

APLICAÇÃO DA MANUFATURA ADITIVA NA REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADA DE ÔNIBUS E OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO OPERACIONAL

Ariel Brandão Dutra¹, Guilherme Weirich Bezerra², Nicolas Ramos Mance³, Pedro Grocosky Neto⁴, Rafaelly Louise da Silva Vaz⁵, Tiago Fibla Rodrigues de Freitas⁶ e Jonas Eduardo Rocha⁷

RESUMO

Este artigo analisa a aplicação da manufatura aditiva (impressão 3D) na manutenção da empresa Auto Viação Redentor, com foco na redução do tempo de parada dos ônibus e dos custos operacionais. A empresa, referência no transporte coletivo de Curitiba, enfrenta problemas relacionados ao alto custo e à demora na reposição de peças, especialmente os botões de acionamento das portas, que possuem alta taxa de substituição. A pesquisa tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da impressão 3D para produzir essas peças, utilizando uma metodologia que combina revisão bibliográfica, observações em campo, entrevistas e análise de dados da manutenção.

Palavras-chave: Manufatura aditiva; Manutenção de ônibus; Redução de custos.

ABSTRACT

This article analyzes the application of additive manufacturing (3D printing) in the maintenance sector of Auto Viação Redentor, focusing on reducing bus downtime and operational costs. The company, a reference in public transportation in Curitiba, faces challenges related to the high cost and long lead time for replacing components, especially door control buttons, which have a high replacement rate. The study aims to evaluate the technical and economic feasibility of using 3D printing to manufacture these components. The methodology combines bibliographic research, field observations, interviews, and maintenance data analysis. The results indicate that additive manufacturing can reduce replacement costs, decrease dependence on external suppliers, shorten component acquisition time, and improve fleet availability. Therefore, the proposed solution presents technical and economic viability, contributing to the optimization of maintenance processes and operational efficiency.

Keywords: Additive manufacturing; Bus maintenance; Cost reduction.

¹ UniSenaiPR - Engenharia Automotiva - Campus: Jardim Botânico - E-mail: potedemel24@gmail.com

² UniSenaiPR - Engenharia Automotiva - Campus: Jardim Botânico - E-mail: guiwbezerra@gmail.com

³ UniSenaiPR - Engenharia Automotiva - Campus: Jardim Botânico - E-mail: nelsonmance@gmail.com

⁴ UniSenaiPR - Engenharia Automotiva - Campus: Jardim Botânico - E-mail: pedrogrocosky78@gmail.com

⁵ UniSenaiPR - Engenharia Automotiva - Campus: Jardim Botânico - E-mail: ro2009_vaz@hotmail.com

⁶ UniSenaiPR - Engenharia Automotiva - Campus: Jardim Botânico - E-mail: eleni.sara@terra.com.br

⁷ UniSenaiPR - Engenharia Automotiva - Campus: Jardim Botânico - E-mail: jonas.rocha@sistefiep.org.br (Autor correspondente)

1. INTRODUÇÃO “MÃOS NA MASSA”

1.1 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA (dados cadastrais)

A empresa Auto Viação Redentor, fundada em 1947, a princípio como Transporte Coletivo Glória, esse que futuramente foi passado ao controle da família Gulin, iniciou-se em 1980 e consolidou-se como uma das maiores organizações de transporte coletivo da cidade de Curitiba. Destacando-se pela sua infraestrutura e capacidade de atendimento, a empresa opera atualmente com uma frota de cerca de 310 ônibus distribuídos em 82 linhas urbanas, incluindo 37 modelos biarticulados, que são considerados referência mundial em mobilidade. Atualmente sob a gestão da segunda e terceira gerações da família fundadora, a Redentor reafirma seu compromisso com a população através de uma força de trabalho composta por 1.400 colaboradores, os quais são responsáveis diretos e indiretos por uma operação diária que abrange aproximadamente 54 mil quilômetros rodados.

1.2 CONTEXTO ATUAL DA SITUAÇÃO

No contexto atual da empresa do transporte coletivo de Curitiba, a Auto Viação Redentor destaca-se como uma empresa de grande relevância. Contudo, a operação enfrenta desafios significativos relacionados ao alto custo de reposição das peças e ao tempo de inatividade das frotas na garagem, o que gera prejuízos financeiros e compromete a manutenção da segurança operacional. Para mitigar essa problemática, este trabalho investiga a aplicação da manufatura aditiva no setor de manutenção da empresa. O objetivo é desenvolver soluções que reduzam o tempo de parada dos veículos e aumentem a disponibilidade de peças para trocas, substituições e projetos, maximizando assim a eficiência e a disponibilidade da frota.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica da aplicação da manufatura aditiva na produção de peças de reposição para o setor de manutenção da Auto Viação Redentor, buscando aumentar a disponibilidade da frota e reduzir custos operacionais.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar as principais causas das falhas e da indisponibilidade de componentes utilizados na frota de ônibus da empresa.
- Analisar os custos relacionados à substituição, aquisição e tempo de espera por peças de reposição, avaliando seus impactos na manutenção e na disponibilidade dos veículos.
- Pesquisar tecnologias de fabricação e reparo de componentes, com destaque para a manufatura aditiva (impressão 3D), verificando sua aplicabilidade no setor de transporte coletivo.
- Comparar as soluções convencionais de reposição de peças com alternativas baseadas em manufatura aditiva, considerando critérios técnicos, econômicos e operacionais.
- Propor melhorias que contribuam para a redução do tempo de parada dos veículos e para a otimização dos processos de manutenção da empresa.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa e quantitativa, com o objetivo de analisar e propor soluções para a redução do tempo de inatividade de veículos na empresa Auto Viação Redentor.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para fundamentar os conceitos relacionados à manutenção industrial, manufatura aditiva (impressão 3D) e engenharia de componentes. Essa etapa possibilitou compreender as tecnologias disponíveis e suas aplicações no setor de transporte coletivo.

Em seguida, foi conduzida uma pesquisa de campo na empresa, por meio de observações diretas do ambiente de manutenção, entrevistas com profissionais da área e análise documental de registros de falhas e substituição de peças. Essas informações foram utilizadas para identificar os principais componentes com alto índice de troca e indisponibilidade.

Posteriormente, foram analisados os custos envolvidos na substituição de peças e comparadas alternativas tradicionais com soluções baseadas em manufatura aditiva. Também foram avaliados critérios técnicos para reparo, substituição ou reprojeção de componentes.

Por fim, os dados coletados foram organizados e interpretados, permitindo a proposição de soluções viáveis e a elaboração de um plano de ação voltado à otimização do processo de manutenção e à melhoria da disponibilidade da frota. Os dados referentes ao consumo de botões, custos de aquisição, histórico de reposição e movimentação de estoque foram obtidos por meio da análise de registros internos da Auto Viação Redentor, considerando o período de 12 de junho de 2025 a 12 de junho de 2026 (AUTO VIAÇÃO REDENTOR, 2026).

1.5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento de sistemas de acionamento de portas em ônibus urbanos envolve aspectos de ergonomia, engenharia de componentes, manutenção e conformidade com normas técnicas. Esses fatores são essenciais para garantir a segurança operacional, o conforto do motorista e a eficiência do transporte coletivo.

No contexto ergonômico, o posicionamento dos botões de acionamento deve considerar o alcance manual do condutor, evitando movimentos excessivos que possam comprometer sua atenção durante a condução. De acordo com Lida (2005) e

Grandjean (1998), os comandos devem estar localizados dentro da zona de alcance confortável, permitindo acionamento rápido e preciso, sem a necessidade de deslocamento do tronco ou perda do campo visual.

Do ponto de vista técnico, os sistemas modernos substituem comandos mecânicos tradicionais por dispositivos eletrônicos integrados. Segundo o *Automotive Handbook* (Bosch, 2018), veículos atuais utilizam redes multiplexadas, como a rede CAN, permitindo que os comandos dos botões sejam processados por centrais eletrônicas responsáveis pelo gerenciamento das funções do veículo. Esse sistema possibilita o intertravamento lógico, impedindo, por exemplo, a abertura das portas com o veículo em movimento.

Além da funcionalidade operacional, os botões de acionamento são componentes sujeitos ao desgaste devido à frequência de utilização e às condições de operação dos veículos de transporte coletivo. Quando ocorre a falha ou a indisponibilidade desses componentes, o processo de manutenção pode ser comprometido, resultando em aumento do tempo de parada dos veículos e impactos na disponibilidade da frota.

Nesse contexto, torna-se importante buscar alternativas que permitam agilizar a reposição de componentes e reduzir a dependência de fornecedores externos. A utilização de tecnologias de fabricação para reprodução ou reprojeção de peças pode representar uma solução viável para a manutenção, principalmente em situações de indisponibilidade ou elevado tempo de espera para reposição.

Os botões também são projetados com características específicas para facilitar sua identificação e utilização, como diferenciação por cor, textura e formato, além de *feedback* visual por meio de LEDs indicadores de status. Essas soluções contribuem para a eficiência operacional e reduzem a possibilidade de erros de acionamento.

A conformidade com normas técnicas é fundamental no desenvolvimento desses sistemas. O Regulamento nº 107 da UNECE estabelece requisitos internacionais para a construção de ônibus, incluindo critérios de segurança para portas. No Brasil, a Resolução CONTRAN nº 946/2022 determina a obrigatoriedade

de sistemas de intertravamento, garantindo que o veículo não se movimente com as portas abertas.

Complementarmente, a ABNT NBR 15570 define requisitos técnicos para veículos urbanos, incluindo aspectos relacionados à ergonomia do posto do motorista, enquanto a ABNT NBR 14022 trata da acessibilidade, exigindo sinalização adequada para sistemas de embarque e desembarque de passageiros.

Por fim, a norma ISO 2575 padroniza os símbolos utilizados nos comandos automotivos, garantindo que os botões de acionamento sejam facilmente compreendidos pelos operadores e mantenham um padrão internacional de identificação.

Dessa forma, o estudo dos botões de acionamento de portas deve integrar princípios ergonômicos, requisitos normativos, aspectos de manutenção e confiabilidade operacional, buscando soluções que contribuam para a redução do tempo de parada dos veículos e para a melhoria da eficiência dos processos de manutenção no transporte coletivo.

2. VIVENCIANDO A INDÚSTRIA

2.1 JUSTIFICATIVA

Durante as observações realizadas no setor de manutenção da Auto Viação Redentor, verificou-se que os botões de acionamento das portas apresentam elevada demanda de substituição. Em média, são trocados aproximadamente 11 botões por mês, totalizando 139 unidades substituídas ao longo de um ano (AUTO VIAÇÃO REDENTOR, 2026). Esse volume evidencia a importância desse componente para a operação da frota e para a disponibilidade dos veículos.

Atualmente, o custo médio de aquisição do botão original é de aproximadamente R\$ 152,38 por unidade. Dessa forma, a empresa apresenta um gasto médio mensal de cerca de R\$ 1.765,05 apenas com a reposição desse componente. Em termos anuais, o valor gasto com a aquisição dos botões alcança

R\$ 21.180,54 (AUTO VIAÇÃO REDENTOR, 2026), sem considerar custos indiretos relacionados ao tempo de parada dos veículos e às atividades de manutenção.

Além do custo de aquisição, outro fator que impacta o processo é o prazo médio de entrega da peça, que pode chegar a aproximadamente 17 dias. Essa demora pode aumentar a indisponibilidade dos veículos quando não há peças suficientes em estoque, afetando a eficiência operacional da empresa.

Como alternativa, propõe-se a utilização da manufatura aditiva (impressão 3D) para a fabricação dos botões. O custo estimado de produção do componente por impressão 3D é de aproximadamente R\$ 25,00 por unidade, representando uma economia de cerca de R\$ 127,38 por peça em comparação ao componente original.

Considerando a substituição média de aproximadamente 11 botões por mês, a economia gerada pode chegar a cerca de R\$ 1.475,51 por mês, resultando em uma economia anual estimada de aproximadamente R\$ 17.706,15.

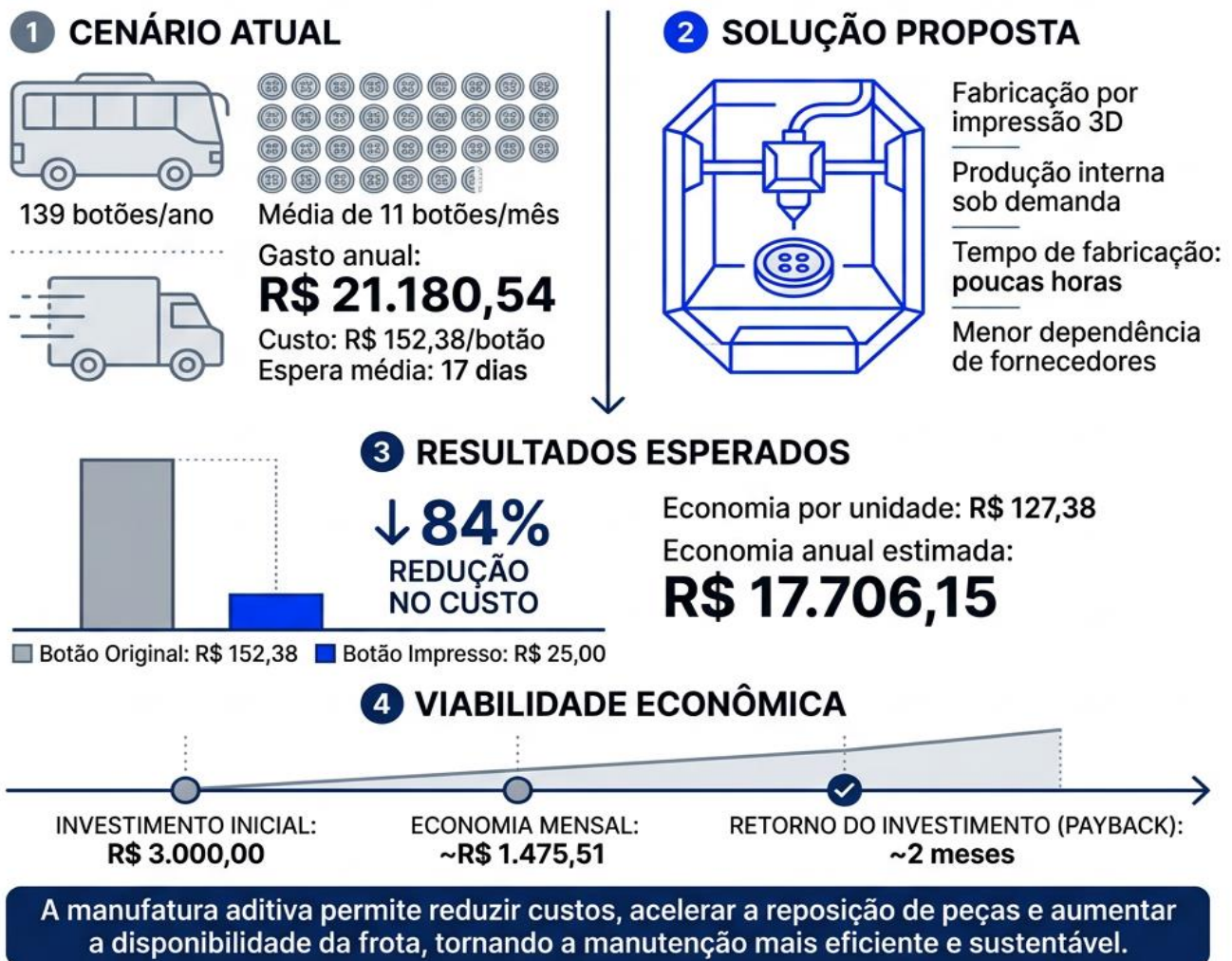
Para a implementação da solução, estima-se um investimento inicial de aproximadamente R\$ 3.000,00, contemplando a aquisição dos equipamentos, materiais e recursos necessários para a fabricação dos componentes. Com base na economia mensal projetada, estima-se que o retorno do investimento (*payback*) ocorra em aproximadamente 2 meses, demonstrando a viabilidade econômica da proposta.

Dessa forma, a aplicação da impressão 3D apresenta potencial para reduzir custos, diminuir o tempo de obtenção das peças, aumentar a disponibilidade da frota e otimizar os processos de manutenção da empresa, tornando-se uma alternativa tecnicamente e economicamente viável para o setor de manutenção.

Figura 1 - Infográfico descritivo do cenário atual, solução proposta e viabilidade econômica do uso de impressão 3D na empresa.

Impressão 3D como Solução para Redução de Custos na Manutenção de Ônibus

Aplicação da Manufatura Aditiva — Auto Viação Redentor



Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de ferramenta de inteligência artificial (ChatGPT), 2026.

2.2 CAUSAS DO PROBLEMA PRIORIZADAS

A partir das observações realizadas no setor de manutenção da Auto Viação Redentor e da análise dos registros de consumo de peças, foram identificadas as principais causas relacionadas à substituição frequente dos botões de acionamento das portas dos ônibus.

Entre os fatores observados, destaca-se o desgaste provocado pela utilização constante do componente. Por se tratar de um item acionado diversas vezes ao longo da operação diária dos veículos, os botões estão sujeitos a falhas mecânicas e desgaste natural, aumentando a necessidade de reposição.

Outro fator relevante é a dependência de fornecedores externos para a aquisição das peças. Atualmente, a empresa consome aproximadamente 139 botões por ano, gerando um custo anual de R\$ 21.180,54 (AUTO VIAÇÃO REDENTOR, 2026). Além do impacto financeiro, a disponibilidade do componente depende do prazo de fornecimento e da existência de estoque disponível para reposição imediata.

Também foi identificado que o prazo médio de entrega das peças pode chegar a aproximadamente 17 dias. Essa demora pode dificultar o planejamento das atividades de manutenção e aumentar o tempo de indisponibilidade dos veículos quando não há componentes suficientes em estoque.

Além disso, o elevado custo unitário do botão, que apresenta valor médio de aproximadamente R\$ 152,38 por unidade, contribui para o aumento dos gastos de manutenção ao longo do ano, tornando necessária a busca por alternativas mais econômicas e eficientes.

Dessa forma, as causas priorizadas foram o desgaste frequente do componente, o alto custo de reposição, a demora no fornecimento das peças e a dependência de fornecedores externos, por serem os fatores que apresentam maior impacto operacional e financeiro para a empresa. A análise dessas causas justifica a busca por soluções alternativas, como a utilização da manufatura aditiva (impressão

3D), visando reduzir custos, agilizar a reposição dos componentes e aumentar a disponibilidade da frota.

3. TROCANDO IDEIAS

3.1 ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

Com base nas causas priorizadas, foram analisadas alternativas que possam reduzir o tempo de reposição dos botões de acionamento das portas e minimizar os impactos causados pela indisponibilidade do componente.

A primeira alternativa consiste na ampliação do estoque de peças de reposição. Essa medida possibilita a substituição imediata dos componentes danificados, reduzindo o tempo de espera. Entretanto, exige maior investimento financeiro e espaço para armazenamento.

A segunda alternativa é a busca por novos fornecedores que ofereçam menores prazos de entrega e custos mais competitivos. Apesar de poder reduzir a dependência de um único fornecedor, essa solução depende da disponibilidade de empresas capazes de atender às especificações técnicas exigidas.

Outra possibilidade é o reprojetado do botão, visando aumentar sua durabilidade e resistência às condições de uso presentes na operação diária dos ônibus. Essa alternativa pode reduzir a frequência de substituições, porém demanda estudos técnicos e testes de validação.

Por fim, destaca-se a utilização da manufatura aditiva (impressão 3D) para a fabricação de componentes de reposição. Essa tecnologia permite produzir peças sob demanda, reduzindo o tempo de obtenção do componente e diminuindo a dependência de fornecedores externos. Além disso, possibilita a realização de

adaptações e melhorias no projeto original, contribuindo para a otimização dos processos de manutenção.

Após a análise das alternativas, a manufatura aditiva foi selecionada como a solução mais promissora para o desenvolvimento deste trabalho, devido ao seu potencial para reduzir o tempo de reposição, os custos operacionais e a indisponibilidade dos veículos.

4. HORA DE FALAR

4.1 PLANO DE AÇÃO

Quadro 1 – Plano de ação

O que será feito?	Quem fará?	Quando?	Como será feito?	Custo estimado 
Levantamento das dimensões e características do botão original	Equipe do projeto e setor de manutenção	Semana 1	Medição e análise do componente utilizado nos ônibus	R\$ 0,00
Modelagem do botão em software CAD	Equipe do projeto	Semana 2	Desenvolvimento do modelo digital com base nas medidas coletadas	R\$ 0,00
Impressão do protótipo em 3D	Equipe do projeto	Semana 3	Fabricação do componente utilizando impressora 3D e filamento adequado	R\$ 20,00
Testes de encaixe e funcionamento	Equipe do projeto e manutenção	Semana 4	Instalação do protótipo e verificação da funcionalidade	R\$ 0,00
Ajustes e correções do modelo	Equipe do projeto	Semana 4	Correção de dimensões e aperfeiçoamento do projeto	R\$ 10,00
Produção do modelo final	Equipe do projeto	Semana 5	Impressão da versão definitiva para validação	R\$ 20,00
Avaliação dos resultados	Equipe do projeto e empresa	Semana 6	Comparação entre o método convencional e a solução proposta	R\$ 0,00
TOTAL ESTIMADO	—	6 semanas	—	R\$ 50,00

Comparando com o custo médio de aquisição do botão original (aproximadamente R\$ 152,38 por unidade) e com o prazo médio de entrega de 17 dias (AUTO VIAÇÃO REDENTOR, 2026), a solução proposta apresenta vantagens econômicas e operacionais significativas. Além da redução dos custos de aquisição, a fabricação por impressão 3D possibilita a produção sob demanda, reduzindo o tempo de reposição dos componentes e contribuindo para a diminuição do tempo de parada dos veículos.

4.2 RESULTADOS (esperados ou obtidos)

A implementação da manufatura aditiva para a fabricação dos botões de acionamento das portas apresenta potencial para gerar melhorias significativas nos processos de manutenção da Auto Viação Redentor. Atualmente, a empresa consome aproximadamente 139 botões por ano, com um custo total de R\$ 21.180,54, resultando em um custo médio de aquisição de R\$ 152,38 por unidade (AUTO VIAÇÃO REDENTOR, 2026). Além disso, o prazo médio de entrega das peças é de aproximadamente 17 dias, fator que pode impactar diretamente a disponibilidade da frota e a eficiência das atividades de manutenção.

Com a utilização da impressão 3D, o custo estimado de fabricação do botão é de aproximadamente R\$ 25,00 por unidade, representando uma redução de cerca de 84% em relação ao componente adquirido atualmente. Essa diferença gera uma economia aproximada de R\$ 127,38 por peça produzida.

Considerando o consumo anual de 139 botões, a economia gerada pela substituição das peças convencionais pelas produzidas por manufatura aditiva pode atingir aproximadamente R\$ 17.706,15 por ano. Em média, a economia mensal estimada é de R\$ 1.475,51, contribuindo significativamente para a redução dos custos operacionais da empresa.

Além da redução de custos, a proposta proporciona ganhos importantes relacionados ao tempo de reposição dos componentes. Atualmente, a empresa depende de fornecedores externos e de um prazo médio de entrega de aproximadamente 17 dias. Com a fabricação interna por impressão 3D, os botões poderão ser produzidos em poucas horas, permitindo reposição imediata e reduzindo o tempo de espera para execução das manutenções.

A solução também contribui para o aumento da eficiência operacional, pois reduz a dependência de fornecedores externos, melhora o controle de estoque e possibilita a fabricação sob demanda dos componentes necessários. Como consequência, espera-se uma redução do tempo de parada dos ônibus na garagem e um aumento da disponibilidade dos veículos para operação.

Quanto à viabilidade econômica da proposta, estima-se um investimento inicial de aproximadamente R\$ 3.000,00 para aquisição da impressora 3D e dos materiais necessários para o desenvolvimento do projeto. Considerando a economia mensal estimada de aproximadamente R\$ 1.475,51, o retorno do investimento (*payback*) ocorre em cerca de 2 meses, demonstrando a viabilidade financeira da solução proposta.

Portanto, a aplicação da manufatura aditiva apresenta elevada viabilidade técnica e econômica, possibilitando a redução dos custos de manutenção, a diminuição do tempo de reposição de peças, o aumento da disponibilidade da frota e a otimização dos processos operacionais da Auto Viação Redentor. Os resultados esperados indicam que a tecnologia pode se tornar uma ferramenta estratégica para a manutenção da empresa, contribuindo para maior eficiência, redução de gastos e aumento da autonomia na fabricação de componentes.

5. PRÓXIMO NÍVEL

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a continuidade dos estudos relacionados à aplicação da manufatura aditiva no setor de manutenção da Auto Viação Redentor. Após a validação do botão de acionamento das portas, a tecnologia poderá ser aplicada em outros componentes que apresentem alto índice de substituição ou dificuldades de aquisição no mercado.

Outra possibilidade é o aperfeiçoamento do projeto do botão por meio da utilização de novos materiais e técnicas de fabricação, buscando aumentar sua resistência mecânica, durabilidade e desempenho em condições reais de operação. Também poderão ser realizados ensaios mais aprofundados para avaliar a vida útil do componente e comparar seu desempenho com o da peça original.

Além disso, a impressora 3D adquirida para o desenvolvimento deste projeto poderá ser utilizada na fabricação de diversos outros componentes de reposição, protótipos e dispositivos auxiliares para a manutenção da frota. Isso amplia os benefícios do investimento realizado, permitindo que a empresa reduza custos em diferentes setores e aumente sua autonomia na produção de peças.

A continuidade do projeto também pode envolver a criação de um banco digital de modelos tridimensionais (CAD), possibilitando a fabricação rápida de componentes sempre que necessário. Essa iniciativa contribuiria para reduzir a dependência de fornecedores externos e agilizar ainda mais os processos de manutenção.

Por fim, a aplicação da manufatura aditiva poderá ser expandida para outras áreas da empresa, incentivando a inovação tecnológica, a otimização de recursos e o desenvolvimento de soluções personalizadas para diferentes demandas operacionais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da aplicação da manufatura aditiva na produção de peças de reposição para a manutenção da Auto Viação Redentor. A partir das observações realizadas na empresa, verificou-se que a substituição frequente dos botões de acionamento das portas gera custos relevantes e pode contribuir para o aumento do tempo de parada dos veículos.

Com base nos dados levantados, foi possível identificar que a fabricação dos componentes por meio da impressão 3D apresenta potencial para reduzir significativamente os custos de reposição, além de diminuir a dependência de fornecedores externos e reduzir o tempo necessário para obtenção das peças.

Os resultados demonstraram que a solução proposta pode proporcionar economia financeira, maior agilidade nos processos de manutenção e aumento da disponibilidade da frota para operação. Além disso, a utilização da manufatura aditiva permite a fabricação sob demanda de componentes, favorecendo a otimização do estoque e a autonomia da empresa na produção de peças.

Dessa forma, conclui-se que a aplicação da impressão 3D representa uma alternativa tecnicamente viável e economicamente vantajosa para a Auto Viação Redentor, contribuindo para a modernização dos processos de manutenção, redução de custos operacionais e melhoria da eficiência da frota.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14022:** Acessibilidade em veículos de características urbanas para o transporte coletivo de passageiros. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 09 jun. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15570:** Fabricação de veículos acessíveis de categoria M3 com características urbanas para transporte coletivo de passageiros — Especificações técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 09 jun. 2026.

AUTO VIAÇÃO REDENTOR. **Controle interno de estoque e movimentação de peças de reposição, período de 12 jun. 2025 a 12 jun. 2026.** Curitiba: Auto Viação Redentor, 2026. Documento utilizado para levantamento dos custos, quantidade de componentes substituídos e análise de viabilidade econômica do projeto.

AUTO VIAÇÃO REDENTOR. **Registros de manutenção e histórico de substituição de componentes da frota, período de 12 jun. 2025 a 12 jun. 2026.** Curitiba: Auto Viação Redentor, 2026. Dados obtidos por meio de análise documental realizada pelos autores.

AUTO VIAÇÃO REDENTOR. **Relatório interno de consumo e aquisição de botões de acionamento de portas da frota, período de 12 jun. 2025 a 12 jun. 2026.** Curitiba: Auto Viação Redentor, 2026. Documento interno fornecido pelo setor de manutenção e almoxarifado.

BOSCH, Robert. **Automotive Handbook.** 10. ed. Wiley, 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Resolução nº 946, de 28 de março de 2022**. Brasília, DF: Ministério da Infraestrutura/CONTRAN, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso em: 09 jun. 2026.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Blucher, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2575**: Road vehicles — Symbols for controls, indicators and tell-tales. Geneva: ISO, 2021. Disponível em: <https://www.iso.org>. Acesso em: 09 jun. 2026.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE). **Regulation No. 107**: Uniform provisions concerning the approval of category M2 or M3 vehicles with regard to their general construction. Geneva: UNECE, 2018. Disponível em: <https://unece.org>. Acesso em: 09 jun. 2026.



Esta obra está licenciada com Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.
[Recebido/Received: Dezembro 18 2024; Aceito/Accepted: Janeiro 29, 2025]