cotidianas (LIMA; REIS; SILVA, 2022).

Determinar os materiais relevantes para RFID exige compreensão das frequências das ondas eletromagnéticas. Prediger, Freitas e Silveira (2014) ressaltam a importância de definir a frequência considerando normas, especificações e fatores físicos que impactam o desempenho do sistema, evitando interferências.

O QUADRO 1, conforme visto a seguir, aborda os aspectos referentes à aplicação de acordo com as respectivas frequências:

⁷ Custos dos componentes associados em moeda norte-americana. Cotação do dólar utilizado referente à data 20 de outubro de 2023, com valor expressado em R\$5,30 para cada US\$ 1.

QUADRO 1 — Frequências e Aplicações do RFID

Banda	Low Frequency - LF (baixa frequência)	High frequency - HF (alta frequência)	Ultra High Frequency - UFC (frequência ultra alta)	Microondas
Frequência usada no RFID	125 ou 135 KHz	13,56 MHz	433 MHz ou 860 a 960 MHz	2,45 ou 5,8 GHz
Alcance aproximado	Inferior a 0,5 metros	Até 1,5 metros	Até 100 metros	Até 30 metros
Velocidade de transferência	Inferior a 1 Kbit/s	Aproximadamente 25 Kbit/s	Aproximadamente 30 Kbit/s	Até 1 Mbit/s
áreas de aplicação	Identificação Animal, Controle de acesso. Identificação de veículos	Bagagem aérea, Smart cards, Livrarias, Bibliotecas, Controle de Acesso, Identificação de itens	Identificação de itens, Logística, Supply chain, Controle de estoques	Identificação de veículos em movimento, Portas automáticas

FONTE: Rei (2010, adaptado)

A eficiência do RFID, vinculada às frequências e aplicações, depende do material e setor específico da empresa (PREDIGER; FREITAS; SILVEIRA, 2014). Suas vantagens já impactam setores como indústria, varejo, logística, manufatura, área militar, saúde, farmacêutico e serviços, possibilitando rastreamento completo (SILVA JÚNIOR; MINADEO, 2018). O RFID, crucial nas organizações, destaca-se por precisão e agilidade como diferenciais competitivos.

Em áreas estratégicas, como entrega de produtos, o RFID mantém sua relevância, proporcionando qualidade e visibilidade (LIMA; REIS; SILVA, 2022). No entanto, a colisão de frequências, não mencionada pelas empresas, é uma desvantagem a ser considerada no projeto de sistemas RFID, conforme alerta Sorokin e Martins (2012).

3.4 GRAU DE DIFICULDADE PARA UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA PELOS OPERADORES

Apesar da falta de resposta da Empresa 1, não há consenso sobre a necessidade de treinamento para operadores na utilização da tecnologia. Caso seja necessário, a realização não precisa ser robusta, e é consenso que não há custos significativos

para produzir o treinamento. A Empresa 2 sugere capacitação remota, sem exigir especialização significativa para leitura e coleta de informações, enquanto a gravação e associação da *tag* ao produto são responsabilidade da empresa contratante. A Empresa 3 segue a mesma linha, sem detalhar o formato do treinamento ou as responsabilidades dos envolvidos.

Na perspectiva da Empresa 4, o gasto de tempo e esforço está ligado à implementação da tecnologia, causando desconforto inicial para o gestor e a equipe. Após esses movimentos, os operadores terão mais ganhos do que gastos, com a redução de atividades repetitivas. Conclui-se que há uma necessidade de treinamento, não altamente complexo, devido à natureza relativamente nova da tecnologia. O treinamento junto aos funcionários é crucial, especialmente com os “multiplicadores” na operação do RFID, para disseminar informações e reduzir resistência, otimizando o uso da tecnologia e amadurecendo o processo (MORETTI, 2017).

3.5 PRINCIPAIS CUSTOS ASSOCIADOS À IMPLANTAÇÃO DO RFID

Para a Empresa 1, a aquisição de um sistema RFID básico para controle de materiais envolve uma *tag* passiva, uma antena conectada a um módulo (ou um leitor portátil conectado a um ERP) e um sistema ERP próprio. A *tag* tem o custo típico de 1 real/etiqueta, podendo aumentar para *tags* em metal ou personalizadas. A antena custa US\$129,22, e o módulo, US\$89,46. A empresa 2 destaca atrativos financeiros para contratantes, considerando despesas pontuais, como paradas e melhorias. A empresa 3 apresenta custos monetários de *software*, *hardware* e *tags* (US\$0,10 a US\$0,20). Já a empresa 4 oferece soluções personalizadas, com custos variando de US\$1.998,07 a US\$19.880,72.

Quanto à manutenção, a empresa 4 assegura que seus equipamentos de alta qualidade requerem apenas atualização de *software*, com custo por *tag* de US\$0,05 a US\$0,06, incluindo impostos. Algumas organizações enfrentam desafios com custos proibitivos no uso da tecnologia RFID, e Moraes et al. (2022) propõem um projeto acessível com *Arduino Uno*, sensor RFID e *software* em *JAVA web*, resultando em um protótipo inicial de US\$53,73, sugerindo potencial sofisticação e redução significativa de custos comparado a importações.

3.6 GANHOS COM A IMPLANTAÇÃO DO RFID

A empresa 1 não forneceu resposta, mas as empresas 2 e 3 evidenciam benefícios substanciais com a adoção do RFID, aprimorando operações, automatizando processos e reduzindo custos negligenciados, como despesas com pessoal e paradas de produção. A empresa 4 reforça esses ganhos, destacando a eficiência superior em relação aos códigos de barras, acuracidade nos estoques e menor taxa de erros em atividades operacionais humanas. Essas melhorias liberam recursos para tarefas estratégicas, aumentando a produtividade e reduzindo custos com mão de obra.

4 CONCLUSÕES

Neste tópico será abordada a conclusão obtida de cada ponto tratado no capítulo 4, trazendo, através de quadros de resultado, o ponto de vista das empresas entrevistadas sobre a aplicabilidade do RFID, principais dificuldades na aplicação do RFID, produtos relevantes para serem identificados pelo RFID, dificuldade da aplicação da tecnologia, custos associados à implementação e possíveis ganhos com o uso do RFID.

4.1 APLICAÇÃO DO RFID

Neste capítulo, é possível observar através da ilustração do QUADRO 2, logo abaixo, a perspectiva das empresas entrevistadas neste presente estudo sobre diferentes áreas onde a tecnologia RFID pode ser aplicada.

QUADRO 2 — Resultado da aplicação do RFID

Empresas	Aplicação do RFID
Empresa 1	Segurança em aeroportos, esquema de troca de malas, futura cobrança por km rodado em pedágios
Empresa 2	Controle de estoque, setor de varejo, hospitalar, controle veicular, rastreamento, recebimento/armazenamento, operações de expedição
Empresa 3	Substituição do código de barras, leitura simultânea eficiência e economia de tempo
Empresa 4	Universidades, saúde, varejo, automotivo, controle de ativos imobilizados, inventário, controle de livros, pulseiras em pacientes, antifurtos, chegada de vendas, controle de processos industriais

FONTE: Os autores (2023)

Dessa forma, conclui-se que a tecnologia RFID oferece uma gama de benefícios em diferentes setores, conforme destacado no QUADRO 2. E para reforçar essas informações, tem-se o exemplo da área de vestuário, onde a tecnologia melhorou a organização de produtos nas prateleiras, otimizando a gestão de estoques. Em resumo, o RFID é uma tecnologia promissora, com potencial para melhorar a eficiência operacional em diversos setores (SILVA JÚNIOR; MINADEO, 2018).

4.2 PRINCIPAIS DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO RFID

No QUADRO 3, visto em seguida, é possível observar as principais dificuldades na implementação e aplicação do RFID, em um escopo generalista e através da perspectiva das empresas entrevistadas neste presente estudo.

QUADRO 3 — Resultado das principais dificuldades na implantação do RFID

Empresas	Principais dificuldades na aplicação do RFID
Empresa 1	A Empresa 1 não oferece mão de obra devido à compra direta, o que resulta em uma relação de perguntas e respostas com a empresa compradora. Além disso, a natureza do negócio não permite lidar com as necessidades específicas dos clientes
Empresa 2	A principal dificuldade da Empresa 2 está na interação do sistema RFID com seu ERP atual, o que acarreta custos significativos em termos de tempo e financeiros
Empresa 3	A empresa 3 integra o sistema de inventário patrimonial em ERP'S já existentes nas empresas, evitando a necessidade de substituição desses sistemas
Empresa 4	A Empresa 4 enfrenta dificuldades devido à falta de planejamento e projetos mal elaborados. Além disso, a falta de compreensão por parte dos gestores nos primeiros meses pode levar a conflitos e frustrações devido a expectativas não atendidas. A implementação do RFID é um desafio complexo, destacando a importância de consultoria e integração para adaptar a tecnologia às necessidades e processos da empresa. É fundamental integrar o software RFID ao ERP, permitindo a coleta e o tratamento de dados para análise dentro do sistema empresarial. Problemas também surgem na integração entre equipamentos e software RFID devido à falta de compatibilidade entre alguns softwares e hardwares no mercado

FONTE: Os autores (2023)

Nesse sentido, destaca-se a integração desafiadora do sistema RFID com o ERP da empresa e a importância de uma associação eficaz em todos os níveis, envolvendo departamentos internos, fornecedores, clientes e a cadeia de suprimentos. O texto também menciona que as empresas geralmente implementam o RFID quando seus processos estão estabelecidos. No entanto, empresas iniciantes têm mais flexibilidade para adotar a tecnologia, muitas vezes buscando parcerias com fornecedores de sistemas ERP. O desafio comum é o baixo retorno sobre o investimento, tornando o RFID uma opção de luxo em muitos casos.

4.3 PRODUTOS RELEVANTES PARA SEREM IDENTIFICADOS PELO RFID

No QUADRO 4, conforme visto abaixo, é possível verificar a relação entre cada empresa entrevistada e o resultado obtido para a pergunta acerca dos produtos que cada uma das organizações entende como sendo os mais relevantes para a utilização da tecnologia de rastreamento RFID.

QUADRO 4 — Resultado dos Produtos relevantes para serem identificados pelo RFID

Empresas	Produtos relevantes para serem identificados pelo RFID
Empresa 1	A empresa 1 usa diferentes tecnologias RFID para usos gerais
Empresa 2	Já a empresa 2 prefere etiquetas RFID em produtos com alto valor agregado, e traz considerações especiais para produtos metálicos ou líquidos devido ao custo da etiqueta
Empresa 3	A empresa 3 concentra-se em ativos imobilizados permanentes
Empresa 4	Por fim a empresa 4 não respondeu às questões levantadas

FONTE: Os autores (2023)

Existem vários tipos de *tags* de RFID com diversas aplicações, incluindo rastreamento de carga, controle de acesso e implantes no corpo humano para atividades diárias. A escolha dos materiais a serem identificados por RFID depende da compreensão das frequências das ondas eletromagnéticas e suas aplicações, o que é fundamental, pois normas, especificações e fatores físicos afetam o desempenho do sistema em termos de velocidade, alcance e interferências.

4.4 GRAU DE DIFICULDADE PARA UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA PELOS OPERADORES

A seguir, no QUADRO 5, observa-se o posicionamento das empresas entrevistadas no quesito da dificuldade de operacionalização e da necessidade de treinamento dos colaboradores para a correta utilização da tecnologia RFID.

QUADRO 5 — Resultado das principais dificuldades na utilização da tecnologia RFID

Empresas	Dificuldade na Utilização da Tecnologia.
Empresa 1	Não forneceu uma resposta clara sobre a necessidade de treinamento, mas sugeriu que, se necessário, o treinamento não precisa ser robusto e não geraria custos relevantes.
Empresa 2	Propõe a capacitação remota para os operadores e não requer um alto nível de especialização para a leitura e coleta de informações, com a responsabilidade da gravação e associação de tags aos produtos atribuída à empresa contratante.
Empresa 3	Segue uma abordagem semelhante à empresa 2, mas não entra em detalhes sobre a natureza do treinamento e as responsabilidades dos envolvidos.
Empresa 4	Enfatiza que o tempo e esforço estão relacionados à implementação da tecnologia, com a necessidade de movimentos que podem causar desconforto no início. No entanto, acredita que os operadores terão mais ganhos do que gastos devido à redução das atividades repetidas após a implementação.

FONTE: Os autores (2023)

Conforme o QUADRO 5, é possível concluir que as perspectivas das empresas apontam para a necessidade de treinamento para a utilização da tecnologia RFID, embora haja variações na abordagem. A capacitação é vista como crucial para lidar com uma tecnologia relativamente nova, com um foco na simplicidade do treinamento. Além disso, a importância de envolver a alta gerência e superar a resistência dos funcionários é reconhecida. Em resumo, o treinamento é um elemento-chave para a implementação bem-sucedida da tecnologia RFID.

4.5 CUSTOS APROXIMADOS

Considerando o contexto de custos aproximados, tem-se os seguintes valores, junto a cada componente necessário para a implementação do RFID. Conforme a ilustração do QUADRO 6:

QUADRO 6 — Resultado de custo aproximado da aplicação do RFID

Empresas	Componentes	Custo Aproximado
Empresa 1	Tag, Antena, Módulo, ERP	Tag: R\$1/etiqueta; Antena : U\$129,22; Módulo: U\$89,46
Empresa 2	Equipamentos, Tags	Tags: U\$0,10 A U\$0,20
Empresa 3	Software, Coletor de Dados (com Antena), Tags	Não especificado
Empresa 4	Projetos Customizado	Base de U\$1.998,07 A U\$19.880,72; Manutenção: U\$0,05 a U\$0,06 (incluindo impostos)

FONTE: Os autores (2023)

O QUADRO 6 resume os custos da implementação do RFID em empresas, com *insights* de quatro empresas distintas. A empresa 1 destaca componentes como *tags*, antenas e sistemas ERP, com custos variáveis. A empresa 2 enfoca custos diretos de equipamentos e *tags*, além dos custos indiretos ligados à eficiência operacional. A empresa 3 detalha custos monetários específicos, incluindo *software*, *hardware* e *tags*. A empresa 4 destaca a customização, dificultando a estipulação de valores fixos, mas enfatiza a durabilidade de equipamentos de alta qualidade. Propostas de redução de custos são mencionadas, destacando a necessidade de inovação. A conclusão ressalta avaliar não apenas custos diretos, mas também indiretos, e considerar soluções criativas para tornar a adoção do RFID financeiramente viável e eficaz.

4.6 GANHOS POSSÍVEIS COM A TECNOLOGIA

Observando as vantagens práticas da implementação do RFID, observa-se os seguintes ganhos, apresentados conforme a ilustração do QUADRO 7:

QUADRO 7 — Resultado dos ganhos possíveis com a tecnologia RFID

Empresas	Ganhos possíveis com a tecnologia
Empresa 1	Sem resposta
Empresa 2	Otimização das operações com a simplificação e automatização dos processos trazendo redução de tempo, maior assertividade na coleta e armazenamento dos dados, bem como maior controle das operações e trazendo redução de custos que na maioria das vezes ficam escondidos na chamada “base do iceberg” como custos com pessoal para fazer processos extremamente manuais, paradas de produção para inventário e custo de retorno de materiais encaminhados incorretamente ao cliente, dentre outros
Empresa 3	Em suma, a eficiência é melhorada na questão da economia de tempo e eficiência operacional
Empresa 4	Ganhos no que diz a otimização dos processos, como a maior velocidade de leitura, sem precisar “bipar” item a item em comparação ao código de barras, melhor acuracidade nos estoques e menor percentual de erro no que diz respeito a atividades operacionais que são feitas por humanos como: conferência errada de materiais, separação e entrega de produtos; Tudo isso desonerando trabalhos repetitivos e trazendo os trabalhadores para atividade mais estratégicas e gerando maior produtividade por conta da velocidade e menos custo com mão de obra para processos manuais

FONTE: Os autores (2023)

Como complemento apresenta-se o setor do varejo onde foi implementada a tecnologia, mais precisamente o Grupo Pão de Açúcar, e de acordo com Júnior e Minadeo (2018), constatou-se que o RFID não se adequa a metal e nem com líquido no vidro, como por exemplo vinhos. Dessa forma, precisou-se adaptar o sistema com os produtos específicos na empresa, afetando os ganhos com a implementação do sistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Adentrando nas considerações finais, conforme observado através da presente pesquisa, destacam-se as diversas aplicações da tecnologia RFID, evidenciadas no QUADRO 2, com vantagens significativas, mas também desvantagens que podem impactar a lucratividade do projeto se não forem consideradas adequadamente. Os QUADROS 3, 4, 5 e 6 ressaltam a importância da atenção a detalhes, como a integração com sistemas ERP, o material rastreado, o treinamento e o financiamento a longo prazo, considerando o retorno financeiro gradual.

Ao analisar a viabilidade, o QUADRO 7 destaca ganhos substanciais, desde a eficiência nos processos até o controle aprimorado da produção por meio da gestão de dados. Para pesquisadores interessados em desenvolver trabalhos futuros, sugere-se explorar temas como a economia de escala na implementação do RFID em fornecedores da Cadeia de Suprimentos, o uso do RFID para controle de embalagens retornáveis, a identificação de perdas ocultas após a implementação e a tendência de expansão da tecnologia na segurança aeroportuária e na cobrança por quilômetro rodado em rodovias.

REFERÊNCIAS

- ANDRELO JUNIOR, J. **RFID – identificação por radiofrequência**. 2007. Monografia (Especialização em Informática Para Gestão de Negócios) — Faculdade de Tecnologia de Praia Grande, Praia Grande, 2007. Disponível em: <https://www.monografias.com/pt/trabalhos3/rfid-identificacao-radiofrequencia/rfid-identificacao-radiofrequencia.shtml>. Acesso em: 11 maio 2023.
- ASHTON, K. **That ‘Internet of Things’ Thing**. 2010. Disponível em: <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>. Acesso em: 11 maio 2023.
- BARDAKI, C.; KOUROUTHANASSIS, P.; PRAMATARI, K. Deploying RFID-enabled services in the retail supply chain: lessons learned toward the internet of things. **Taylor & Francis Online**, 03 jul. 2012. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10580530.2012.687317>. Acesso em: 10 maio 2023.
- BOWERSOX, D. J. et al. **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- DINIZ, C. R.; SILVA, I. B. Tipos de métodos e sua aplicação. In: DINIZ, C. R.; SILVA, I. B. **Metodologia científica**. Campina Grande; Natal: UEPB/UFRN - EDUEP, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1122395-Metodologia-cientifica-d-i-s-c-i-p-l-i-n-a-tipos-de-metodos-e-sua-aplicacao-autoras-celia-regina-diniz-iolanda-barbosa-da-silva.html>. Acesso em: 10 maio 2023.
- GLOVER, B.; BHATT, H. **RFID Essentials**. Sebastopol: O’Reilly Media, 2006. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=cKKZoH48D4cC&oi=fnd&pg=PR1&dq=GLOVER,+B.%3B+BHATT,+H.+RFID+essentials:+theory+in+practice.&ots=6DdxMIGUGi&sig=LuXCdUg_caajIAAGvD27QL9KuJo#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 11 maio 2023.
- GONÇALVES, P. S. **Administração de materiais**. 6. ed. rev. e atual. São Paulo: Atlas, 2020.
- GURGEL, F. A.; FRANCISCHINI, P. G. **Administração dos materiais e do patrimônio**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2013.
- LANDT, J. **Shrouds of time: the story of RFID**. Pittsburgh: AIM, 2001. Disponível em: <https://transcore.com/wp-content/uploads/2017/01/History-of-RFID-White-Paper.pdf>. Acesso em: 11 maio 2023.
- LIMA, E. S. M.; REIS, L. S.; SILVA, T. R. Como se dá a aplicação de RFID como solução para centros de distribuição. In: FATECLOG, 13., 2022, Mauá. **Anais [...]**, Mauá, 2022. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2022/657-1138-1-RV.pdf>. Acesso em: 12 out. 2023.
- MAÇADA, A. C. G.; FELDENS, L. F.; SANTOS, A. M. Impacto da tecnologia da informação na gestão das cadeias de suprimentos: um estudo de casos múltiplos. **Gestão & Produção**, v. 14, n. 1, p. 1-12, jan./abr. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/m8Xzv59yc7J3NKzYNx6jfdP/?lang=pt#>. Acesso em: 11 maio 2023.
- MILIES, C. P. **A matemática dos códigos de barras**. 2006. Disponível em: <https://ime.ufg.br/bienal/2006/mini/polcino.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- MORETTI, E. A. **Estudos das dificuldades observadas na implantação de sistema RFID**. 2017. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017. Disponível em: https://iopjournal.com.br/wp-content/uploads/2019/09/unicamp_moretti.pdf. Acesso em: 30 out. 2023.

NOGUEIRA FILHO, C. C. C. **Tecnologia RFID aplicada à logística**. 2006. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/est_conteudo.php?nrSeq=7642@1. Acesso em: 20 abr. 2023.

OGHAZI, P. et al. RFID and ERP systems in supply chain management. **European Journal of Management and Business Economics**, v. 27, n. 2, p. 171-182, 2018. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/EJMBE-02-2018-0031/full/pdf?title=rfid-and-erp-systems-in-supply-chain-management>. Acesso em 30 out. 2023.

PAOLESCHI, B. **Estoques e armazenagem**. São Paulo: Érica, 2014.

PASSOS, F. U.; ARAÚJO FILHO, F. W. C.; TRAVASSOS JÚNIOR, X. L. Desenvolvimento de uma metodologia de integração da tecnologia RFID para a cadeia de suprimentos das empresas montadoras de microcomputadores no pólo de informática de Ilhéus/BA. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 571-592, 2013. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/1193/1098>. Acesso em: 30 out. 2023.

PREDIGER, D.; FREITAS, E. P.; SILVEIRA, S. R. **Modelo de aplicabilidade de sistema RFID para rastreabilidade na indústria alimentícia**. 2014. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/333/2018/11/ModelodeAplicabilidadedeSistemaRFIDparaRastreabilidadeena_Ind%C3%BAstriaAliment%C3%ADcia.pdf. Acesso em: 20 out. 2023.

QR CODE: entenda os benefícios dessa aplicação. **PUCRS**, 2021. Disponível em: <https://online.pucrs.br/blog/public/qr-code-entenda-os-beneficios-dessa-aplicacao>. Acesso em: 27 mar. 2023.

REI, J. **RFID versus código de barras da produção à grande distribuição**. 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) — Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58411/1/000147425.pdf>. Acesso em: 21 out. 2023.

ROCHA, D. **A opção por um espaço discursivo de análise**: questões metodológicas. Rio de Janeiro: Lucerna, 2013.

SCHOVEIGERT, I. D.; VAZ, M. S. M. G. O uso de QR code e RFID na rastreabilidade de produtos. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA, 1., 2017, Ponta Grossa. **Anais [...]**, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <https://docplayer.com.br/63530848-O-uso-de-qr-code-e-rfid-na-rastreabilidade-de-produtos.html>. Acesso em 03 abr. 2023.

SILVA JÚNIOR, E.; MINADEO, R. Sistema RFID: vantagens e desvantagens observadas na implementação em estudos de casos. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., 2018, Bauru. **Anais [...]**, Bauru, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Minadeo/publication/329921526_SISTEMA_RFID_VANTAGENS_E_DESVANTAGENS_OBSERVADAS_NA_IMPLMENTACAO_EM_ESTUDOS_DE_CASOS/links/5c2381d7a6fdccfc706a2556/SISTEMA-RFID-VANTAGENS-E-DESVANTAGENS-OBSERVADAS-NA-IMPLEMENTACAO-EM-ESTUDOS-DE-CASOS.pdf. Acesso em: 01 out. 2023.

SOROKIN, J. L.; MARTINS, F. P. R. Um ambiente de simulação de algoritmos anticolisão para apoio ao desenvolvimento de aplicações de RFID. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 58-71, out. 2012. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/rbca/article/view/2233/1876>. Acesso em: 10 out. 2023.

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da Fucamp**, v. 20, n. 43, p. 64-83, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2336/1441>. Acesso em: 24 abr. 2023.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZANLOURENSI, L. G. **Identificação por rádio frequência - RFID**. 2011. 61 f. Monografia (Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19986/2/CT_TELEINFO_XIX_2011_14.pdf. Acesso em: 20 abr. 2023.