

PROCESSO PRODUTIVO DE BRINQUEDOS E A TECNOLOGIA 3D NA INDÚSTRIA 4.0

TOY PRODUCTION PROCESS AND 3D TECHNOLOGY IN INDUSTRY 4.0

Graziele Aparecida Teodoro¹, Janaina Olsen Rodrigues², Joaquim Maria Antunes Neto (in memoriam)³

RESUMO

A Indústria 4.0 representa uma das mais relevantes transformações do cenário produtivo contemporâneo, marcada pela integração entre tecnologias digitais, sistemas ciberfísicos, automação inteligente e análise de dados em tempo real (IoT). Essa convergência tecnológica tem impulsionado a modernização industrial e alterado profundamente a forma como as empresas produzem, inovam e se relacionam com o mercado. Entre as inovações associadas a esse novo paradigma, a manufatura aditiva, popularmente conhecida como impressão 3D, destaca-se por oferecer flexibilidade, eficiência e sustentabilidade aos processos produtivos. No setor de brinquedos, tradicionalmente orientado à produção em larga escala e à busca contínua por inovação, a aplicação da impressão 3D surge como alternativa estratégica capaz de atender às novas demandas do consumidor moderno, que valoriza produtos personalizados, sustentáveis e de rápida disponibilidade. Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo analisar a aplicação da tecnologia de impressão 3D no processo produtivo de brinquedos, identificando seus principais impactos, benefícios e desafios no ambiente da Indústria 4.0. A metodologia adotada é de natureza qualitativa e bibliográfica, fundamentada na análise de livros, artigos científicos e relatórios institucionais recentes, priorizando referências publicadas nos últimos cinco anos. A revisão da literatura evidencia que a impressão 3D contribui significativamente para a redução de custos, otimização do uso de materiais e aceleração do desenvolvimento de novos produtos, além de permitir a criação de protótipos funcionais em menor tempo. Observa-se também o surgimento de novos modelos de negócio, baseados na produção sob demanda e na comercialização de arquivos digitais para impressão doméstica, ampliando as possibilidades de inovação e competitividade do setor. Conclui-se que a impressão 3D representa um importante diferencial competitivo para a indústria de brinquedos, promovendo processos produtivos mais sustentáveis, personalizados e inovadores, em plena sintonia com as transformações impulsionadas pela Indústria 4.0.

Palavras-chave: Brinquedos; Impressão 3D; Indústria 4.0; Manufatura aditiva; Processo produtivo.

ABSTRACT

Industry 4.0 represents one of the most significant transformations in the contemporary industrial landscape, marked by the integration of digital technologies, cyber-physical systems, intelligent automation, and real-time data analysis. This technological convergence has driven industrial

¹ Discente em Gestão Empresarial pela Faculdade de Tecnologia de Itapira “Ogari de Castro Pacheco”. E-mail: graziele.teodoro@fatec.sp.gov.br

² Doutora e docente na Fatec de Itapira “Ogari de Castro Pacheco”

³ Doutor pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Docente da FATEC de Itapira “Ogari de Castro Pacheco”.

modernization and profoundly reshaped how companies produce, innovate, and interact with the market. Among the innovations associated with this new paradigm, additive manufacturing commonly known as 3D printing stands out for providing flexibility, efficiency, and sustainability to production processes. In the toy industry, which has traditionally relied on large-scale production and a constant pursuit of innovation, the application of 3D printing emerges as a strategic alternative capable of meeting the demands of modern consumers who value personalized, sustainable, and rapidly available products. Within this context, this study aims to analyze the application of 3D printing technology in the toy production process, identifying its main impacts, benefits, and challenges within the framework of Industry 4.0. The methodology adopted is qualitative and bibliographic, based on the analysis of books, scientific articles, and recent institutional reports, prioritizing references published over the last five years. The literature review indicates that 3D printing significantly contributes to cost reduction, material optimization, and faster product development, while enabling the creation of functional prototypes in less time. The study also highlights the emergence of new business models based on on-demand production and the commercialization of digital files for home printing, broadening innovation and competitiveness within the sector. It is concluded that 3D printing represents an important competitive advantage for the toy industry, promoting more sustainable, customized, and innovative production processes, fully aligned with the transformations driven by Industry 4.0.

Keywords: Toys; 3D printing; Industry 4.0; Additive manufacturing; Production process.

INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 representa uma nova etapa da revolução industrial, caracterizada pela convergência entre o mundo físico, digital e biológico. Segundo Schwab (2016) essa revolução resulta da integração entre automação inteligente, Internet das Coisas (IoT), análise de dados e sistemas ciberfísicos, transformando profundamente os processos produtivos e o modo como as empresas interagem com o mercado.

Na indústria brinquedista, a inovação sempre exerceu papel determinante, impulsionando o desenvolvimento de novos produtos, processos e tecnologias voltadas à criatividade e à competitividade do mercado (Câmara, 2025; Brinquedos Para Crianças, 2025). No contexto contemporâneo, marcado por consumidores mais conscientes e exigentes, fatores como personalização, sustentabilidade e agilidade de produção tornaram-se fundamentais para a competitividade das indústrias.

Entre as tecnologias emergentes, destaca-se a impressão 3D, ou manufatura aditiva, que permite a criação de objetos a partir de modelos digitais, camada por camada, com maior precisão e menor desperdício (Berman, 2012). Essa tecnologia rompe o paradigma da produção em massa, oferecendo a possibilidade de fabricar produtos personalizados, sob demanda e com custos reduzidos.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo analisar a aplicação da tecnologia de impressão 3D no processo produtivo de brinquedos, destacando seus impactos, benefícios e desafios no contexto da Indústria 4.0. A escolha do tema se justifica pela relevância dessa tecnologia para a transformação de setores tradicionais e pela necessidade de compreender como ela pode contribuir para uma produção mais sustentável e inovadora.

A seguir, são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para a condução da pesquisa.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa e bibliográfica, fundamentada na análise interpretativa de publicações acadêmicas e relatórios institucionais sobre a aplicação da manufatura aditiva no contexto da Indústria 4.0.

Cabe destacar que, no semestre anterior, foi conduzida uma pesquisa de caráter exploratório, utilizando questionário eletrônico (via Google Forms), com o objetivo de identificar percepções gerais sobre o uso e o potencial da impressão 3D no setor de brinquedos. Os resultados daquela etapa inicial serviram como subsídio para a definição do escopo e da linha teórica adotada neste artigo.

Cabe destacar que, no semestre anterior, foi conduzida uma pesquisa de caráter exploratório, com abordagem qualitativa, aplicada entre os meses de fevereiro e junho de 2025. O levantamento foi realizado por meio de um formulário eletrônico estruturado (Microsoft Forms), direcionado a seis gestores de uma indústria brasileira de brinquedos. O instrumento contou com termo de consentimento e uma pergunta aberta: “Quais mudanças você entende que devem existir no processo produtivo de brinquedos para integração das tecnologias da Indústria 4.0”?

As respostas obtidas foram processadas por meio de uma nuvem de palavras, permitindo identificar conceitos recorrentes como automação, sustentabilidade, personalização e capacitação profissional. Os resultados indicaram que a transformação digital tem impactado de forma significativa o setor, especialmente no que se refere à modernização das fábricas, ao uso de sistemas inteligentes e à necessidade de formação de profissionais qualificados. Essa etapa serviu como subsídio empírico para o desenvolvimento teórico deste artigo.

Conforme Gil (2002) a pesquisa bibliográfica permite examinar diferentes abordagens teóricas sobre um mesmo fenômeno, proporcionando uma compreensão ampla e crítica do tema.

Nesta segunda fase, o trabalho concentra-se exclusivamente na pesquisa bibliográfica. A coleta de dados foi realizada em bases reconhecidas, como Google Scholar, SciELO e periódicos internacionais, priorizando publicações dos últimos cinco anos. Utilizaram-se os descritores “Indústria 4.0”, “manufatura aditiva”, “impressão 3D” e “produção de brinquedos”, visando delimitar os estudos mais relevantes e atuais.

Os critérios de inclusão contemplaram publicações em português e inglês que abordassem a relação entre impressão 3D e a indústria de brinquedos, bem como as dimensões tecnológicas e econômicas da manufatura aditiva. Foram excluídas fontes sem rigor científico, mantendo-se apenas reportagens e sites institucionais como exemplos ilustrativos do cenário nacional.

Por fim, a análise dos dados foi conduzida de forma interpretativa, buscando identificar convergências, divergências e lacunas na literatura, com o intuito de construir uma visão crítica sobre o papel da impressão 3D na transformação dos processos produtivos do setor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Benefícios da Impressão 3D no Setor de Brinquedos

A literatura revisada mostra que a manufatura aditiva tem se consolidado como uma das tecnologias mais transformadoras da Indústria 4.0, especialmente na produção de brinquedos. Sua aplicação permite prototipagem mais ágil, personalização de produtos e redução significativa de desperdícios durante o processo produtivo.

De acordo com Martins e Silva (2020) o uso da manufatura aditiva encurta o ciclo de desenvolvimento, reduz custos e amplia a capacidade de experimentação, permitindo que as empresas testem novas ideias de forma rápida e com menor risco financeiro. Essa flexibilidade favorece a inovação contínua, um fator essencial para marcas que dependem da criatividade e da diferenciação no mercado.

Rayna e Striukova (2016) acrescentam que a impressão 3D expande as possibilidades de criação de brinquedos personalizados e até de caráter educativo, adaptados às preferências individuais do consumidor. Nesse sentido, tal flexibilidade fomenta modelos de negócio

ancorados na produção sob demanda e na comercialização de arquivos digitais, um conceito que transforma a relação entre fabricante e cliente.

Segundo Gibson, Rosen e Stucker (2021) a manufatura aditiva viabiliza a prototipagem funcional com rapidez e precisão, o que é especialmente relevante em brinquedos que exigem rigor em segurança e ergonomia. O uso de impressoras 3D permite simular peças e testar encaixes antes da fabricação final, reduzindo custos e tempo de retrabalho.

A sustentabilidade também aparece como um dos principais benefícios. Gebler, Uiterkamp e Visser (2014) demonstram que a impressão 3D reduz o consumo de matéria-prima e energia, contribuindo para uma produção mais limpa e eficiente. A possibilidade de fabricar peças localmente diminui a necessidade de transporte e, conseqüentemente, as emissões associadas à logística.

Schwab (2016) observa que essa tecnologia rompe com o modelo produtivo tradicional ao deslocar parte da manufatura para o ambiente digital, proporcionando maior autonomia e rapidez na tomada de decisão. Esse novo paradigma aproxima o consumidor do processo criativo, permitindo que ele participe da personalização e agregue valor simbólico ao produto.

No aspecto operacional, a manufatura aditiva também traz vantagens para a gestão de estoques e a logística. Com a possibilidade de produzir peças sob demanda, as empresas reduzem a necessidade de manter grandes volumes armazenados, o que otimiza o espaço físico e diminui custos de armazenagem.

Por fim, Berman (2012) a literatura evidencia que essa tecnologia de fabricação aditiva favorece a democratização da inovação, ao permitir que pequenas e médias empresas acessem recursos tecnológicos antes restritos a grandes corporações. Essa abertura estimula a competitividade e fortalece um ecossistema de inovação mais colaborativo, onde ideias podem ser testadas, aprimoradas e lançadas com rapidez.

Em conjunto, esses estudos indicam que a impressão 3D representa um caminho estratégico para a modernização da indústria de brinquedos, combinando eficiência produtiva, sustentabilidade e personalização, pilares fundamentais da Indústria 4.0.

Desafios e Limitações

Embora a manufatura aditiva acumule ganhos importantes, sua incorporação ao cotidiano da indústria brinquedista ainda esbarra em condicionantes técnicos e organizacionais. Como observam Gibson, Rosen e Stucker (2021), dois entraves persistem para a adoção em escala: o custo de aquisição e manutenção de equipamentos de maior porte e a

oferta limitada de materiais certificados para aplicações industriais. Soma-se a isso a cadência produtiva, que, em diversos cenários, não rivaliza com métodos convencionais, restringindo o uso da tecnologia em linhas de alto volume e rápida reposição.

Um segundo eixo crítico diz respeito à formação profissional. Pazhamannil e Govindan (2021) destacam que a ausência de técnicos e engenheiros plenamente familiarizados com softwares de modelagem, parametrização de processo e calibração de impressoras compromete rendimento e qualidade. Nessa perspectiva, capacitar pessoas é tão estratégico quanto adquirir máquinas; o avanço do setor depende de políticas educacionais que aproximem a formação acadêmica das demandas tecnológicas do mercado.

A padronização também constitui outra frente sensível. De acordo com Hossain et al. (2022), a carência de normas de qualidade e de requisitos de certificação de materiais e processos dificulta a inserção da impressão 3D em cadeias produtivas amplas e interconectadas. Sem referenciais compartilhados, empresas tendem a adotar padrões próprios, o que reduz a interoperabilidade e limita o intercâmbio de projetos e insumos entre fornecedores.

No plano jurídico-regulatório, Rayna e Striukova (2016) chamam atenção para o terreno ainda sensível da propriedade intelectual. A facilidade de replicação e distribuição de arquivos digitais eleva o risco de cópias não autorizadas e falsificações, exigindo mecanismos mais robustos de proteção de design e direitos autorais, bem como orientações claras para ambientes de cocriação e personalização.

Quando se observa o contexto brasileiro, o SENAI CIMATEC (2022) aponta que o investimento inicial em equipamentos e insumos continua sendo barreira sobretudo para pequenas e médias empresas. Limitações de infraestrutura tecnológica e acesso a materiais de alto desempenho ampliam a distância em relação a países que já operam com ecossistemas mais maduros da Indústria 4.0.

Apesar dos obstáculos, o quadro não é estático. Gebler, Uiterkamp e Visser (2014) lembram que a evolução tecnológica tende a reduzir custos e ampliar o leque de materiais, especialmente quando há parcerias entre universidades, centros de pesquisa e empresas. Tais arranjos têm viabilizado soluções locais, modelos de negócio mais enxutos e caminhos de adoção gradual que equilibram inovação e viabilidade econômica.

Em síntese, a consolidação da manufatura aditiva como ferramenta produtiva no universo dos brinquedos requer um conjunto coordenado de ações: investimento tecnológico

com critério, formação continuada de equipes, padronização técnica e certificação compatíveis com requisitos de segurança e, por fim, fortalecimento da cadeia de suprimentos para garantir disponibilidade de materiais e serviços especializados.

Inovação e Exemplos no Cenário Brasileiro

No contexto nacional, o setor de brinquedos ainda apresenta predominância de processos convencionais, como a injeção plástica, mas já demonstra avanço na adoção de tecnologias digitais. Reportagens da Veja São Paulo (2025) e exemplos de empresas como Plaskit, Poliplás Ferramentaria e JM Brinquedos mostram que a integração entre moldes tradicionais e impressão 3D está em expansão.

Apesar do uso ainda incipiente, percebe-se um movimento de modernização gradual, impulsionado por pequenas e médias indústrias. Esse processo reflete uma busca crescente por eficiência, sustentabilidade e autonomia tecnológica.

Apesar de gargalos históricos de infraestrutura e difusão tecnológica, o Brasil tem avançado em iniciativas de transformação digital com foco direto na qualificação de pessoas e na experimentação prática de novas soluções. Conforme o SENAI (2019), ações de capacitação e projetos-piloto vêm aproximando empresas de diferentes portes de impressoras 3D e softwares de modelagem, encurtando a distância entre o desenho digital e a peça funcional. No cotidiano das fábricas, esse movimento se traduz em protótipos mais rápidos, ciclos de teste mais curtos e maior segurança na tomada de decisão antes do investimento em moldes ou séries longas.

Essa inflexão não ocorre de forma isolada. O SENAI CIMATEC (2022) registra crescimento do uso da impressão 3D em áreas como educação, automotivo e brinquedos, muito impulsionado por parcerias entre indústria e centros de pesquisa. Nesses arranjos, a tecnologia prospera quando há duas condições simultâneas: formação técnica consistente (capaz de operar, parametrizar e avaliar resultados) e integração com ambientes de inovação universidades, startups e parques tecnológicos que ampliam o repertório e permitem compartilhar infraestrutura crítica.

No recorte da indústria brinquedista, a literatura nacional associa inovação a uma combinação indissociável de criatividade, tecnologia e design. Polizelli e Ruiz Jr. (2017) defendem a manufatura aditiva como alavanca para produtos diferenciados e mais sustentáveis, enquanto Martins e Silva (2020) mostram seu efeito direto na agilidade de prototipagem e na personalização de soluções, reduzindo o tempo de resposta às mudanças do

mercado. Em segmentos guiados por lançamentos frequentes e forte apelo estético, esses ganhos cumprem papel competitivo evidente.

O avanço também se espalha pela base do sistema produtivo. Segundo o SEBRAE (2023), micro e pequenas empresas vêm acessando a impressão 3D por meio de redes colaborativas e fab labs, onde o compartilhamento de equipamentos e a mentoria técnica derrubam custos de entrada e aceleram a aprendizagem. Para quem não dispõe de laboratório próprio, esse ecossistema torna viável testar geometrias, validar encaixes e evoluir o design antes de comprometer capital com ferramental.

Em síntese, a consolidação da impressão 3D no país depende de uma equação relativamente clara e recorrente nas publicações nacionais: pesquisa aplicada, apoio governamental e conexão efetiva entre empresas e instituições de ensino (SENAI, 2019; SENAI CIMATEC, 2022; SEBRAE, 2023). Quando essas frentes caminham juntas, a manufatura aditiva deixa de ser um experimento pontual e se converte em capacidade instalada, elevando a competitividade, a sustentabilidade e a densidade tecnológica da indústria brasileira de brinquedos.

Inovação e Exemplos Internacionais

Polizelli e Ruiz Jr. (2017) evidenciam, no caso da LEGO, como a integração entre cultura organizacional, design e tecnologia sustentou a inovação contínua da marca.

No debate internacional, chama atenção a busca por métodos de desenvolvimento que conciliem criatividade com requisitos de segurança e qualidade. Beinlich (2017) propõe uma metodologia estruturada para a concepção de brinquedos que integra etapas de validação de segurança, ergonomia e sustentabilidade, dimensões que ganham eficiência quando a impressão 3D é incorporada ao ciclo de projeto, permitindo ajustes finos antes do investimento em ferramental. A lógica é clara: prototipar, testar e iterar com rapidez, reduzindo incertezas e assegurando conformidade normativa desde as fases iniciais.

Entre os casos corporativos, a Mattel figura como referência pela aplicação sistemática de manufatura aditiva em linhas como Barbie e Hot Wheels. Segundo o Mattel Annual Innovation Report (2022), a adoção da impressão 3D reduziu em até 30% o tempo de desenvolvimento de protótipos, ampliando a capacidade de experimentação dos times de design e encurtando o caminho entre conceito e validação. Em mercados pressionados por lançamentos frequentes e forte personalização, esses ganhos de tempo e precisão tornam-se determinantes para a competitividade.

A Hasbro também avança nesse terreno. Em 2021, a companhia firmou parceria com a Formlabs para viabilizar brinquedos customizados com base em personagens de Star Wars e Power Rangers. Conforme comunicado oficial da Hasbro (2021), o arranjo técnico-operacional permite que o consumidor escolha o design do rosto e encomende sua própria versão do produto um passo concreto rumo à personalização em escala, apoiada por fluxo de produção flexível e capacidades aditivas.

Em termos comparativos, observa-se o mesmo vetor: a manufatura aditiva funciona como catalisadora de inovação, ao combinar tradição de marca com eficiência de processo e design orientado ao usuário. Mais do que reduzir custos e prazos, a impressão 3D reconfigura a relação com o público, estimulando cocriação e proximidade nas etapas de desenvolvimento. Nesse cenário, a empresa passa a iterar com dados reais de uso e preferência, enquanto o consumidor assume papel ativo no resultado final uma mudança de paradigma coerente com a dinâmica da economia criativa e com os princípios da Indústria 4.0.

Crescimento do Mercado Brasileiro e Internacional

De acordo com MarketsandMarkets (2025) e Grand View Research (2024) o mercado global de impressão 3D deve crescer de US\$ 16 bilhões (2025) para até US\$ 88 bilhões (2030). No Brasil, embora o crescimento seja mais lento, observa-se expansão constante: de R\$ 250 milhões em 2020 para R\$ 1,6 bilhão projetados para 2030 (ABDI, 2020; SENAI CIMATEC, 2022).

A discrepância evidencia assimetrias de maturidade e, ao mesmo tempo, abre janela de oportunidade para nichos de alto valor agregado, especialmente em setores estratégicos como saúde, educação e manufatura (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1 - Projeção do Mercado Global de Impressão 3D (2024/2030)

Ano	Valor estimado (US\$ bilhões)	Fonte
2024	15,39	MarketsandMarkets (2025)
2025	16,16	MarketsandMarkets (2025)
2030	35,79-88,20	MarketsandMarkets (2025); Grand View Research (2024)

Fonte: Elaboração própria adaptado com base em MarketsandMarkets (2023; 2025) e Grand View Research (2024).

Ano	Valor estimado (R\$ milhões)	Observações
2020	250	Expansão inicial com apoio de instituições e investimentos (ABDI, 2020)

2022	400	Crescimento em produtos e protótipos industriais (SENAI CIMATEC, 2022)
2023	500	Crescimento em pequenas indústrias e startups (ABDI, 2020)
2025	800	Avanço em aplicações industriais e médicas (SENAI CIMATEC, 2022)
2030	1.600	Projeção de expansão com base em tendências e investimentos (ABDI, 2020; SENAI CIMATEC, 2022)

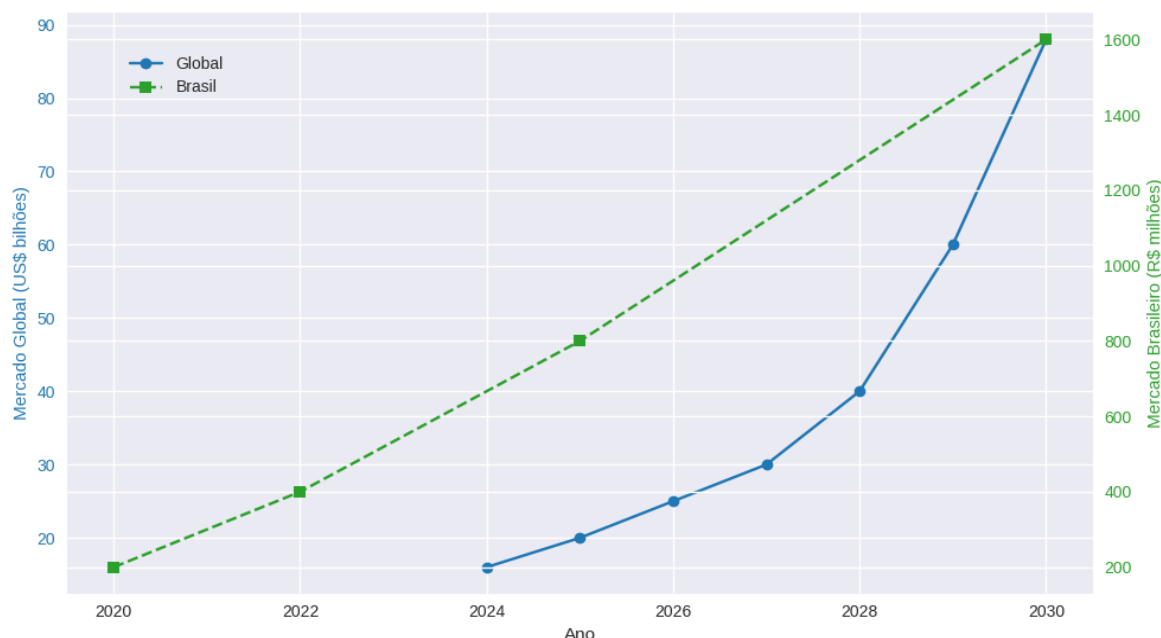
Tabela 2 - Projeção do Mercado Brasileiro de Impressão 3D (2020/2030)

Fonte: Elaboração própria adaptado com base em ABDI (2020) e SENAI CIMATEC (2022)

A comparação entre as projeções globais e brasileiras revela uma diferença expressiva em termos de escala e maturidade de mercado. Enquanto o cenário internacional já aponta cifras bilionárias a partir de 2025, com possibilidade de ultrapassar US\$ 70 bilhões em 2026, o Brasil ainda apresenta valores modestos, inferiores a R\$ 2 bilhões até 2030.

Esse contraste pode ser observado de forma clara na (Figura 1), que demonstra o crescimento paralelo dos dois mercados. Embora o país apresente uma defasagem significativa, o ritmo de expansão brasileiro é constante e promissor.

Figura 01 – Projeção do Crescimento do Mercado de Impressão 3D: Global x Brasil (2020/2030)



Fonte: Elaboração própria adaptado com base em MarketsandMarkets (2025), Grand View Research (2024), ABDI (2020) e SENAI CIMATEC (2022).

A análise reforça que, apesar do estágio inicial, o Brasil possui amplo potencial de expansão, especialmente em setores estratégicos como saúde, educação e manufatura. Para

reduzir a defasagem em relação às economias mais avançadas, tornam-se essenciais: políticas públicas de incentivo à inovação, ampliação dos investimentos privados em pesquisa e desenvolvimento, e fortalecimento das parcerias entre universidades, centros de pesquisa e indústrias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do trabalho, discutimos como a fabricação aditiva vem redesenhando rotinas de projeto e produção na indústria brinquedista. A leitura crítica da literatura, somada aos exemplos analisados, indica que essa tecnologia deixou de ser apenas um recurso de prototipagem para ocupar lugar estratégico nas decisões de desenvolvimento de produto, encurtando ciclos, abrindo espaço à personalização e reduzindo perdas de material.

Do ponto de vista prático, os casos reunidos ajudam a dimensionar esse movimento. No cenário nacional, iniciativas ora incorporando acessórios impressos sob demanda, ora utilizando impressão 3D internamente na modelagem e validação de protótipos ilustram caminhos viáveis de adoção gradual. Em âmbito internacional, experiências de líderes do setor mostram que a integração entre design digital, manufatura aditiva e gestão de portfólio tende a acelerar lançamentos e a ampliar o leque de soluções customizadas.

É importante, contudo, reconhecer o escopo desta pesquisa. Tratou-se de um estudo bibliográfico e exploratório, voltado a consolidar evidências, mapear convergências e identificar lacunas. Como desdobramento natural, recomenda-se a realização de investigações empíricas com empresas do setor, capazes de mensurar ganhos reais (tempo, custo, qualidade) e de avaliar impactos organizacionais da adoção dessa tecnologia.

Os benefícios reiterados pela literatura ficam claros: redução de etapas e retrabalhos, maior liberdade de forma no design, possibilidade de produção sob demanda e, não menos relevante, ganhos ambientais associados ao uso mais parcimonioso de insumos. Nos mercados em que a diferenciação pesa, a personalização em escala surge como ativo competitivo concreto.

Há, entretanto, condicionantes que precisam ser enfrentados. O investimento inicial ainda é significativo para muitas empresas; materiais certificados para aplicações específicas permanecem limitados; e a formação de equipes capazes de operar software e hardware com segurança e padronização demanda tempo e políticas consistentes de capacitação. Some-se a isso a necessidade de normas técnicas e de mecanismos jurídicos mais claros para proteger desenho e propriedade intelectual em ecossistemas baseados em arquivos digitais.

No Brasil, esses desafios são potencializados por assimetrias de infraestrutura e acesso à tecnologia. Mesmo assim, observa-se um avanço gradual: quando a impressão 3D é introduzida em etapas bem escolhidas como prototipagem funcional, ferramental auxiliar ou pequenos lotes, os resultados tendem a ser tangíveis e a criar uma trajetória de aprendizagem organizacional.

Em síntese, a manufatura aditiva desponta como janela concreta de modernização para a indústria de brinquedos. O valor transcende o artefato e se manifesta no processo: como as firmas concebem, testam e lançam produtos. Para que esse potencial se converta em prática disseminada, é recomendável articular três frentes: (I) capacitação técnica contínua; (II) padronização e certificação de processos e materiais; e (III) cooperação entre empresas, universidades e centros tecnológicos, a fim de reduzir custos de adoção e acelerar a difusão de conhecimento.

Diante do exposto, concluímos que a impressão 3D tende a consolidar-se como vetor de transformação permanente no setor, favorecendo modelos produtivos mais ágeis, sustentáveis e orientados ao usuário. Com políticas de fomento, investimentos em pesquisa aplicada e ambientes de inovação colaborativos, o país reúne condições para converter experiências pontuais em ganhos estruturais inaugurando, de fato, um novo paradigma de desenvolvimento e fabricação de brinquedos.

A Tabela 3 sintetiza benefícios e desafios práticos da manufatura aditiva em brinquedos.

Tabela 3 – Benefícios e Desafios da Impressão 3D no Setor de Brinquedos

Aspectos	Benefícios	Desafios
“Prototipagem Rápida”	Redução de custos e tempo de desenvolvimento. Possibilidade de testar novas ideias rapidamente.	Custo inicial de impressoras 3D e a limitação de velocidade de produção em larga escala.
“Personalização de Produtos”	Possibilidade de personalização em massa, atendendo às preferências individuais dos consumidores.	Desafio de garantir a consistência e qualidade dos produtos personalizados.
“Sustentabilidade”	Redução de desperdício de material e menor consumo de energia.	Dificuldade em encontrar materiais sustentáveis que atendam às normas de segurança.

Aspectos	Benefícios	Desafios
“Inovação no Design”	Maior liberdade criativa para desenvolvedores de brinquedos, com possibilidades quase ilimitadas.	Necessidade de certificação de peças e adequação a normas de segurança.

“Eficiência na Logística”	Redução de custos com estocagem e maior agilidade no processo produtivo.	Alta dependência de infraestrutura técnica (impressoras, softwares especializados).
“Acessibilidade e Competitividade”	Permite que pequenas e médias empresas acessem recursos tecnológicos de ponta.	O investimento inicial e a escassez de formação profissional dificultam a adoção.

Fonte: Elaboração própria adaptado com base em Martins & Silva (2020), Rayna & Striukova (2016), Gibson et al. (2021), Gebler et al. (2014), Schwab (2016), Hossain et al. (2022), Polizelli & Ruiz Jr. (2017).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Manufatura aditiva no Brasil: oportunidades e desafios*. Brasília: ABDI, 2020.

BEINLICH, Simone. *Metodologia para o desenvolvimento de brinquedos*. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2392/1/PG_PPGEPP_M_Beinlich%2C%20Simone_2017.pdf>. Acesso em: 2 out. 2025.

BERMAN, Barry. 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, v. 55, n. 2, p. 155–162, 2012. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>>.

BRINQUEDOS PARA CRIANÇAS. *A história dos brinquedos: da origem aos dias atuais*. [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: <<https://brinquedosparacrianças.com.br/blog/historia-dos-brinquedos/>>. Acesso em: 2 out. 2025.

CÂMARA, Beatriz. *A história dos brinquedos: conheça o surgimento dos brinquedos*. [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: <<https://universodelas.com.br/historia-dos-brinquedos/>>. Acesso em: 2 out. 2025.

GBLER, Malte; SCHOOT UITERKAMP, Anton J. M.; VISSER, Cindy. A global sustainability perspective on 3D printing technologies. *Energy Policy*, v. 74, p. 158–167, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.028>>.

GIBSON, Ian; ROSEN, David; STUCKER, Brent. *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. 3. ed. New York: Springer, 2021.

GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAND VIEW RESEARCH. *3D Printing Market Size, Share & Trends Analysis Report by Component, Printer Type, Technology, Software, Application, Vertical, and Segment Forecasts, 2024–2030*. San Francisco: Grand View Research, 2024. Disponível em: <<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-industry-analysis>>. Acesso em: 5 out. 2025.

HASBRO. *Formlabs and Hasbro partner to create personalized action figures*. Pawtucket: Hasbro Press Release, 2021. Disponível em: <<https://press.hasbro.com>>. Acesso em: 21 out.

2025.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Dortmund: Technische Universität Dortmund, 2016.

HOSSAIN, M.; MAHMOOD, A.; AHMED, S.; AKTER, S. Challenges and future trends in additive manufacturing: a comprehensive review. *Journal of Manufacturing Processes*, v. 73, p. 322–340, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.11.024>>. Acesso em: 21 out. 2025.

JM BRINQUEDOS. *JM Brinquedos – JM Injeplast*. [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: <<https://jminjeplast.com.br/jmbrinquedos/>>. Acesso em: 2 out. 2025.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*. Berlin: Acatech, 2013.

MARKETSANDMARKETS. *3D Printing Market by Offering (Printers, Materials, Software, Services), Technology (FDM, SLA, SLS), Process, Application, Vertical – Global Forecast to 2030*. Pune: MarketsandMarkets, 2025. Disponível em: <<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/3d-printing-market-1276.html>>. Acesso em: 5 out. 2025.

MARTINS, A.; SILVA, R. Impressão 3D e inovação no setor de brinquedos. *Revista Brasileira de Design e Tecnologia*, v. 9, n. 2, p. 45–59, 2020.

MATTEL. *Annual Innovation Report 2022*. El Segundo: Mattel Inc., 2022. Disponível em: <<https://corporate.mattel.com>>. Acesso em: 21 out. 2025.

PAZHAMANNIL, R.; GOVINDAN, K. Additive manufacturing challenges in Industry 4.0: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 60, p. 738–752, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.07.012>>.

PLASKIT. *Molde de injeção para indústria de brinquedos*. [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: <<https://plaskit.com.br/molde-de-injecao-para-industria-de-brinquedos/>>. Acesso em: 2 out. 2025.

POLIPLÁS FERRAMENTARIA. *Home – Poliplás Ferramentaria*. [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: <<https://poliplasferramentaria.com.br/>>. Acesso em: 2 out. 2025.

POLIZELLI, Demerval Luiz; RUIZ JR., José. Tecnologias de informação, valores e cultura na indústria de brinquedos LEGO. *Revista Científica*, v. 1, n. 1, p. 1–15, 2017. Disponível em: <https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170510155758.pdf>. Acesso em: 2 out. 2025.

RAYNA, Thierry; STRIUKOVA, Ludmila. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 102, p. 214–224, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.07.023>>.

SCHWAB, Klaus. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SEBRAE. *Transformação digital e inovação nas micro e pequenas empresas brasileiras: relatório*

técnico 2023. Brasília: SEBRAE, 2023. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 21 out. 2025.

SENAI. *Mapa da Indústria 4.0 no Brasil*. Brasília: SENAI, 2019. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/senai>>. Acesso em: 2 out. 2025.

SENAI CIMATEC. *Estudo sobre a Indústria 4.0 e a manufatura aditiva no Brasil*. Salvador: SENAI CIMATEC, 2022.

VEJA SÃO PAULO. *Conheça o processo de criação dos brinquedos que alegram a meninada*. São Paulo: Editora Abril, 2025. Disponível em: <<https://vejasp.abril.com.br/cultura-lazer/brinquedo-fabrica-como-se-faz/>>. Acesso em: 2 out. 2025.