

Mais Valor, Menos Custo: Desenvolvimento de TAG RFID Sustentável para Aplicações no Varejo

More Value, Less Cost: Development of Sustainable RFID TAG for Retail Applications

Nelly Heine Marques Cordeiro¹ , Mariana Miranda Vaz², Caique Gustavo Handoha Vendramin³, Marcelo Alexandre Cordeiro⁴

Autor correspondente: Nelly Heine Marques Cordeiro

E-mail:
nelly.marques@grupointegrado.com

Declaração de Interesses: Os autores certificam que não têm nenhum interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em conexão com o manuscrito.

A redução de custos e o aumento da performance de novos produtos no mercado podem ser alcançadas por meio de uma série de ações estratégicas e inovadoras que apoiam a gestão de novos projetos. Este estudo apresenta o fluxo e processo de pesquisa e desenvolvimento, aplicando redução de custos e apelo sustentável como barreira desafiadora do projeto. A partir disso, o propósito do estudo foi desenvolver um novo modelo de TAG RFID (*Radio Frequency Identification*) para aplicação em varejo visando dar respostas a essa questão da pesquisa por meio de análises técnicas, protótipos e lote piloto em uma escala maior de produção. Com a proposta de desenvolvimento, foi viabilizada uma redução de custos de aproximadamente 13% em comparação ao produto já disponível no mercado.

Palavras-chave: Pesquisa e desenvolvimento. Produtos. Inovação. Sustentabilidade. Redução de custos.

Reducing costs and increasing the performance of new products on the market can be achieved through a series of strategic and innovative actions that support the management of new projects. This study presents the research and development flow and process, applying cost reduction and sustainable appeal as the project's challenging barrier. From this, the purpose of the study was to develop a new RFID TAG (Radio Frequency Identification) model for application in retail, aiming to provide answers to this research question through technical analyses, prototypes and pilot batches on a larger production scale. With the development proposal, a cost reduction of approximately 13% was made possible compared to the product already available on the market.

Keywords: Research and development. Products. Innovation. Sustainability. Cost reduction.

¹ Centro Universitário Integrado, Paraná, Brasil.

² Centro Universitário Integrado, Paraná, Brasil.

³ Centro Universitário Integrado, Paraná, Brasil.

⁴ Centro Universitário Integrado, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

A gestão eficiente de estoques e a acurácia de informações em tempo real constituem vantagens competitivas fundamentais para o setor varejista, segmento que responde por aproximadamente 10% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (Guidolin; Costa; Nunes, 2009). Nesse cenário, a tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID) consolidou-se como ferramenta central para otimizar processos logísticos, mitigar rupturas e automatizar a captura de dados sem a necessidade de linha de visão direta (Oliveira; Pereira, 2006; Puhlmann, 2015; Monteiro et al., 2022). No entanto, a expansão do uso de RFID em larga escala esbarra em barreiras críticas: os elevados custos de fabricação e os passivos ambientais associados ao descarte de polímeros não biodegradáveis, como o Poli(tereftalato de etileno) (PET), além dos processos tradicionais de corrosão química do alumínio (Romão; Spinacé; Paoli, 2009; Souza; Torres; Filho, 2013).

Paralelamente, as exigências de mercado e as pressões regulatórias tornam imperativa a integração de preceitos de sustentabilidade ao desenvolvimento de novos produtos (DNP), transformando restrições ecológicas em diferenciais estratégicos de competitividade e redução de riscos (Pinsky; Dias; Kruglianskas, 2013). Embora a literatura aponte a relevância de alinhar inovação tecnológica, eficiência produtiva e apelo ambiental (Carvalho; Silvestre; Cunningham, 2017), ainda são escassos os trabalhos que demonstram de forma empírica a viabilidade técnica e econômica da substituição de substratos plásticos por papel em etiquetas RFID destinadas ao varejo.

Diante desse contexto, o presente estudo endereça a seguinte questão de pesquisa: Será viável reduzir os custos de fabricação de uma etiqueta RFID para o comércio varejista substituindo a antena convencional em PET por uma solução em papel, sem comprometer a eficiência técnica e com benefícios ambientais mensuráveis?

Para responder a essa indagação, o objetivo geral deste estudo é desenvolver, fabricar e validar técnica e economicamente um novo modelo de TAG RFID sustentável para aplicações no varejo. Como objetivos específicos, destacam-se: (i) Redesenhar o dimensional da antena e o layout da etiqueta para otimizar o consumo de matéria-prima (Nylon e substratos celulósicos); (ii) Conduzir análises de custos comparativos e simulações de ganho de produtividade em ambiente fabril; e (iii) Avaliar o desempenho prático do produto por meio da execução de protótipos e de um lote piloto industrial em larga escala.

Espera-se, com esta pesquisa, fornecer ao setor varejista e à indústria de conversão uma alternativa inovadora e ecologicamente eficiente, capaz de conciliar o rigor de performance operacional com metas corporativas de sustentabilidade e redução de custos.

SUSTENTABILIDADE NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Observa-se que os avanços tecnológicos impulsionam o aumento da concorrência em todos os setores industriais, juntamente com a necessidade de fornecer serviços de alta qualidade para atender às demandas dos consumidores. Essa dinâmica tem gerado debates sobre como posicionar as empresas em um ambiente altamente dinâmico e competitivo. Com isso, os tempos de produção aceleram, o que aumenta o consumo e transforma o mundo em um ambiente de imediatismo e descartáveis, no entanto, essa tendência tem se mostrado prejudicial ao planeta e sua população (Shibao; Moori; Santos, 2010).

Diante desse cenário, a sustentabilidade vem sendo cada vez mais discutida, não somente por órgãos governamentais, mas também pelo público em geral. A mudança de paradigma em direção ao pensamento sustentável também se reflete nas organizações com iniciativas para o desenvolvimento sustentável, que busca equiparar o progresso econômico e social com a preservação ambiental (Romeiro, 2003).

Nesse contexto, Carvalho, Silvestre e Cunningham (2017) destacam as crescentes preocupações das empresas sobre a inovação de produtos mais sustentáveis, por exemplo, utilizando menor carga de energia para produzir esses produtos ou substituições de matérias-primas nocivas ao meio ambiente, possibilitando a sua reciclagem.

No entanto, o uso extensivo de plásticos, como o PET, trouxe desafios ambientais significativos. De acordo com Souza, Torres e Filho, (2013), com a introdução do PET no setor de embalagens plásticas, um grande problema ambiental surgiu, relacionado aos enormes volumes deste material que são descartados diariamente. Além disso, polímeros, como mencionado por Romão, Spinacé e Paoli (2009), têm uma taxa de degradação lenta, contribuindo para a acumulação desses materiais em aterros sanitários e causando impactos ambientais.

Desta forma, a redução do uso de plástico no desenvolvimento de novos produtos é fundamental para mitigar os impactos ambientais prejudiciais associados ao descarte inadequado desses materiais. Com a crescente conscientização ambiental surgem demandas por soluções sustentáveis, o que força as empresas a reavaliarem suas práticas, pois segundo Pinsky, Dias e Kruglianskas (2013), empresas inovadoras estão enxergando as questões de sustentabilidade não apenas como desafios, mas sim como oportunidades estratégicas para a redução de riscos e o estabelecimento de uma vantagem competitiva significativa.

Kahn et al. (2012 apud Cruz, et al., 2022, p. 128-131), apresentam um esquema conceitual para o desenvolvimento de novos produtos sustentáveis, sendo que no Quadro 1 são apresentadas dimensões relevantes para o desenvolvimento sustentável, com suas respectivas definições e pontos-chaves para o desenvolvimento de uma TAG sustentável.

Quadro 1 – Definição das dimensões para o desenvolvimento da TAG RFID sustentável.

Dimensão	Definição	Autores
Estratégia	A estratégia para o desenvolvimento de novos produtos é algo fundamental, exigindo a vinculação de metas específicas aos objetivos gerais do negócio, sendo essencial estabelecer critérios estratégicos derivados da visão global da empresa para guiar a pesquisa, desenvolvimento e gestão de novos produtos. Uma estratégia eficaz implica no gerenciamento de tecnologia e a direção dos esforços de desenvolvimento de produtos em diferentes níveis de projetos incluindo identificação, priorização, seleção e alocação de recursos.	Booz, Allen, Hamilton, (1982 apud Bhuiyan, 2011); Cooper, Edgett, Kleinschmidt, (2004); Kanh et al. (2012 apud Cruz et al., 2022).
Processo de Pesquisa e Desenvolvimento	O desenvolvimento de novos produtos, é algo essencial para as indústrias se manterem competitivas, sendo que o conceito de desenvolvimento de novos produtos é relacionado a identificação das oportunidades de mercado e a evolução de ideias (até ao lançamento do produto), além de reunir atividades, como a identificação dos requisitos, desenvolvimento e teste de protótipo de produto, busca de fornecedores, planejamento dos processos e fluxos produtivos, cadeia de fornecimento, estratégias de marketing, entre outras. É destacado ainda que o compartilhamento eficaz de conhecimento é fundamental para a vantagem competitiva, pois assim a qualidade e rapidez tendem a serem maiores, adiantando o lançamento do produto. No contexto dessas práticas diversos fatores de sucesso são identificados, incluindo objetivos claros, cooperação da equipe, gerenciamento, aprendizado contínuo e envolvimento da engenharia.	Kahn et al. (2012 Apud Cruz et al., 2022); Cooper e Edgett (2005); Gao e Bernard (2017); Soltész e Berényi (2021), Wang et al. (2012).
RFID	O RFID (Radio Frequency Identification) é uma tecnologia de rádio de curto alcance que utiliza diversas frequências para a comunicação entre etiquetas e leitores operando principalmente com informações digitais entre uma localização estacionária de um objeto ou vários objetos móveis. Essa tecnologia desempenha uma importante função em diversas indústrias, oferecendo soluções inovadoras e versáteis, abrangendo diversas áreas como gestão da cadeia de suprimentos, sistemas de controle de acesso, segurança e rastreamento de objetos e pessoas. Um dos grandes feitos do sistema RFID é a precisão no controle de estoque, verificando que essa é a opção mais eficaz para alcançar a acuracidade dos estoques em comparação com o WMS. Isso se deve à ausência de interferência do operador, o que reduz os erros no controle de estoque de produtos acabados. Outra vantagem do sistema RFID é a capacidade de executar automaticamente uma ordem de compra, resultando em um excelente nível de serviço ao cliente. O indicador é responsável por interligar a demanda e minimizar os custos associados ao estoque elevado, além de considerar o tempo de entrega (lead time) a fim de reduzir a necessidade de inventário nas lojas.	Weinstein (2005); Landt (2005); Hunt, Puglia e Puglia (2007); Monteiro et al. (2022).

Custos	O investimento em pesquisa e desenvolvimento é um fator determinante para as empresas adquirirem vantagem competitiva, sendo que o início das etapas de desenvolvimento de novos produtos é um momento cercado por incertezas, porém, sendo a parte mais importante. É no início que mudanças no projeto devem ser efetuadas já que essa fase abrange materiais, conceitos e processos de fabricação acarretando cerca de 85% do custo final do desenvolvimento do produto, ou seja, se efetuadas as mudanças no início, isso implicaria em um custo menor, pois é fato que as empresas, em média alocam 12,1% dos custos totais do projeto nas fases iniciais, mas o resultado recai na qualidade do trabalho executado. Uma estratégia para a redução de custos e tempo de desenvolvimento é a integração de fornecedores, pois assim se constrói um relacionamento com comunicação eficaz com possíveis colaborações na fase inicial de desenvolvimento.	Ferreira et al. (2006); Cooper, Kleinschmidt (2007); Cooper, Edgett, Kleinschmidt (2005); Ragatz, Handfield e Scannell (1997).
Comercialização	Para se obter sucesso nesse processo, é preciso haver sincronização entre produção, marketing e distribuição, exigindo uma revisão constante dos requisitos de venda e suporte ao cliente. É importante a colaboração dessas áreas, pois o marketing pode ser responsável por comunicar as demandas dos clientes, enquanto o P&D é responsável por transformar ideias em produtos. Essa colaboração é alimentada pelo feedback desses clientes e pela coleta de informações durante o desenvolvimento. O setor varejista é parte integrante da atividade empresarial, respondendo por aproximadamente 10% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Essas atividades incluem a venda de produtos para consumidores finais, geralmente em pequenas quantidades, para uso pessoal e não comercial. Devido à grande concorrência neste setor, é preciso dispor de vantagens competitivas para se destacar no varejo, pois percebe-se que o segmento requer a adoção de tecnologias de informação avançadas e a constante atualização de práticas administrativas.	Anjoran (2018 apud Cruz 2022); Bhuiyan, (2011); UKEssays, (2018); Guidolin, Costa e Nunes (2009), Xavier (2005).
Sustentabilidade	É importante integrar o conceito de desenvolvimento sustentável no sistema econômico, pois as pressões ambientais e governamentais sobre as empresas levam às mesmas a adotarem fontes de energia menos poluentes e a investirem em tecnologias mais eficientes. O desenvolvimento de novos produtos sustentáveis exige recursos extras em pesquisa e desenvolvimento como por exemplo, a análise do ciclo de vida e implementação de novas redes como a de logística reversa, porém se as normas ambientais forem bem estruturadas, podem impulsionar inovações que além de reduzirem custos podem melhorar o valor do produto, com redução de matéria prima, mão de obra e energia, tornando as empresas mais competitivas.	Costanza (1991); Tiwari et al. (2015 apud Jugend e Figueiredo 2017); Dangelico et al. (2013 Apud Cruz et al. 2022); Porter e Linde (1995).

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de Kahn et al. (2012) apud Cruz et al. (2022).

Desta forma, nota-se a importância das dimensões elencadas no desenvolvimento de produtos sustentáveis com tecnologia RFID, pois como afirma Costanza (1991), é preciso buscar novas alternativas para o sistema produtivo, sendo o desenvolvimento sustentável uma necessidade no atual contexto industrial.

MÉTODO

Do ponto de vista metodológico, este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada de natureza descritiva e exploratória, fundamentada na gestão de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

O delineamento da pesquisa foi estruturado em quatro fases sequenciais: (i) fase exploratória, voltada à abertura do projeto, definição de escopo e avaliação técnica preliminar; (ii) fase de planejamento e prototipagem, focada no estudo de matérias-primas, dimensionamento de ferramentais e fabricação do primeiro lote de protótipos; (iii) lote piloto, direcionado à simulação produtiva em escala representativa e análise de estabilidade fabril; e (iv) fase de avaliação, dedicada às validações finais, homologação e transferência para a produção comercial. Para assegurar a robustez técnica, o desempenho da nova TAG sustentável com antena em papel (42 x 16 mm) foi validado de forma comparativa à TAG convencional em PET (70 x 14 mm), fundamentando-se em três critérios estruturados:

Taxa e alcance de leitura: verificação da eficiência de comunicação na banda UHF (860-960 MHz), garantindo alcance operacional superior a 1 metro, compatível com os padrões exigidos no controle logístico e de inventário no varejo.

Resistência mecânica e térmica: avaliação do comportamento do substrato de Nylon (frontal e verso) e da espessura do papel estrutural (74 μm), submetendo o produto a testes de flexão, dobras e suporte a variações térmicas e de umidade típicas do manuseio de vestuário.

Desempenho em impressoras térmicas de dados variáveis: validação da integridade de impressão (códigos de barras, preços e QR Codes) e da eficácia do posicionamento do gap e da tarja preta (black mark), assegurando o alinhamento e o destaque correto das unidades sem falhas de sensores nas impressoras dos clientes.

Desta forma, os métodos foram direcionados para a realização da pesquisa de forma a obter os dados necessários para o desenvolvimento do estudo e atender aos objetivos iniciais propostos para o desenvolvimento do produto em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão demonstradas as respectivas tarefas detalhadas com as metodologias citadas de forma a atingir os resultados necessários para o desenvolvimento do produto.

Fase Exploratória: Abertura e gerenciamento do projeto e avaliação técnica

Com o processo definido e os objetivos claros, o primeiro passo foi iniciar a gestão do projeto. Um fluxo de Pesquisa e Desenvolvimento envolve a concepção da ideia ou pesquisa, a análise de viabilidade, aquisições ou fabricação de tecnologias e inovações, o desenvolvimento do produto, os testes, lotes pilotos, fabricação do produto ou transferência da tecnologia e, por fim, a comercialização do produto no mercado.

A ferramenta de gestão de projetos contém informações do desenvolvimento, como: número, nome e descrição do projeto, etapa em andamento e seu respectivo status, prioridade, gerente do projeto, cliente, horizonte de inovação, comentários das tarefas, apelo de sustentabilidade e linha de produto.

A esta ferramenta de gestão, foi proposto o gerenciamento das tarefas necessárias para o desenvolvimento da pesquisa, trazendo para a pesquisa um conhecimento mais profundo dos prazos que se espera concluir cada tarefa comparado ao prazo que realmente foi possível finalizá-las e ainda visualizar o encaminhamento de cada ação do projeto. Para estes casos, uma gestão eficiente é de extrema importância para garantir planejamento, clareza e resultados na pesquisa envolvida.

Em seguida, foi dado início a avaliação técnica do desenvolvimento para o caso em questão, onde deveriam ser realizadas as comparações da TAG atual de 100 x 30.691 mm *versus* o desenvolvimento proposto na TAG de 65x25.4mm. Este novo dimensional foi definido para obter redução em matéria-prima e respectivamente em custos. Mas, para seguir com a definição de dimensional, foi validado por meio do que o mercado atual está acostumado a adquirir para diversas aplicações, sendo que um dos desafios para o desenvolvimento foi atender as especificações de materiais como o frontal e verso da TAG, o layout de impressão de dados variáveis no frontal da TAG, como código, tamanho e modelo da peça, código de barras e QR Code, como representado no Quadro 2.

TAG Atual	TAG em Desenvolvimento
	

Figura 3: Comparativo de layout de impressão das TAGs.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A redução do dimensional do produto não alterou as informações do produto que são indispensáveis no varejo, deste modo os dados de impressão foram reposicionados na região do novo dimensional, sendo capaz de mantê-los sem alteração, conforme o esperado. Já para a estrutura da TAG, como frontal e verso, foram mantidos os materiais já fornecidos no produto de mercado, para que fosse possível atingir as mesmas especificações, necessidades e tolerâncias da aplicação de uso final.

Com o dimensional definido, foi dado início a análise crítica do projeto, por meio da identificação dos riscos envolvidos, sendo consideradas todas as características e materiais definidos para o projeto, previsão de lançamento e demais informações relacionadas à pesquisa na fase de introdução.

Na etapa de análise de custo do desenvolvimento, foram verificadas todas as necessidades para elaboração dele, como utilização de maquinário, hora-homem, hora do pesquisador, matérias-primas e ferramentais. Os custos para cada processo foram definidos de forma genérica comparado aos valores atualizados por GGF (gastos gerais de fabricação) unitário da fábrica onde foi realizada a pesquisa e seus fornecedores.

Para alcançar o custo do desenvolvimento, foi estabelecido uma quantidade mínima padrão de aproximadamente 10.000 unidades de TAGs para este cálculo, considerando a fase de protótipo do produto. Esta quantidade pode variar de acordo com cada produto, portanto, este cálculo se trata de um custo aproximado do que se espera obter durante o processo de desenvolvimento. Deste modo, foi realizada a multiplicação do custo de cada processo, matéria-prima e de ferramental com a quantidade de TAGs definida, após isso foi realizada a soma destes custos, alcançando então, o custo final para o desenvolvimento de aproximadamente R\$41.503,00. A Tabela 1 representa o custo final obtido, considerando todas as características citadas.

Tabela 1: Estimativa de custo de desenvolvimento

ESTIMATIVA DE CUSTO DE DESENVOLVIMENTO	
Quantidade mínima por teste: 10000	TAG 65x25.4MM NY+NY ECO
TIPO DE GASTO	CUSTO
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO	R\$ 41.503
CUSTO TOTAL DESENVOLVIMENTO	R\$ 41.503

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A análise de custo comparativa do produto já produzido em relação ao novo desenvolvimento teve como propósito apresentar um cálculo com os custos de maquinário, matéria-prima, dimensional do produto, quantidade de TAGs por tubete e por caixa para sua expedição, sendo que a partir deste custo final foi possível visualizar a redução de custos obtida de um produto para o outro.

Portanto, a análise contempla a estrutura atual no dimensional 100x30.691 mm com antena UHF em PET e a estrutura proposta para a pesquisa no dimensional 65x25.40 mm com antena UHF em papel. Ambas estruturas apresentam todas as matérias-primas necessárias para sua fabricação, como, frontal, verso, adesivo, antena, chip, caixa, e tubete para expedição. Cabe ressaltar, que estes cálculos foram realizados considerando o GGF (Gastos Gerais de Fabricação) industrial da companhia.

O cálculo para obtenção do custo de cada matéria-prima foi multiplicado com sua respectiva quantidade necessária para obter a estrutura final do produto. Estes valores foram alcançados por meio das cotações da companhia de estudo da pesquisa, sendo que a partir disso, foram considerados a estes respectivos valores, a soma do custo do GGF de cada processo de fabricação, sendo eles, *inlay*, conversão, revisão, embalagem e expedição da TAG, chegando aos custos gerenciais.

Para chegar ao valor de perda de cada produto, foi considerada a soma do custo de todas as matérias primas multiplicado pela perda padrão caracterizada pela empresa, sendo esta de aproximadamente 5%.

A partir disso, foi possível chegar aos custos finais do produto, sendo eles contábil e gerencial. O custo final contábil se trata da soma da estrutura total do produto, ou seja, os custos obtidos com os valores e quantidades de cada matéria prima utilizada na estrutura, somando com o custo de perda mais o GGF total contábil da empresa. O custo gerencial é composto pela soma dos custos gerenciais de todos os processos de fabricação, tratando-se do *inlay* até a expedição do produto.

Por fim, através da equação (1), foi realizado o cálculo para visualizar a redução do custo da TAG desenvolvida se comparada a TAG de mercado. Este cálculo foi alcançado por meio da subtração do custo inicial pelo custo final, a partir disso, foi realizada a divisão do resultado da subtração pelo custo inicial, com este valor então, foi feita a multiplicação por 100 para obter o resultado em porcentagem para melhor entendimento da redução, sendo representado da seguinte forma:

$$\% \text{ Redução} = (\text{custo inicial} - \text{custo final}) / (\text{custo inicial}) \times 100 \quad (1)$$

Tabela 2: Análise de custos finais do produto atual *versus* desenvolvimento

ANÁLISE DE CUSTOS				
		ATUAL		DESENVOLVIMENTO
		TAG RFID 100x30.691MM NY/NY PET		TAG RFID 65x25.4MM NY/NY ECO
CUSTO FINAL DO PRODUTO	CONTÁBIL	R\$	129,88	R\$ 115,26
CUSTO FINAL DO PRODUTO	GERENCIAL	R\$	128,83	R\$ 112,53
REDUÇÃO NO CUSTO	CUSTO GERENCIAL/ESTRUTURA ATUAL			-13%

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na Tabela 2 são apresentados os custos contábil e gerencial do produto de mercado e do produto em desenvolvimento, bem como o impacto de redução.

Fase de Planejamento: *Estudo de matéria-prima*

A etapa de estudo de matéria prima e de ferramentas para desenvolvimento do produto garante uma menor possibilidade de riscos no decorrer do desenvolvimento e facilita o comportamento estável do produto quando inserido em máquina.

O novo produto deve possuir as mesmas características do atual e/ou com uma performance maior do que o mercado está acostumado a receber. Portanto, devem ser levados em consideração todos os possíveis riscos que a TAG pode sofrer desde o momento de fabricação até a sua aplicação final, estando estes relacionados a características como temperaturas, umidade, manuseio e impressão de dados variáveis são as mais críticas para o tipo de produto para aplicação em roupas de varejo.

Para o frontal e verso da TAG foi definido o substrato Nylon, mesmo material do produto atual, pois ele possui uma alta resistência à flexão e umidade diferente de substratos em papel (Transtérmico e Couchê) ou em filmes (BOPP e PE). A Figura 4 representa a estrutura da TAG em desenvolvimento para uma melhor compreensão de cada camada para formação do produto.

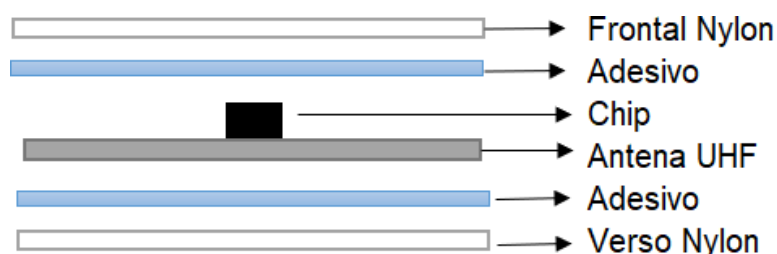


Figura 4: Estrutura da TAG RFID.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A partir dessa definição, foi dado seguimento a nova proposta de antena sustentável para o produto. Primeiramente foi consultado o time de Pesquisa e Desenvolvimento de Eletrônicos da companhia, que são responsáveis pelo desenvolvimento de novas antenas e *inlays*, a fim de realizar um estudo dos produtos em papel que pudessem garantir a capacidade de leitura e performance semelhante à antena de PET.

A antena RFID de papel foi desenvolvida para que possa substituir as antenas em PET com design em alumínio oferecendo a mesma confiabilidade e desempenho, eliminando o plástico na produção acabada, fundamentalmente livre de poluição causada pelo processo de produção de antenas de gravação de alumínio fabricada a partir de um processo inovador a laser, dispensando o processo de corrosão química para a criação de antena de alumínio. O papel da nova estrutura em questão trata-se de um papel transtérmico com uma impressão do layout da antena, eliminando assim o processo agressivo de corrosão com materiais químicos pesados e tornando-se reciclável após a sua utilização.

Dentro das classificações de RFID, existem três tipos de frequência de operação, que se trata do tamanho das ondas de rádio usadas para a comunicação entre os componentes do sistema. Elas possuem os termos LF (baixa frequência), HF (alta frequência) e UHF (ultra frequência), cada tipo de frequência citado, apresenta um

comportamento diferente, podendo trazer vantagens e/ou desvantagens, como: se a operação do sistema acontece em uma frequência mais baixa, seu alcance é baixo e a leitura acontece de forma lenta, porém essa banda atinge leituras sobre metal ou superfícies líquidas. Já na operação com um sistema em uma frequência mais alta, geralmente apresenta taxas mais rápidas de dados e intervalos mais longos do que os sistemas de leitura de frequência mais baixa, mas sua sensibilidade e interferência provocada por líquidos e metais é maior, conforme representado na Figura 5.

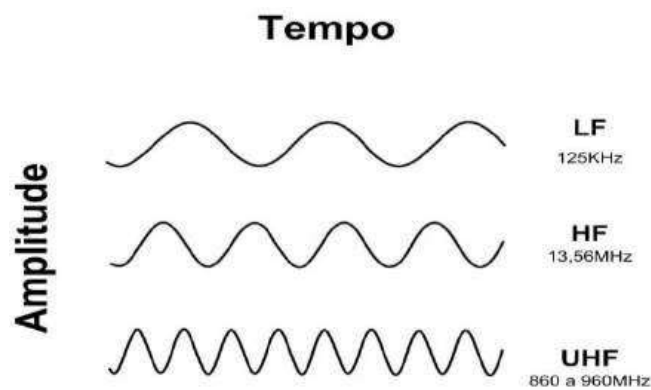


Figura 5: Demonstração de comportamento de frequências RFID em amplitude e tempo.

Fonte: Elaborada pelos autores, adaptado de Smart Octopus Solutions (2021).

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado a classificação de RFID UHF (ultra frequência), o mais utilizado em casos industriais na identificação de paletes ou caixas, marcação em nível de item (como roupas) e controle de produção industrial. O item possui capacidade alcance a uma distância máxima de leitura de mais de 1 metro, sendo eficaz para sua aplicação final, atingindo assim um dos objetivos da pesquisa.

Sendo assim, foi validado o layout atual da antena versus a nova proposta com pré-requisitos de redução de dimensional, performance e capacidade de leitura, para garantia de qualidade do produto. A antena em PET possui dimensional de 70x14mm, padrão de antena muito comum no mercado de RFID, conforme representação na Figura 6.



Figura 6: Representação da antena UHF 70 x 14 mm em PET.

Fonte: Dados da empresa (2023).

Já a antena definida para o desenvolvimento, possui um dimensional de 42x16 mm, sendo ideal para a TAG final que possui 65x25.4 mm, pois no processo de conversão, os materiais e a máquina podem variar, tendo um limite de variação de até 2 mm.

Deste modo este dimensional da antena sustentável favorece seu dispensamento no interior da TAG, sendo possível ter espaços para variações, sem prejudicar o produto. A antena proposta possui ainda as mesmas características de performance e leitura da antena em PET atual para a aplicação em TAG 's que atuarão no ar. A Figura 7 representa o novo layout proposto de antena para a TAG da pesquisa.



Figura 7: Representação da antena UHF 42 x 16 mm em papel.
Fonte: Dados da empresa (2023).

A antena em PET possui espessura de aproximadamente 62 μ m, enquanto a antena de papel possui 74 μ m, onde a diferença não acarreta riscos durante o processo de desenvolvimento, fabricação e utilização da TAG, inclusive, favorece na qualidade final, apresentando uma maior resistência para dobras no produto. Pensando no interior da TAG, foi verificado o espaçamento entre as linhas de corte e da antena, de forma a evitar riscos ou futuros problemas na conversão da TAG considerando as possíveis variações, conforme citado anteriormente. A Figura 8 representa a antena proposta no interior da TAG da pesquisa.

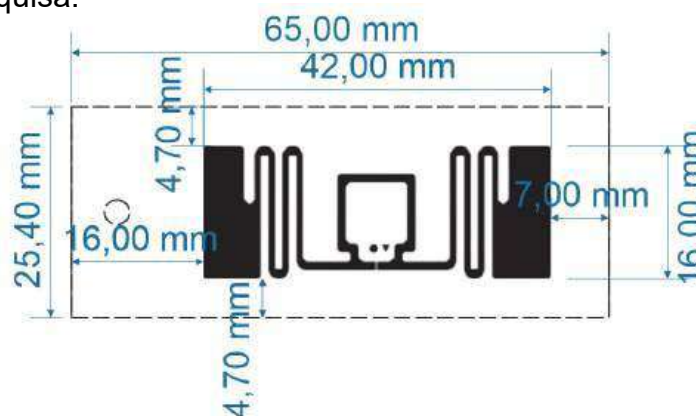


Figura 8: Antena UHF 42x16 mm no interior da TAG 65x25.4 mm.
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conforme representado na Figura 8, a antena está de acordo com o esperado na sua posição no interior da TAG.

Em relação ao posicionamento na vertical, ela foi centralizada para obter uma

positiva garantia em casos de variações. Já no posicionamento horizontal, a antena foi posicionada a 7,00 mm à direita da TAG e a 16,00 mm ao corte esquerdo, essa diferença foi definida pela existência do “gap” (furo) no design do produto, sendo que este gap existe para aplicação automática da TAG nos vestuários, podendo também apresentar variações. Portanto, foi considerado um espaçamento maior da antena também nesta região.

Estudo de ferramental

Com os materiais da estrutura definidos, é dado seguimento ao estudo de ferramentais. As facas responsáveis pelo corte da serrilha da TAG que se trata dos picotes para destaque do rolo, são ferramentas rotativas, podendo ser flexíveis ou maciças. Na pesquisa optou-se pelo ferramental flexível, pois ele possui um custo baixo quando comparado a facas maciças. A fase de estudo destes itens abrange a validação da espessura final da TAG e do nível de corte necessário para ser capaz de obter o corte em toda a estrutura do produto. Como se trata de uma TAG, os picotes devem possuir cortes serrilhados total (até o fim da estrutura) para que seja possível destacá-las unitariamente e de um “gap” (furo central ou *notch* nas laterais), conforme representação da Figura 9.

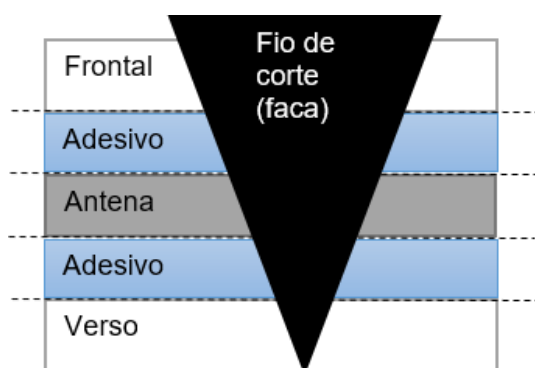


Figura 9: Representação do corte do ferramental na estrutura da TAG.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Desta forma, foi necessário consultar os fornecedores para entender a especificação ideal de faca para o produto. Características como espessura total e gramatura do adesivo foram levadas em consideração para este estudo. Seguindo as especificações dos fornecedores das matérias-primas da estrutura em questão, os dados obtidos estão apresentados na Tabela 3:

Tabela 3: Especificações de espessura das matérias-primas da estrutura da TAG

Item	Espessura (µm)
Frontal Nylon	110
Adesivo	6
Antena papel	232
Verso Nylon	110

µm: Micrómetro.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Outro ferramental necessário para o desenvolvimento da TAG são os clichês para impressão em flexografia. Este processo de impressão consiste em transferir a tinta para o substrato em um formato de carimbo, os clichês servem para realizar a impressão na forma do desenho e em quantidade adequada de tinta. Este ferramental possui formato rotativo e é feito de borracha ou fotopolímero com o relevo da arte que deve ser impressa, sendo que no processo de montagem são afixados em cilindros ou camisas chamadas 'porta-clichês', em sua maioria com a utilização de fitas adesivas dupla-face. De um lado, a fita se adere ao verso da chapa e do outro, à superfície do porta-clichê.

A TAG em desenvolvimento tem a necessidade da impressão de tarjas em seu verso, pois no rolo, as TAGs não possuem intervalo entre elas, recurso presente nas etiquetas adesivas. Portanto, é recomendada a inclusão da impressão de uma linha preta no verso (*black mark* ou *black line*). A marca é lida pelos sensores das máquinas desde o momento da conversão da TAG até as impressoras de dados variáveis utilizadas pelos clientes, garantindo um alinhamento perfeito na impressão da primeira à última TAG do rolo. A Figura 10 apresenta o modelo de tarja utilizada em TAG 's de Nylon para varejo.

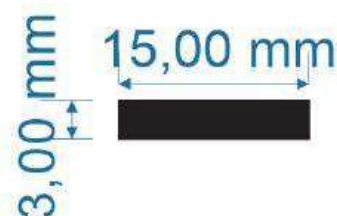


Figura 10: Representação de tarja para impressão na TAG.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Desenvolvimento de ferramentais

Após compreender todas as necessidades e funcionalidades dos ferramentais necessários para o produto, é dado início ao desenvolvimento deles.

Este processo tem relação ao maquinário em que o produto será produzido e ao dimensional projetado para a TAG, pois são os ferramentais que irão definir os cortes de *pitch* e de largura dela. Para a faca flexível, foi gerada uma especificação de acordo com o dimensional de corte da serrilha e do gap proposto para o produto.

Os cortes possuem um dimensional de largura de 85 mm e de altura ou *pitch* (início de uma TAG até a outra) de 25,40 mm.

A largura de corte deve possuir uma garantia para o refile do material no processo de conversão, por conta disto, a faca foi desenvolvida na largura de 85 mm para que fosse possível garantir 10mm para cada lado de refile de material no momento de conversão, sendo que esse processo garante que o corte tenha contato em toda a região da TAG, evitando área sem corte, podendo causar desfiamento do nylon ou dificuldade ao destacar a TAG do rolo. A Figura 11 representa a especificação da faca flexível desenvolvida para a pesquisa.

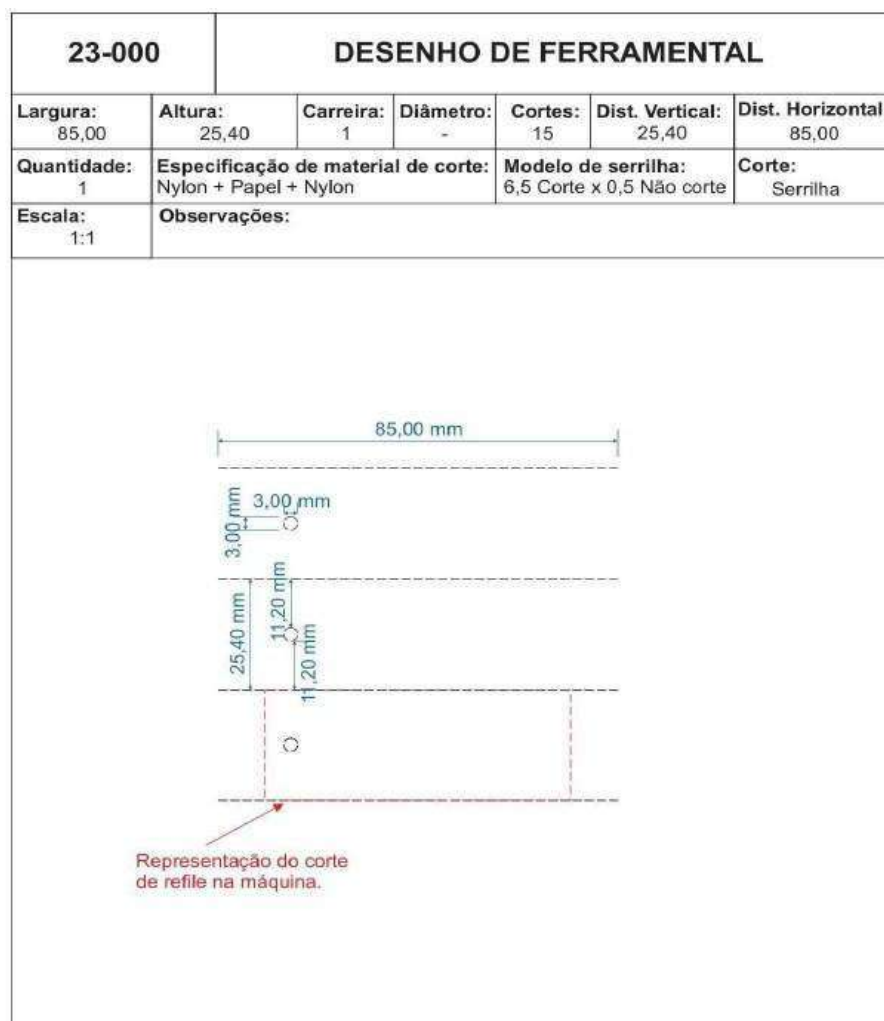


Figura 11: Especificação de faca flexível.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na próxima etapa, é iniciada a execução de desenvolvimento do ferramental necessário para realizar o processo de impressão de tarja em flexografia.

A flexografia é um processo de impressão muito similar à de um carimbo, onde é necessária a utilização de um clichê de borracha ou fotopolímero para que a impressão em relevo seja aplicada no substrato desejado. Para esse processo usa-se tintas líquidas extremamente secativas a base de água, solvente ou curadas por luz UV.

Como citado no tópico de estudo de ferramental, para a TAG da pesquisa é necessário a aquisição de clichês para impressão flexográfica de tarjas nas TAG 's. A impressão deve possuir dimensão de 15mm x 3 mm sendo ideal para a leitura dos sensores que o produto pode ter contato, e com *pitch* de 25,40mm, respectiva altura da TAG. Na especificação do item, a largura da tarja é representada em formato maior que 20 mm, pois este aumento serve de garantia em casos de variação de maquinário ou até mesmo do próprio ferramental, pois todo tipo de máquina está sujeito a variações de processo.

Este tipo de problema pode prejudicar a leitura das TAG' s em sensores e por isso a execução de um clichê com segurança para estes casos, pois no processo de produção também acontece um corte de refile nas laterais da TAG no momento de conversão em rolo, sendo que este corte lateral serve para remover áreas com imperfeições e que possam estar sem adesivo em alguma região. Portanto a largura da tarja deve conter o espaçamento para atender este processo de conversão.

Deste modo, é dado seguimento ao desenvolvimento da especificação do ferramental, onde este documento deve contemplar todas as informações para que o fornecedor possa reproduzi-lo conforme o projetado, como por exemplo, tipo de substrato que será feita a impressão, cotas e representação da arte, quantidade de repetições de acordo com o cilindro do maquinário, e o pantone que será utilizado na impressão, conforme representado na Figura 12.

Ainda na fase de impressão, será necessário a utilização de tinta flexográfica U.V. na cor preta para impressão das tarjas na TAG. Essa impressão acontece por meio da secagem das tintas e vernizes convencionais que acontece pela evaporação do solvente na composição, onde a secagem é feita instantaneamente pela emissão da luz ultravioleta sobre a tinta, imediatamente após a sua impressão. Este tipo de impressão possui grandes vantagens como cura rápida, o que gera maior produtividade, alta resistência, intensidade da cor, acabamentos com alto brilho, durabilidade, proteção do impresso e ainda possui um grande apelo nas práticas ecológicas, não agredindo o meio ambiente, pois não emite substâncias químicas no ar e tem custo competitivo, pois o gasto energético é muito mais barato quando comparado aos demais sistemas. As tintas e vernizes para impressoras UV não possuem solventes químicos, portanto não formam compostos que se dissipam, assim, não prejudicam a natureza nem os profissionais envolvidos no processo.

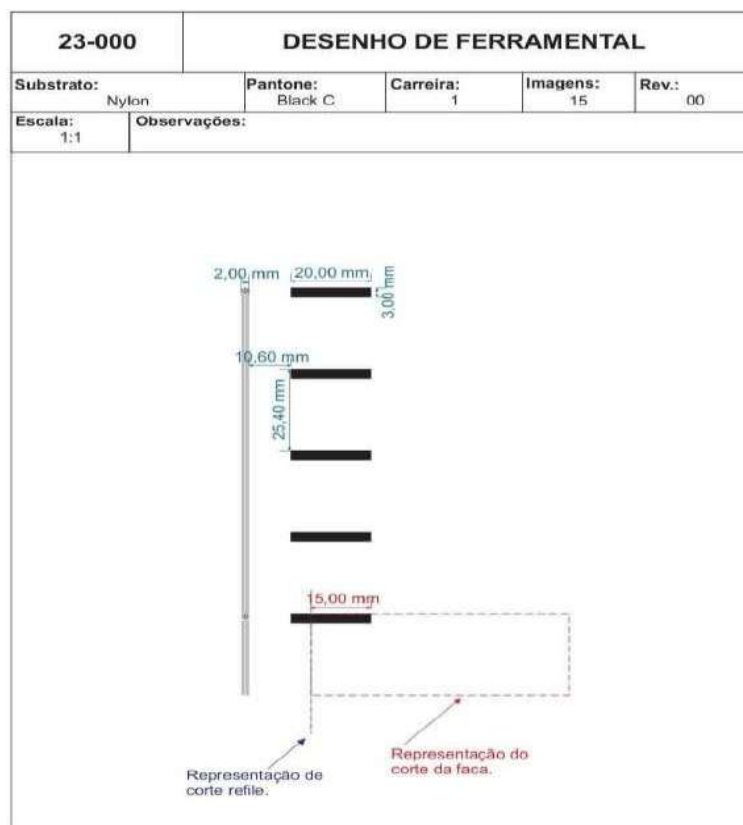


Figura 12: Especificação de clichê de tarja.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Cotação e solicitação de matéria-prima e ferramental

Com os estudos realizados, é dada continuidade no processo com a realização da cotação com fornecedores de matéria-prima e de ferramentais. Para o desenvolvimento da TAG RFID, a cotação de preços serviu principalmente para análises comparativas entre diferentes ofertas e fornecedores, possibilitando escolher a melhor opção em termos de custo-benefício, levando em consideração não apenas o preço, mas também a qualidade e prazos de entrega.

Nesta etapa, foi estipulado o tamanho do lote que será produzido na fase de protótipo, sendo que essa atividade tem como objetivo visualizar um pré-produto e analisá-lo para validar se a estrutura, performance, processo produtivo e demais objetivos estão de acordo com os requisitos esperados.

Sendo assim, não há necessidade de produzir um alto volume visto que o produto está ainda em uma das suas fases iniciais. Portanto foi considerado uma cotação de matéria-prima e de tipo de ferramental para um lote de 10.000 unidades de TAGs.

Fase de ação: Desenvolvimento de ficha técnica para testes

Para realizar a fase de protótipo foi necessário também elaborar fichas técnicas para suporte à produção, documento fundamental e de fácil interpretação para que o operador envolvido possa entender o que deve ser feito e como serão feitas cada uma das etapas produtivas, seja na fase de impressão, conversão, revisão e até expedição.

Essa documentação deve conter informações como, SKU (*Stock Keeping Unit*), nome e estrutura do produto, matérias-primas, ferramental, quantidade de TAG's por rolo, formato de expedição, critérios de aceitação do produto, e observações adicionais quando necessário.

A Figura 13 representa a ficha técnica elaborada para realização da impressão das tarjas. Este processo é anterior ao processo de conversão, pois após o nylon impresso, ele se torna MP para conversão, sendo o verso da TAG.

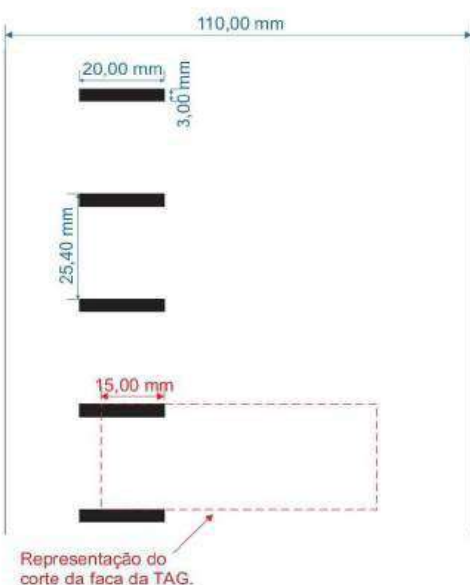
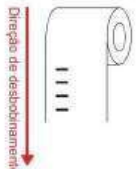
23-000		FICHA TÉCNICA DE IMPRESSÃO		FT-IMP-0023									
		PESQUISA E DESENVOLVIMENTO		REV 00									
DADOS GERAIS													
SKU DO ITEM:	Fr00052	DIMENSÕES:	110X25,4 mm										
DESCRIÇÃO:	VERSO NYLON IMPRESSO TARJA 25.4mm												
QUANTIDADE POR ROLO:	CONVERSÃO: Conforme ordem de prod.	REVISÃO: N.A.	EXPEDIÇÃO: N.A.										
CILINDRO:	120 z	IMAGENS:	15	CLICHÊ:	TARJA								
ESTRUTURA DO PRODUTO													
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO		DIMENSÃO									
FRONTAL	Fr00051	FRONTAL NYLON		110 mm									
TINTA U.V.	TIN0001	TINTA U.V. BLACK C		N.A.									
TUBETE	00483	TUBETE		116 mm									
VISUAL DA IMPRESSÃO			ESTRUTURA										
 Representação do corte da faca da TAG.			 Direção de enrolamento										
			<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Tolerâncias (mm)</th> </tr> <tr> <td>Marca de registro</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">OBSERVAÇÕES</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 100px;"></td> </tr> </table>			Tolerâncias (mm)		Marca de registro	1,5	OBSERVAÇÕES			
Tolerâncias (mm)													
Marca de registro	1,5												
OBSERVAÇÕES													
HISTÓRICO Revisão: 00 - Criação do arquivo.													

Figura 13: Ficha técnica de impressão de tarjas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em seguida, foi elaborada a ficha técnica de fabricação da TAG final, contendo informações de processo para a conversão até a expedição do item, conforme representado na Figura 15.

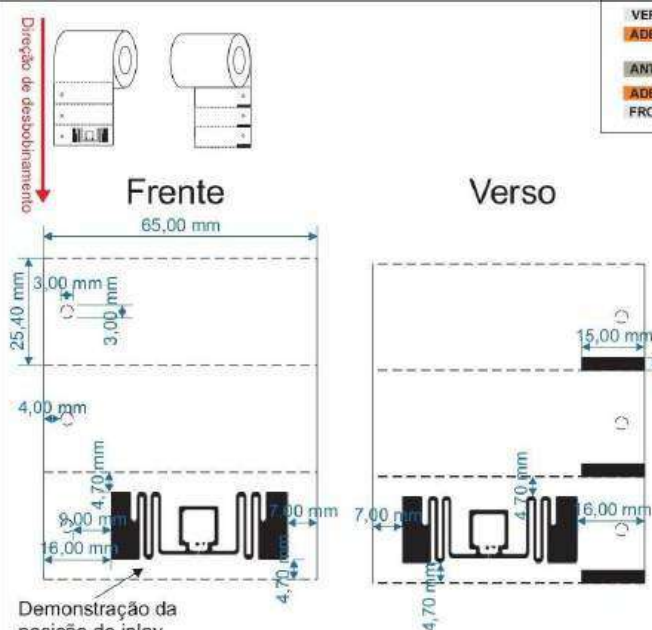
23-000		FICHA TÉCNICA		FT-P&D-0023	
		PESQUISA E DESENVOLVIMENTO		REV 00	
DADOS GERAIS					
SKU DO ITEM:	PED00023	DIMENSÕES:	65X25,4 mm		
DESCRIÇÃO:	TAG 65x25.4 MM ECO NY+NY				
QUANTIDADE POR ROLO:	CONVERSÃO: 4.000	REVISÃO: 4.000	EXPEDIÇÃO: 4.000		
CILINDRO:	120 z	IMAGENS:	15	VELOCIDADE:	MÉD. (OFF PITCH)
ESTRUTURA DO PRODUTO					
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO		DIMENSÃO	
FRONTAL	Fr00051	FRONTAL NYLON		110 mm	
ADESIVO	Ad002	ADESIVO HOTMELT		7 g	
INLAY	In0001	INLAY ECO		42x16 mm	
VERSO	Fr00052	VERSO NYLON IMPRESSO TARJA 25.4mm		110 mm	
TUBETE	00483	TUBETE		65 mm	
CAIXA	00271	CAIXA EXPEDIÇÃO		240X240X120 mm	
VISUAL DA ETIQUETA			ESTRUTURA		
 Diagrama de desdobramento 65,00 mm 25,40 mm 3,00 mm 3,00 mm 4,00 mm 4,70 mm 8,00 mm 16,00 mm 7,00 mm 4,70 mm 6,00 mm 15,00 mm 3,00 mm Demonstração da posição do inlay			VERSO ADESIVO ANTENA ADESIVO FRONTAL TARJA CHIP		
			Tolerâncias (mm)		
			Pitch		
			Largura de corte		
			Posição inlay Vert.		
			Posição inlay Hor.		
			Marca de registro		
			Posição gap		
			OBSERVAÇÕES		
HISTÓRICO					
Revisão: 00 - Criação do arquivo.					

Figura 14: Ficha técnica de produção para o protótipo.
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para o departamento de P&D é fundamental a utilização de formulários para preenchimento dos dados obtidos no momento de testes do produto, para que no momento de transferência do produto à produção, todas as informações sejam repassadas e em caso de algum problema ou impedimento também tenham históricos para que erros não voltem a se repetir em uma produção de maior escala.

Estes formulários são preenchidos com dados como código do projeto, descrição do produto, número da ordem de produção utilizada, data, máquina, operador, pesquisador, SKU, descrição e largura dos materiais utilizados, ferramentais, quantidade final obtida, velocidade da máquina, horário inicial e final do setup e da produção, parâmetros de processo, análise dos resultados e análises pós conversão da TAG.

Programação de teste com PCP

Após as etapas anteriores realizadas, o próximo passo foi verificar a programação de data e horário para realização do teste para obtenção dos primeiros protótipos do produto, juntamente com o departamento de PCP (Planejamento e Controle de Produção) da companhia onde foi realizada a pesquisa. Optou-se por reservar um turno de 7 horas, considerando paradas e *setup*, para que fosse possível visualizar a prévia da produção, em ajuste de setup, comportamento de ferramentais e de materiais. Este tempo se faz necessário pelo porte do maquinário de fabricação das TAG 's, pois se trata de uma máquina grande, atualmente operada por um operador. Portanto, para realização destes ajustes de parâmetros do maquinário, é necessário entre 3 e 4 horas de preparação, para após isso iniciar a fabricação.

Protótipo

Na fase de produção de protótipo, foram acompanhados todos os processos, analisando a performance do produto em máquina e validando seus resultados versus o esperado para ter a certeza de que está sendo positiva a implementação do produto no mercado.

Inicialmente, foi realizada a separação dos ferramentais e materiais para impressão no nylon, respectivo ao verso da TAG final. Tratando-se de clichês desenvolvidos ao longo da pesquisa, tinta UV, cilindro relacionado ao maquinário para adaptação do clichê e o substrato onde será realizada a impressão, no caso da pesquisa, o nylon. O acompanhamento nesta fase teve como objetivo garantir que os ferramentais e tinta estivessem de acordo com o solicitado, e a impressão com a tinta obtivesse a ancoragem, ou seja secagem rapidamente com a aplicação de luz UV.

Por se tratar de impressão, não foram observadas dificuldades durante a produção do item, pois este processo não possui grandes chances de variação, ou complicações no alinhamento do maquinário. A Figura 15 apresenta o material nylon com impressão das tarjas, produzido para conversão das TAG's.

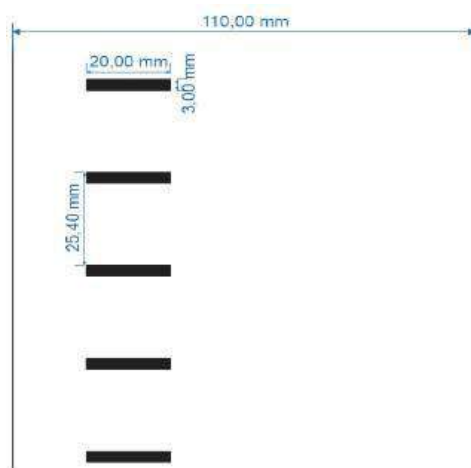


Figura 15: Verso em nylon com impressão de tarja.
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O produto obteve velocidade nominal máxima do maquinário de impressão, apresentando estabilidade durante seu processo de produção.

Após produção do verso do produto, foi dado andamento na conversão da TAG, nesta fase foi acompanhada a produção de um lote de 10.000 TAG's avaliando sua performance produtiva e resultado, como dimensionais de largura, *pitch*, posicionamento do *inlay*, da tarja e do *gap*.

Foi necessário um turno de 7 horas para produção dos protótipos considerando *setup* do maquinário, sendo que o produto apresentou uma produtividade positiva em velocidade padrão. Mas, com a redução do *pitch* do produto, é favorável que o novo desenvolvimento apresente uma maior produtividade em um período quando comparado ao produto já fornecido. A Figura 16 representa o produto obtido na produção de protótipos.

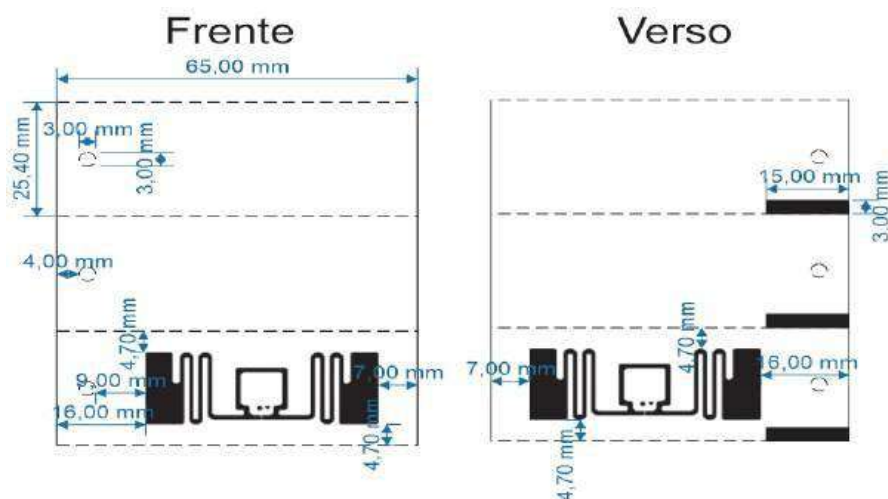


Figura 16: Protótipo da TAG em desenvolvimento
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O produto se mostrou estável conforme a ficha técnica disponibilizada. As análises foram realizadas por meio de medições dos dimensionais com paquímetro para um resultado preciso. As variações encontradas ficaram dentro das faixas de tolerância aceitas para caracterização do produto, sendo que todas essas características e comportamento do item foram documentadas para controle e histórico do projeto. As imagens do protótipo final não foram liberadas para compartilhamento no presente artigo por direito de imagem da empresa onde o estudo e pesquisa foi realizado. Diante dos resultados obtidos então, o protótipo realizado foi considerado aprovado e liberado para dar seguimento para a fase de produção piloto.

Lote Piloto

O lote piloto é denominado como lotes primários em maior escala para estudo, com a finalidade de registros das caracterizações e para visualizar seu comportamento em produção e para possíveis alterações antes da homologação do produto, quando necessário. Quanto ao tamanho deste lote, foi definido com referência ao tamanho aproximado de um lote industrial comercializado, para comprovação da sua equivalência e comportamento em máquina para um processo totalmente representativo e reproduzível, simulando as condições de fabricação do lote industrial, de forma a assegurar que o produto e o processo sejam reproduzidos com estabilidade.

Portanto, foi definido uma quantidade de aproximadamente 25.000 mil TAG 's para caracterização desta fase, sendo que o tamanho considerado se refere ao volume produzido em cada lote atualmente pela companhia para este tipo de produto. Sendo assim, para as atividades de solicitação de matéria-prima para o lote piloto, foram realizadas novamente as solicitações considerando a maior escala a ser produzida.

A ficha técnica de desenvolvimento também foi utilizada novamente nesta fase, pois ela apresenta a receita do produto, suas tolerâncias de aceitação e layout da TAG. O tamanho do lote é apresentado na O.P. (ordem de produção) obtida para cada produção, elaborada pelo time de PCP, também responsáveis pela programação do lote com data e horário para a produção do item, acompanhada pelos pesquisadores. Para este lote, foi considerado um turno de 9 horas, já incluído o tempo de setup do maquinário como citado anteriormente.

A produção do lote foi acompanhada de forma a visualizar seu comportamento em maior escala, para validação e homologação do produto. O item se apresentou mais uma vez em estabilidade na conversão, sendo possível produzi-lo em uma velocidade positiva, gerando um maior número de TAGs em um determinado período quando comparada ao produto 100 x 30.691 mm, pois com a diminuição do dimensional, houve ganho em tempo e produtividade. Este resultado foi obtido por meio de um cálculo onde é considerada a velocidade do maquinário de aproximadamente 25 metros por segundos (m/s), os pitch's

das TAG's e o tempo estimado para produção, sendo que nesta fase não é considerado o tempo de setup e paradas do maquinário, mas apenas o período aproximado em que a máquina fica em funcionamento, que segundo a empresa de estudo, gira em torno de 4 horas. A equação 2 representa o cálculo realizado para comparação do número de TAG's produzidas em um turno referente ao produto 100 x 30.691mm de mercado, enquanto a equação 3 é relacionada ao produto 65x25.4mm, em desenvolvimento.

$$25 \div (30,691/1000) \times 60 \times 4 = \simeq 195.490 \text{ unidades} \quad (2)$$

$$25 \div (25,40/1000) \times 60 \times 4 = \simeq 236.220 \text{ unidades} \quad (3)$$

Deste modo, é possível visualizar uma significativa diferença produtiva de aproximadamente 40.730 unidades de TAG 's, do produto em desenvolvimento, atingindo um lucro de 21% em unidades produzidas quando comparado com o produto de mercado em um mesmo período para produção. Este cálculo serviu para que fosse possível visualizar estes valores e atingir um dos objetivos propostos para a pesquisa, mas, como citado anteriormente, para o lote piloto foram produzidas aproximadamente 25.000 unidades de TAG's, sendo o suficiente para caracterização e análise do processo e do produto na fase de avaliação.

Fase de avaliação

Após a sua conversão, o item passou por análises como conferência de dimensionais, de espessura total, destaque do corte da serrilha e leitura da TAG para validação da sua performance.

Após essas avaliações, o item foi encaminhado para o time de revisão, sendo que este processo existe para que o material passe novamente em máquinas revisoras, onde os operadores fazem revisão visual do produto, considerando alinhamento da tarja, corte eficiente da serrilha, variações do *inlay* no interior da TAG e contagem do número de TAG's por tubete para seguir para a expedição, sendo este processo acompanhado pelos pesquisadores.

Na fase de expedição, o item não é expedido, pois ainda não se tornou um produto comercial, mas esta fase foi acompanhada para validação do diâmetro do tubete já com as TAG's. Esta análise é importante pois o diâmetro final, não deve passar de 8 polegadas, ou seja, aproximadamente 203,2 mm, onde este limite é referenciado a partir do diâmetro máximo aceitável nas impressoras utilizadas nos comércios varejistas, responsáveis pela impressão dos dados variáveis nas TAG's em varejo.

Ainda nesta validação, foi avaliado o diâmetro total do tubete dentro das caixas de papelão que o produto será expedido futuramente, sabendo que elas possuem um dimensional de 240mmx240mm com 120mm de altura, sendo capazes de suportar o tubete de aproximadamente 203,2 mm de diâmetro com 65 mm de altura, respectiva largura da TAG, considerando que o tubete será acomodado na posição vertical dentro da caixa.

Após todas as validações de comportamento e caracterizações do produto, ele foi aprovado e homologado, sendo que esta homologação foi realizada internamente por meio dos resultados obtidos referente a redução do custo, produtividade e com a necessidade da inovação para o portfólio da companhia. Deste modo, o próximo passo foi gerar SKU, ou seja, cadastro de código particular para o produto em sistema para implantação de pedidos comerciais, produção e futuro controle de estoques. O cadastro possui, portanto, a descrição do produto, seu código podendo conter letras ou números e sua estrutura contendo todas as matérias-primas para produção com suas respectivas quantidades.

Em seguida, foi elaborada a ficha técnica produtiva do produto, ela se trata de uma cópia da ficha técnica do desenvolvimento, sendo alterado apenas o código do produto, portanto, foi removido código do projeto e inserido o código de produto final de venda, pois, suas tolerâncias, layout e estrutura devem ser idênticas ao que foi aprovado no período do desenvolvimento.

Em vista disso, o produto seguiu para transferência a produção, onde nesta etapa, a futura primeira produção de comercialização do produto deve ser acompanhada para uma última validação de processo, após isto, o produto segue para responsabilidade das áreas de processos e produção. Em casos de necessidade de alterações, o projeto deve ser direcionado ao estágio de alteração de produto.

Em vista do exposto, segundo Nascimento (2012), existem três dimensões do desenvolvimento sustentável, sendo elas a dimensão econômica, ambiental e social. A dimensão ambiental, segundo o autor, se caracteriza em produzir e consumir, de forma que permita que os recursos naturais se recuperem sozinhos e sejam fortes o suficiente para suportar os impactos que os seres humanos causam. Ou seja, a dimensão ambiental significa que o modelo de produção e consumo desses recursos naturais devem ser orientados para a sustentabilidade, garantindo a preservação e a capacidade de recuperação dos ecossistemas diante das atividades humanas. No âmbito dessa dimensão, substituir a antena de PET da TAG por uma de papel busca reduzir a dependência de recursos não renováveis e diminuir os impactos ambientais associados à produção e descarte desses materiais.

A dimensão econômica é um conjunto de práticas que visam alcançar retorno financeiro, mas sem comprometer a competitividade com outras empresas e a capacidade de subsistência das gerações futuras, sendo que Nascimento (2012) cita que a dimensão econômica visa a utilização mais eficaz dos recursos naturais e o aprimoramento da eficiência na produção e no consumo. O desenvolvimento de uma TAG RFID sustentável,

incorpora, além da substituição da antena de PET por uma de papel, mudanças como a redução do dimensional, que ao utilizar menor quantidade de material como o nylon para produção das TAG's, contribui-se para a eficiência no consumo de material juntamente com otimização na produção. A redução do uso do adesivo *hotmelt* na estrutura do produto também é relevante, pois essa substância muitas vezes envolve processos industriais intensivos, o que resulta em gasto energético, sendo que tal redução pode representar uma diminuição no consumo de recursos assim refletindo diretamente em benefícios econômicos.

Nascimento (2012) afirma que a dimensão social busca assegurar que todos os seus membros possuam o necessário para uma existência digna, enquanto simultaneamente se evita que qualquer indivíduo se aproprie de bens, recursos naturais e energéticos de maneira prejudicial aos outros. Ao reduzir o custo da TAG é favorável que a inclusão social torne os benefícios da tecnologia mais acessíveis a uma gama mais ampla de pessoas e empresas. Além disso, há um alinhamento direto com a busca pela justiça social, pois se busca não apenas a eficiência econômica, mas também a consideração pelos impactos sociais e ambientais que afetam a sociedade como um todo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a fase de análise de custos dos produtos em questão foi possível visualizar a contribuição da redução de custos de aproximadamente 13% quando comparado ao produto já fornecido no mercado. A partir disto, foi dada sequência às demais fases da pesquisa para escolha de layout da nova antena em papel com dimensional de acordo com a nova proposta de TAG.

Em seguida foi realizada a validação de performance e de processos fabris para o produto, sendo que esses parâmetros e características foram buscados a partir do protótipo e do lote piloto realizados em maquinários industriais conforme apresentado no desenvolvimento da pesquisa. Este processo apresentou resultados positivos de produtividade, performance e em relação ao que o mercado espera para a aplicação final, estes dados foram obtidos por meio das análises citadas na pesquisa como medições e conferências dos critérios de tolerâncias de variações e validação no processo fabril até sua expedição, caracterizando então, o produto homologado e liberado para transferência a produção. Para o quesito de ESG (*environmental, social and governance*) da pesquisa, além da redução no custo do produto com a mudança da matéria-prima de PET para papel, foi possível visualizar a capacidade de gerenciar os impactos no meio-ambiente a partir do momento em que o produto garante soluções com impactos positivos por meio da sustentabilidade.

Salienta-se que a pesquisa buscou não apenas a redução do custo do produto final, mas sim atender todas as expectativas do mercado de varejo e também garantia de performance de um novo produto comparado a outro já fornecido, sendo possível levantar

questões adicionais que podem ser exploradas em pesquisas futuras, como aprofundar o estudo das matérias-primas do produto e a tentativa de substituição de Nylon por papel no frontal e verso da TAG, podendo alcançar um maior apelo sustentável, além de garantir que essa proposta seja viável a aplicação de uso, com alta tolerância de temperaturas, manuseio e com estabilidade conforme ou semelhante ao do produto de referência.

REFERÊNCIAS

- BATOCCHIO, Antonio. Uma visão geral sobre RFID e Áreas de Aplicações. **X Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**, v. 10, set. 2011.
- BHUIYAN, Nadia. A framework for successful new product development. **Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)**, v. 4, n. 4, p. 746-770, 2011.
- CARVALHO, Sergio W.; SILVESTRE, Bruno; CUNNINGHAM, Peggy. Hitting the nail on the head! insight into consumer assessment of sustainability-related innovations. **Long Range Planning**, v. 50, n. 6, p. 741-755, 2017.
- COOPER, Robert G.; EDGETT, Scott J.; KLEINSCHMIDT, Elko J. Benchmarking Best Npd Practices-I. **Research-Technology Management**, 47(1), 31-43. 2004.
- COOPER, Robert G.; EDGETT, Scott J.; KLEINSCHMIDT, Elko J. Benchmarking best NPD practices-II. **Research-Technology Management**, v. 47, n. 3, p. 50-59. 2004.
- COOPER, Robert G.; EDGETT, Scott J.; KLEINSCHMIDT, Elko J. Benchmarking Best Npo Practices-III. **Research-Technology Management**, 47(6), 43-55. 2004.
- COOPER, R.G.; KLEINSCHMIDT, E.J. New products: what separates winners from losers? **The Journal of Product Innovation Management**, v.4, n.3, p.169-184, 1987.
- COOPER, Robert G.; KLEINSCHMIDT, Elko J. WINNING BUSINESSES IN PRODUCT DEVELOPMENT: THE CRITICAL SUCCESS FACTORS: A formal new product process isn't enough—you need a high-quality process, a clear and visible strategy, enough people and money, and a respectable R&D budget. How does your program rate on these 10 metrics? **Research-Technology Management**, v. 50, 1 jan. 2007.
- CORAL, Eliza. **Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial**. 2002. 275 f. Tese – Engenharia da Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- COSTANZA, Robert. Ecological economics: a research agenda. **Structural change and economic dynamics**, v. 2, n. 2, p. 335-357, 1991.
- CRUZ, Vera Lúcia; PASTANA, Sheila Trícia Guedes; NODARI, Cristine Hermann; JÚNIOR, Luiz Antonio Felix. Esquema conceitual no desenvolvimento de novos produtos sustentáveis. **Revista GeSec**, São Paulo - SP, v. 13, n. 1, p. 120-144, 2022. DOI

<http://dx.doi.org/10.7769/gesec.v13i1.1220>. Disponível em:
 <<https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/1220/571>>.
 Acesso em: 25 set. 2023.

DALFOFO, Oscar; HOSTINS, Clovis Anderson. Delineamento para aplicação do RFID na logística de supermercado como inteligência competitiva: supermercado Hostins. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v.4, n.1, p.23-48, Sem, 2010. ISSN 1980-7031

ERIKSEN, M. et al. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, p. e111913, 10 dez. 2014.

FERREIRA, Cristiano Vasconcellos. **Estimativa de custos de produtos na fase de projeto conceitual: uma metodologia para seleção da estrutura funcional e da alternativa de solução**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal De Santa Catarina. Santa Catarina, p. 163. 1997.

GADDO, Alexandre; ROSSI, Fabio; RODRIGUES, Guilherme. **RFID-Radio Frequency Identification**. 2004.

GAO, James; BERNARD, Alain. An overview of knowledge sharing in new product development. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 94, p. 1545-1550, 2018.

GUIDOLIN, Silvia Maria; COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; NUNES, Bernardo Furtado. Conectando indústria e consumidor: desafios do varejo brasileiro no mercado global. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 30, p. 3-61, set. 2009

HUNT, V. Daniel; PUGLIA, Albert; PUGLIA, Mike. RFID- A Guide To Radio Frequency Identification. **New Jersey: John Wiley & Sons**, 2007. ISBN 978-0-470-10764-5.

JUGEND, Daniel; FIGUEIREDO, José. Integrando sustentabilidade ambiental e gestão de portfólio de projetos: estudo de caso em uma empresa de energia. **Gestão & Produção**, v. 24, p. 526-537, 2017.

LANDT, Jeremy. The history of RFID. **IEEE potentials**, v. 24, n. 4, p. 8-11, 2005.

MEYER, Nayara Regina Marques; RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral; ROMANO, Regiane Relva; MACHADO, Mário Duarte Dos Santos. RFID e varejo de vestuário: Um estudo de caso. **XXI SIMPÓSIO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, v. 11, p. 1-15, 2014.

MONTEIRO, Aline Isidoro; JÚNIOR, Álvaro Da Silva Amorim; MORAIS, Sebastião Ferreira; MALTA, Regiane De Fatima Bigaran. MELHORIAS QUE O SISTEMA RFID PODE GERAR NA ACURACIDADE DE UM ESTOQUE. **XII FATECLOG**, MAUÁ - SP, 11 jun. 2022. Disponível em: <<https://fateclog.com.br/anais/2022/675-1174-1-RV.pdf>>. Acesso em: 24, maio de 2023.

NAGJI, Bansi; TUFF, Geoff. Managing your innovation portfolio. **Harvard Business Review**, v. 90, n. 5, p. 66-74, 2012.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos avançados**, v. 26, p. 51-64, 2012.

NUNES, Manuel José Lopes. **Metodologias de desenvolvimento de novos produtos industriais**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade do Minho (Portugal).

OLIVEIRA, A.; PEREIRA, M. **Estudo da tecnologia de identificação por radiofrequência - RFID**. Dissertação (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

PINHEIRO, J. M. S. Identificação por Radiofrequência: Aplicações e Vulnerabilidades da Tecnologia RFID. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, ano 1, n. 2, nov. 2006. Disponível em: <<http://www.unifoa.edu.br/pesquisa/caderno/edicao/02/18.pdf>> Acesso em: 24, maio de 2023

PINSKY, Vanessa Cuzziol; DIAS, João Luiz; KRUGLIANSKAS, Isak. Gestão estratégica da sustentabilidade e inovação. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 6, n. 3, p. 465-480, 2013. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273429771002>>. Acesso em: 05, abril de 2023.

PORTER, Michael E.; LINDE, Claas van der. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. **Journal of economic perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97-118, 1995.

PUHLMANN, Henrique. **Introdução à tecnologia de identificação RFID**. v. 21, 2020. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/introducao-a-tecnologia-de-identificacaorfid>> Acesso em: 10, abril de 2023.

RAGATZ, Gary L.; HANDFIELD, Robert B.; SCANNELL, Thomas V. Success factors for integrating suppliers into new product development. **Journal of Product Innovation Management: An International Publication of the Product Development & Management Association**, v. 14, n. 3, p. 190-202, 1997.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Economia ou Economia política da sustentabilidade**. IE/UNICAMP. Campinas – SP. 2001.

SANTOS, Catarina de Almeida; MORAES, Karine Nunes de. A produção do conhecimento e a Política Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). **Série-Estudos - Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, Campo Grande - MS, 2010.

SHIBAO, Fábio Ytoshi; MOORI, Roberto Giro; SANTOS, MR dos. A logística reversa e a sustentabilidade empresarial. **Seminários em administração**, v. 13, p. 1-17, 2010.

Soluções RFID. **Smart Octopus Solutions**. Disponível em: <<https://sos-sw.si/en/rfid-solutions/>>. Acesso em: 29, setembro de 2023.

SOLTÉSZ, László; BERÉNYI, László. Success factors in product development projects: expert opinions. **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2021.

SOUZA, Luiz di; TORRES, Maria Conceição M; FILHO, Adhemar C. Ruvolo; Despolimerização do Poli (Tereftalato de Etileno) -PET: Efeitos de Tensoativos e Excesso de Solução Alcalina. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 4, p. 334-341, 2013.

WANG, Kung-Jeng; LEE, Yun-Huei; KURNIAWAN, Feiny. Evaluation criteria of new product development process—a comparison study between Indonesia and Taiwan industrial manufacturing firms. **International Journal of Innovation Management**, v. 16, n. 04, 2012.

WEINSTEIN, Ron. RFID: a technical overview and its application to the enterprise. **IT professional**, v. 7, n. 3, p. 27-33, 2005.