

## MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: UMA ABORDAGEM PEDAGÓGICA APLICADA A UM ÔNIBUS AUTÔNOMO

### PROBLEM-SOLVING METHODS: A PEDAGOGICAL APPROACH APPLIED TO AN AUTONOMOUS BUS

**André de Freitas Fernandes**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

**Henrique Schenekemberg Santana**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

**Reinaldo Antônio Domingues Junior**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

**Eduardo Augusto Viviane Leandro**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

**Daniel Victor Wandermurem Marçal**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

**Leonardo Agulhari Alonso**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Entrega dos originais à redação  
em: 29/11/2021

Editoração em: 21/09/2023

*Por meio deste artigo foi direcionada uma pesquisa didática utilizando de ferramentas de solução de situações problema, otimização de produto e estudo de caso focando-se num método de transporte alternativo amplamente utilizado no Brasil, o ônibus. Os instrumentos utilizados nesse estudo foram o método Kepner-Tregoe (KT) para solução de problemas, os sistemas TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas) e o QFD (Desdobramento da Função Qualidade) para otimização do produto e a simulação computacional para reunir dados necessários para a investigação do ônibus em funcionamento, dessa forma desenvolvendo as capacidades aprendidas na matéria de projetos de máquinas por meio da aplicação em um ambiente real..*

Palavras-chave: Transporte, metodologias, resolução de problemas.

*Through this article, a didactic research was made using problem solving and product optimization tools along with a case study focusing on an alternative transportation method largely used in Brazil, the bus. The instruments utilized in this study was the Kepner-Tregoe method (KT), for problem solutions, the TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) and QFD (Quality Function Deployment) systems for product optimization and the computer simulation in order to gather necessary data for the investigation of the bus in operation, being able by this way to develop the capabilities learned in the classes of machine design by the application in a real environment.*

Keywords: Transport, methodologies, problem solving.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a crescente demanda e oferta de viagens particulares com motoristas de aplicativos veio a concorrer fortemente com os meios de transporte coletivos, como ônibus, metrô, entre outros. No entanto, a estrutura que a grande maioria das cidades brasileiras já possuem e o volume de pessoas que ainda se utilizam desses meios, fazem que os transportes coletivos ainda sejam competitivos e dificilmente substituíveis a curto prazo.

No desenvolvimento competitivo de transporte intraurbano, especificamente das empresas de ônibus, é importante frisar que os primeiros clientes são, de modo geral, prefeituras, essas por sua vez, buscam avaliar custos administrativos e, sobretudo, benefícios ao usuário final, portanto, para a situação que foi desenvolvida o projeto, as tecnologias embutidas no ônibus e sua eficiência energética são de extrema relevância.

No presente artigo, descreve-se de forma hipotética e didática, o funcionamento de um sistema veicular autônomo de ônibus, sua aplicação, resolução de problemas, desenvolvimento de melhorias e inovações, e simulações de movimento, abordando em cada tópico citado uma situação e uma metodologia utilizada no desenvolvimento de projetos dessa magnitude.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na presente seção são descritos o produto objeto de estudo com embasamento nas normas e leis vigentes. Ao ônibus serão aplicadas diferentes situações-problema para resolução sob a luz de métodos, sendo eles: Método KT, Método TRIZ, QFD, Simulação computacional e Método de Seleção de Materiais.

### 2.1 Descrição do produto

Ônibus são o transporte urbano mais comuns nas cidades brasileiras, chegam a transportar mais de 40 milhões de brasileiros todos os dias (CARVALHO, 2019). E por comum, entende-se também que a maioria dos sistemas urbanos de ônibus contam com ônibus de eficiência, conforto e praticidade médios. Para o estudo, foi simulado um sistema inteligente de transporte, baseado em tecnologias a serem em breve descritas.

O produto base do estudo se trata de um ônibus não-articulado, usado para transporte urbano por itinerários compostos por corredores exclusivos de ônibus, como todos os transportes ele obedece a normas de dimensões, peso e especificações mecânicas. A legislação vigente no Brasil solicita que o veículo do estudo tenha determinadas características, conforme Anexo 1.

Outras características que a normas exigem são: posicionamento de janelas, tipo de piso, dimensões internas e acessibilidade para portadores de necessidades especiais. Demais características, como chassi, carroceria e motorização são variadas e dependem de cada fabricante.

Para o projeto, foi considerado um ônibus de 14,00 m x 2,50 m x 3,40 m, que atende todas as normas e leis e possuem as seguintes características gerais conforme Anexo 2. Além das características básicas de um ônibus, o produto descrito no projeto conta com tecnologias que visam dar autonomia ao veículo.

## 2.2 Intelligent Transportation System

O conceito de sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, sigla em inglês) teve seu início na década de 60, nos países desenvolvidos. O sistema se trata da integração de comunicação de veículos por sensores e outros equipamentos que auxiliam na gestão e controle de tráfego, visando eficiência e segurança.

Veículos autônomos são aqueles que podem tomar decisões de pilotagem sem interferência humana. Não apenas se limitando ao conceito de dirigir sozinho; mas o termo autônomo engloba diversas tecnologias dos veículos atuais, como o controle de cruzeiro, freios ABS, assistência de permanência na faixa, controle de cruzeiro adaptativo, assistência de mudança de faixa e tecnologias para evitar obstáculos (PEREIRA, 2020).

Os veículos autônomos dependem de equipamentos para permitir que essas tecnologias funcionem adequadamente, interligado com um software embarcado nos veículos, esses equipamentos extraem dados do ambiente para que o carro possa tomar decisões de forma independente. São esses equipamentos

- Sistemas de câmeras: fazem a leitura de imagens a longas distancias e mapeiam o ambiente
- Lidar: sistema de captação 3D que se vale de raios laser em pequenas distâncias.
- Radar: Receptor de sinais de rádio que determinam a distância de objetos, detectando principalmente materiais metálicos.
- Sistemas ultrassônicos: similar ao radar, porém mais preciso e age em distâncias menores
- Sensores infravermelhos: utilizados em assistentes de permanência em faixa e são mais adaptados para detecção de objetos no ambiente apesar das condições do mesmo.
- Sistema de navegação inercial: calcula posição, velocidade e direção de um veículo em movimento.
- GPS: sistema de localização via satélite que permite cálculo de rotas, apesar de ser muitas vezes impreciso.

Com a evolução da tecnologia, os sensores por imagem, GPS e internet permitiram que os veículos autônomos voltassem a cena, e atualmente empresas como Tesla e Google investem milhões de dólares para desenvolver uma tecnologia competitiva, segura e que faça sucesso no mercado.

No Brasil, pesquisas acadêmicas brasileiras desenvolvem seus primeiros projetos de veículos autônomos, sendo um deles o CaRINA 2, da Universidade de São Paulo, veículo testado e funcional que possui um LIDAR, uma câmera estérea, um GPS, e uma unidade de medição inercial. O presente objeto de estudo hipotético e didático, contará com o mesmo sistema desenvolvido no CaRINA 2, exceto de possuir três vezes mais lidares e três câmeras em cada superfície do veículo.

## 2.3 Método KT

O método KT, assim chamado devido ao nome daqueles que o desenvolveram, método Kepner-Tregoe, é uma medida de tomada de decisões, de maneira a direcionar o pensamento crítico com a intenção de atuar sobre um problema encontrado com a melhor situação possível, isso é, aquela que atende as necessidades de melhor maneira gerando a mínima ou nula quantidade de efeitos

indesejados provenientes dessa ação.

O KT é separado em diferentes etapas com a intenção de esmiuçar os aspectos relevantes a resolução de uma situação problema, separando os critérios de uma possível ação em sete etapas. Primeiramente define-se um objetivo, esse objetivo deve deixar bem definido os aspectos do problema, evitando assim soluções que não levem ao resultado esperado, faz-se por meio de perguntas direcionadas como o 5W2H o afunilamento dos defeitos ao qual espera-se agir sobre.

Num segundo momento define-se quais características têm prioridade no processo da solução sobre a situação problema, ao final do processo poderão haver diversas propostas e definindo àquelas que possuem mais influência sobre a melhor ação sobre o problema ajuda a encontrar soluções mais desejáveis. Em seguida definem-se as soluções, partindo do problema encontrado e dos aspectos de maior importância a serem alcançados propõe-se mudanças para sanar o problema, nas fases dois e três a experiência daquele que dirige o método KT leva a determinada subjetividade, pois quem dirige o estudo ou a equipe que propõe a solução serão àqueles que irão determinar os pesos para os critérios da melhoria.

No quarto passo avaliam-se as soluções mais convenientes, a partir desse momento começa-se a avaliar os frutos do pensamento crítico, técnicas como o brainstorm gerarão diversas soluções e nesse momento é importante definir quais dessas ideias surtirão os melhores resultados baseando-se nos objetivos determinados no passo dois.

Na quinta etapa, tendo definidas quais as melhores ideias e afunilado até que sobrassem apenas as mais convenientes avaliava-se as condições adversas de cada atuação sobre o problema, todo e quaisquer aspecto indesejável advindo da solução proposta após ser realizada, devem-se ser levantadas hipóteses sobre essas possíveis consequências indesejadas e com base nessa avaliação determinar qual a solução mais eficiente ao problema que se pretende atacar.

Para a aplicação do método de maneira didática adotou-se o ônibus autônomo trafegando por uma via em seu itinerário ao início de suas operações quando em sua primeira ultrapassagem sofreu uma colisão com um automóvel em sua esquerda.

## 2.4 Método TRIZ

Num segundo momento, estudou-se a necessidade de tornar o sistema veicular, mais econômico e com menor volume dimensional total. Assim, a ferramenta TRIZ foi utilizada para definir características desejadas a serem melhoradas de forma sistêmica e não somente pela intuição.

A TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) é uma metodologia empregada na solução criativa de problemas, de forma sistêmica usando a imaginação baseada no conhecimento, sendo as fontes de resolução oriundas das ciências para a solução de problemas. Assim são necessários os conhecimentos científicos referente ao problema a ser solucionado. Para Altshuller (1979), a solução inventiva está ligada a novidade, a simplicidade, ao grau de idealidade e a solução de uma contradição.

A forma proposta para resolução de problemas pela metodologia TRIZ está resumida na Figura 1. Partindo de um problema específico através de ferramentas para a análise da situação se obtém um problema genérico. Posteriormente, existe um afunilamento para chegar a uma solução genérica. Por fim, a solução genérica é particularizada, para assim focar em uma solução específica.

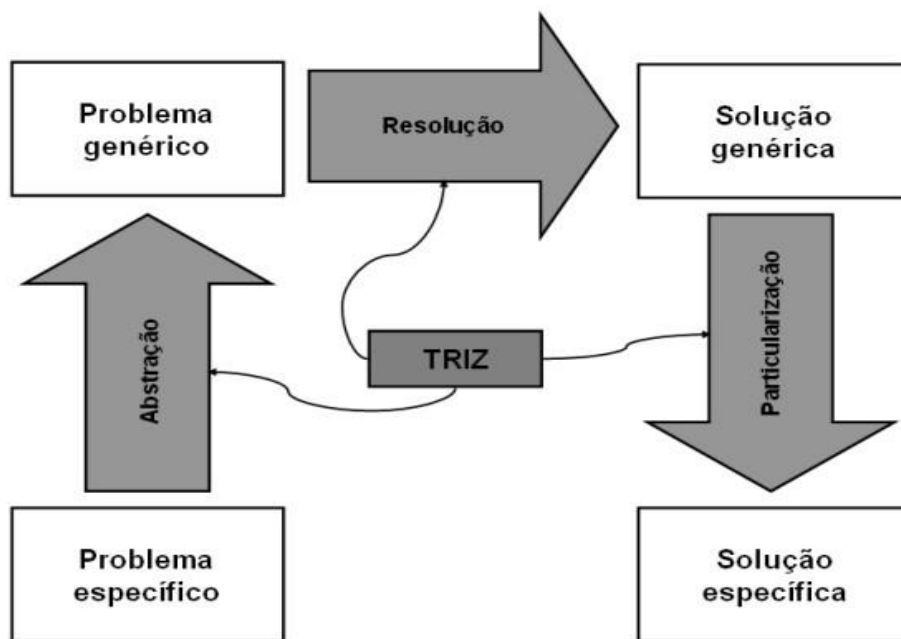


Figura 1 – Estratégia TRIZ

O uso da Metodologia TRIZ se inicia tratando o produto ou processo a ser melhorado como um sistema e, descrevendo em detalhes seu funcionamento e todos os recursos relativos a ele são levantados, só então são incrementados o ponto de melhoria e o Resultado Final Ideal (RFI). A segunda etapa se trata de levantar a solução convencional do problema e as características que serão prejudicadas por essa solução, tornar essas características claras torna possível o uso da matriz de contradição. Cada característica cruzada deve ser associado a um Parâmetro de Engenharia, que por sua vez deve ser lida na tabela da Matriz de Contradição, essa leitura deve resultar em Princípios Inventivos, estes por fim, orientam a resolução do problema de forma inventiva e inovadora.

Dentro da necessidade de tornar o ônibus mais eficiente e com volume total menor, obteve-se por meio de análises os Parâmetros de Engenharia de melhora a capacidade de fabricação, volume do objeto parado e energia gasta pelo objeto em movimento. E os Parâmetros de Engenharia que seriam afetados negativamente pela alteração dos Parâmetros anteriores são: confiabilidade, precisão de medida, capacidade ou produtividade e complexidade do objeto.

## 2.5 QFD

A metodologia denominada Desdobramento da Função Qualidade (QFD) tem o objetivo de auxiliar o desenvolvimento de produtos, visando atender com plenitude as necessidades dos clientes. O procedimento para a metodologia envolve pesquisa dos clientes, categorizar a importância das necessidades dos clientes, buscar características mensuráveis a características desejadas, e analisar o desempenho dos concorrentes nesses quesitos, em função do próprio desempenho. Como resultado desses dados, obtém-se informações de o que fazer (necessidades dos clientes) e como fazer (requisitos da qualidade), baseando-se no peso ou importância, de cada atributo. O QFD pode ser

aplicado tanto no planejamento do projeto, como também em todo o processo de desenvolvimento do produto, inclusive em melhorias desses processos ou produtos.

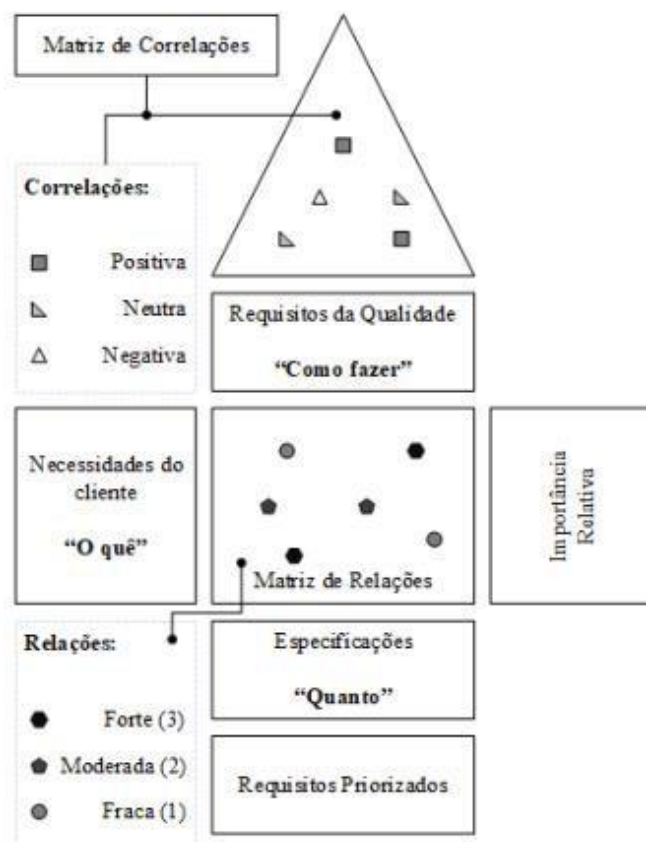


Figura 2 - Matriz QFD simplificada

O Desdobramento da Função Qualidade visa primeiramente pesquisar as necessidades do cliente e traduzir essas necessidades em características da qualidade, ou seja, transformar a opinião subjetiva dos consumidores em itens de modificação física mensurável. Em outro sentido, a entidade que está se utilizando da metodologia deve observar internamente os meios em como chegar nas solicitações do cliente. A importância de cada característica da qualidade deve ser avaliada, bem como a dificuldade técnica em realizar ajustes estruturais numa planta fabril, por exemplo. A partir do cálculo do peso de prioridades, é possível observar quais necessidades do cliente terão prioridade.

O sistema veicular objeto de estudo, tomou hipoteticamente algumas necessidades básicas dos consumidores dos ônibus, e pode levantar que os passageiros sentem incômodos com os ruídos internos e externos, com o conforto térmico, com o espaço interno, com a velocidade e valor de cada passagem.

## 2.6 Simulação computacional

A simulação computacional é um recurso de inúmeras vantagens, com ela é possível prever resultados sem que sejam feitos testes com protótipos ou que recursos sejam gastos

desnecessariamente. O software de simulação utilizado foi o Simulink, com o objetivo de analisar as forças aerodinâmicas, de rolamento, de atrito e assim simular a força mínima que movimentaria o ônibus num aclive, vencendo as resistências. E executando uma análise da dinâmica longitudinal do veículo, obtém-se as diversas forças de resistência do sistema:

### 2.6.1 Força de arrasto aerodinâmico

A força de arrasto aerodinâmico é a resultado da interferência do ar na região frontal do ônibus, sendo responsável por retardar o movimento do ônibus sendo esta uma grandeza relacionada ao quadrado da velocidade do veículo.

$$a = \frac{1}{2} \cdot C.A. \cdot v^2$$

### 2.6.2 Força de resistência da rampa

No plano inclinado, a força da rampa é definida pela componente paralela a inclinação da mesma.

$$h = \dots \theta$$

### 2.6.3 Força de resistência ao rolamento

Por fim, a força de rolamento é a força relativa ao contato dos pneus ao solo, sendo definido pela característica dos mesmos. Ao presente estudo serão considerados valores constantes desse coeficiente.

$$= \mu \dots \theta$$

A força resultante do sistema é a força da iminência de movimento do veículo, ou seja, força a partir da qual o ônibus se movimentaria é possível analisar sua velocidade

$$= a + h +$$

Cada constante e detalhamento dos dados podem ser observados no Anexo.

## 2.7 Seleção de Materiais

Tendo como objetivo a otimização da massa do eixo dianteiro do ônibus primeiramente foi preciso encontrar uma relação entre a carga suportada pelo mesmo e a massa do componente submetido a tal esforço, com essa intenção inicialmente identificou-se a situação de carregamento da barra para um esforço concentrado em dois pontos distintos conforme demonstrado na figura 1.

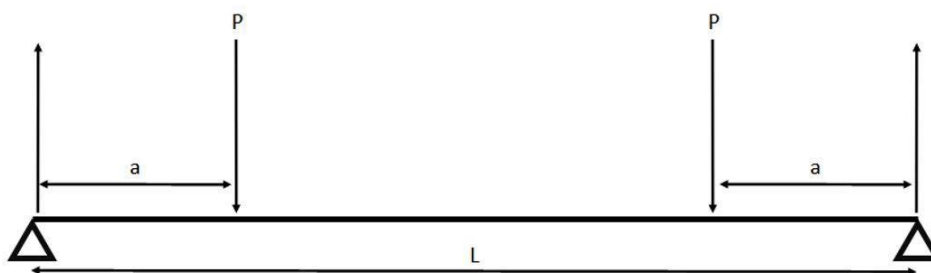


Figura 1 – Tipo de Carregamento

Após identificar a situação de carregamento, definiu-se uma seção para a barra, com o intuito de se calcular a deflexão máxima do componente, uma vez que o momento de inércia varia em função da forma da seção, ao adotar o eixo como uma barra cilíndrica foi possível definir a massa em função do raio por meio da equação 1.

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot L$$

Equação 1 – Massa de um corpo cilíndrico

$m = \text{massa (Kg)}$

$r = \text{raio (mm)}$

$L = \text{comprimento (mm)}$

$\rho = \text{densidade (kg/mm}^3\text{)}$

Para que pudesse ser definido o raio necessário para suportar o carregamento para um eixo dianteiro de ônibus com o intuito de manter o componente capaz de resistir ao esforço solicitado foi adotada a deflexão máxima fixa para todos os materiais, discriminada na equação 2.

$$\delta_{Max} = \frac{P \cdot a}{24 \cdot E \cdot I} \cdot (3L^2 - 4a^2)$$

Equação 2 – Deflexão máxima para carga concentrada em dois pontos

$$I = \frac{\pi \cdot r^4}{4}$$

Equação 3 – Momento de Inércia para seção circular

$\delta_{Max} = \text{deflexão máxima (mm)}$   $P = \text{força (N)}$

$a = \text{distância (mm)}$

$E = \text{módulo de Young (N/mm}^2\text{)}$

$I = \text{momento de inércia (mm}^4\text{)}$



Em seguida, para que se relacionasse a deflexão máxima a massa total do eixo em questão foi manipulada a equação 1 isolando-se o raio, e assim substituindo o termo “r” na equação 2 para um eixo de seção circular têm-se a massa total em função da deflexão máxima definida discriminada na equação 3.

$$= \sqrt{\frac{P \cdot a \cdot (3L^2 - 4a^2)}{6 \dots \delta}} \cdot L$$

Equação 4 – Massa em função da deflexão Máxima de um corpo cilíndrico

$m = \text{massa (Kg)}$   $P = \text{força (N)}$

$a = \text{distância (mm)}$

$L = \text{comprimento (mm)}$

$E = \text{módulo de Young (N/mm}^2\text{)}$

$\delta_{Max} = \text{deflexão máxima (mm)}$

$\rho = \text{densidade (kg/mm}^3\text{)}$

### 3. RESULTADOS

A presente seção traz a análise detalhada da solução provinda dos métodos descritos anteriormente, demais tabelas e detalhamentos podem ser encontrados na seção Anexos.

#### 3.1 Método KT

Partindo da análise KT apresentada no anexo 3, primeiramente isolou-se qual o problema que gerou a colisão, dado que o ônibus não detectou em tempo hábil a aproximação do veículo à sua esquerda têm-se que os sensores apresentaram alguma falha, necessariamente no lado esquerdo e verificado que esta falha foi pontual, ou seja, não ocorreu nas demais direções, e que a direção autônoma atuava normalmente apesar de não evitar a colisão. Ao avaliar a ocasião em que ocorreu, que se deu no início da rota, às 4h15min, e nas primeiras ruas do itinerário afirma-se que o que difere quanto ao momento é uma ocorrência entre o encerramento do expediente anterior e o início do horário de trabalho do dia do acidente, quando verificada a manutenção de rotina do ônibus percebeu-se que a troca dos sensores por medida preventiva foi realizada no curto período de tempo entre o início do expediente e a partida do ônibus para o primeiro percurso do dia, tal troca exige um tempo maior para a calibração posterior a instalação do novo componente, porém o prazo de troca havia sido adiado até um último momento e feito às pressas, o que leva a conclusão que os sensores em questão apesar de novos não passaram pela calibração, ou ainda a calibração foi feita de maneira acelerada e pouco precisa, o que afetou o sistema de direção negativamente levando o ônibus autônomo a ser incapaz de evitar a colisão.

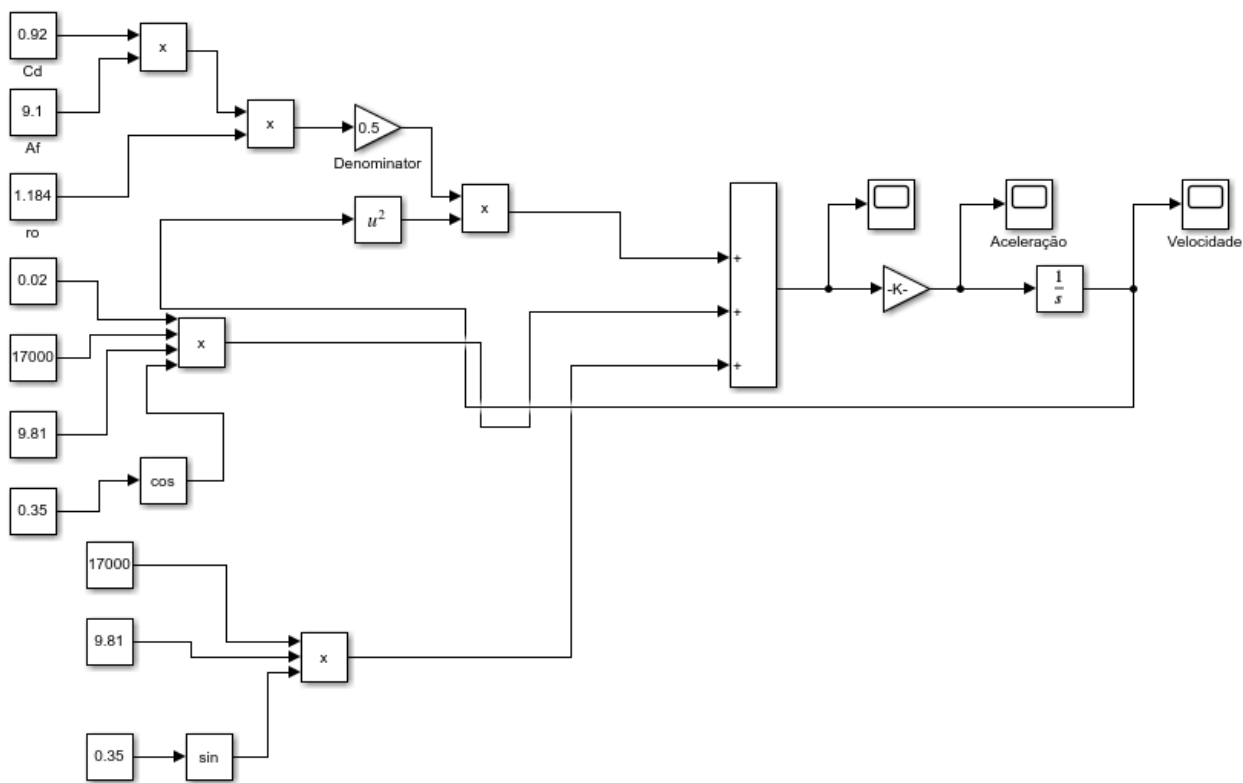
### **3.2 Método TRIZ**

Por meio da Teoria de Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ) objetivando reduzir o volume e aumentar a eficiência energética do ônibus autônomo deparou-se com algumas contradições, tal como a capacidade produtiva ser reduzida pela necessidade da mudança de parâmetros para otimizar o volume e a complexidade de projeto aumentar pela necessidade do aumento da eficiência energética, para a otimização do espaço do veículo no trânsito a melhor solução é minimizar as medidas externas e utilizar de aparatos mais compactos, tais como a direção e o motor elétrico, além da instalação da suspensão comum em ônibus intermunicipais no ônibus autônomo para uso urbano com a expectativa de maximizar o espaço interno sem exceder o limite máximo estabelecido por lei, tornando a suspensão mais alta apenas para superar obstáculos específicos, para o aumento da efetividade energética chegou-se à conclusão que a instalação de amortecedores regenerativos e o sistema KERS (Kinect Energy Recovery System) para frenagens aumentam o aproveitamento da energia no motor elétrico, caracterizando-se por realimentar o motor redirecionando como energia os esforços aos quais são submetidos os freios e os amortecedores do veículo, tal característica se destaca principalmente num trajeto municipal, que geralmente possui um regime de ação em vias muitas vezes acidentadas e mudanças de velocidade constantes, com as frenagens em semáforos e pontos de embarque e desembarque, tornando assim tais sistemas altamente aproveitáveis em sua vida útil para o ônibus autônomo estudado.

### **3.3 QFD**

Analisando a matriz desdobramento da qualidade, Anexo 5, é notável a complexidade de adaptação de uma frota de ônibus ao requisito de seus passageiros, uma vez que substituição de motorização, ou de carroceria, por exemplo, não são comuns na indústria de transporte coletivo. As necessidades priorizadas tanto pelos clientes como para a fabricante envolve fatores financeiros: ao cliente, mais interessa gastar menos pelo serviço, e à indústria interessa fabricar e manter seus veículos em funcionamento a um baixo custo. Dessa forma, a característica a ser melhorada pela empresa encontrada pela Matriz Desdobramento da Qualidade é a redução do custo de fabricação de sua frota, podendo ser por implantação de metodologias Lean de produção, ou de melhor desenvolvimento de sua cadeia de suprimentos, entre outras possíveis maneiras.

### 3.4 Simulação Computacional



### 3.5 Seleção de Materiais

Com todas as equações em mãos, primeiro verificou-se quais grupos de materiais possuíam uma faixa de Módulo de Elasticidade semelhante ou superior ao Ferro Fundido, tomado como material utilizado comumente, e com uma densidade igual ou inferior ao mesmo no anexo 7, em seguida, para os grupos que possuíam as propriedades mecânicas desejadas para a substituição do Ferro Fundido foi pesquisado um representante para cada grupo com a finalidade de comparar as massas e custos totais em função do novo raio do eixo substituído conforme demonstrado no anexo 7.

Definidos os materiais que poderiam ser usados como substitutos do eixo de Ferro Fundido com a otimização mássica, com a maior redução atribuída ao CFRP, por fim verificaram-se as resistências a diversos tipos de desgaste com base no anexo 8 para aferir possíveis limitações e necessidades inerentes a cada material, com base nos estudos é possível afirmar que um eixo de Aços de baixa liga e alto ou médio carbono apresentaria mesma resistência ao desgaste que o Ferro Fundido, porém não são substitutos atraentes por possuírem uma massa muito semelhante a um eixo construído desse material, enquanto que o aço inox geraria um efeito oposto ao desejado, comparando-se a liga de alumínio 2014- T6 e o CFRP aos demais fica claro que a maior otimização mássica e ocorre com a substituição do material original por eles, há uma menor resistência ao desgaste o que se mostra um problema para o contato de peças em movimento em contato com o eixo de sustentação, porém isso pode ser resolvido com a instalação de um revestimento onde fazer-se necessário, portanto, define-se que a substituição mais conveniente a depender da disposição de investimento do capital nessa melhoria está entre as ligas de alumínio e a fibra de carbono.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTSHULLER, Genrich S. The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. Second

Edition. Worcester: Technical Innovation Center, Inc. 2007. 296p.

ASHBY, Michael F. Materials Selection in Mechanical Design. Third Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005.

603p.

ABNT. NBR 15570: Transporte - Especificações técnicas para fabricação de veículos de características urbanas para transporte coletivo de passageiros. Rio de Janeiro. 2009. 59p.

CARREIRÃO, Cláudio. Estudo do comportamento dinâmico de ônibus com diferentes arranjos de eixos. Curitiba. 2003.

169p.

CHENG L. C.; MELO FILHO L. D. R. QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos. São Paulo: Editora Blucher. 2007. 539 p.

MERCEDEZ BENZ. Manual de dados técnicos ônibus OF 1519/52 4x2 piso alto para uso urbano, fretamento e rodoviário. 2019. 2p.

## Anexos

### Anexo 1

Norma/Lei	Característica	Descrição	Ônibus não-articulado
CONTRAN, Resolução nº 210	Dimensões máximas	Largura máxima	14,00 m
		Comprimento máximo	2,60 m
		Altura máxima	3,50 m
	Peso	Peso bruto total	16 t
ABNT 15.570 e CONMETRO, Resolução nº 1	Especificações mecânicas	Sistema de direção	Hidráulica ou elétrica
		Suspensão (Piso baixo)	Pneumática ou mista com movimentação vertical
		Suspensão (Piso alto)	Pneumática ou mista
		Relação de potência com peso bruto total	12,23 cv/t min
		Relação de torque com peso bruto total	4,58 kgfm/t min
		Transmissão	Manual ou automática
		Sistema de freios	Convencional
	Índice de Resistência	Diâmetro para balaústres, colunas e corrimão	0,03 m a 0,04 m
		Carga a ser resistida pelo piso do veículo no corredor interno	5000 N/m <sup>2</sup>
		Carga a ser resistida pelo piso do veículo na área dos bancos	2000 N/m <sup>2</sup>
ABNT 14.022 ABNT 15.570 e CONMETRO, Resolução nº 1	Interior	Capacidade	70 passageiros

### Anexo 2

Componente	Tipo	Descrição
Chassi	Escada	Indicado para vias irregulares Longarinas de aço carbono em U com travessas de fixação Mais simples e barato

Carroceria	Convencional	Estrutura de aço Para choque, teto, painéis de plástico reforçado com fibra de vidro Laterais com chapas de alumínio Assoalho de chapas de alumínio antiderrapante Assentos com encosto alto estofados com tecido
Motorização	Combustão interna	6 cilindros em linha A diesel Possui turbocompressor Possui alto torque e fácil manutenção, no entanto é ruidoso, poluente e pouco efetivo
Transmissão	Sistema tradicional	Caixa automática com engrenagens planetárias e conversor de torque

### Anexo 3 Análise KT

É	Não É	O que é distintivo a quanto...
Que objeto apresenta defeito?	Que objeto não apresenta defeito, mas bem poderia apresentar?	O controle manual é travado e somente liberado
Sistema de piloto automático da automação veicular	Controle manual do veículo	quando o sistema reconhece emergências
Que defeito apresenta o objeto?	Que defeito não apresenta o objeto, mas bem poderia apresentar?	O sistema de orientação é relativo a rua e os carros ao
Redução do sinal de proximidade	Ampliação do sinal de proximidade	As ultrapassagens de outros veículos acontecem
Onde foi observado o objeto com defeito? (Geograficamente)	Onde não foi observado o objeto com defeito, mas bem poderia ter sido? (Geograficamente)	na lateral esquerda do ônibus
Lateral esquerda do ônibus	Em todas as outras áreas do veículo	A leitura de dados apenas converte sinais dos sensores
Onde foi observado o defeito no objeto? (Física)	Onde não foi observado o defeito no objeto, mas bem poderia ter sido? (Física)	de proximidade
Sensores de proximidade do lado esquerdo	Nos outros sensores e no sistema de leitura dos dados	Manutenção preventiva foi efetuada e estava na última
Quando foi observado o objeto com defeito? (Hora, dia)	Quando não foi observado o objeto com defeito, mas bem poderia ter sido? (Hora, dia)	semana de validade
Dia 10 de abril de 2021, às 4h15min	-	A primeira ultrapasse da rota feita sobre o veículo
Quando foi observado o defeito no objeto? (Circunstância)	Quando não foi observado o defeito no objeto, mas bem poderia ter sido? (Circunstância)	causou um acidente
Quando estava nas primeiras ruas da rota	-	Um ter apresentado defeito e os outros ônibus não,
Quanto objetos apresentaram defeito? (Quantidade)	Quanto objetos não apresentaram defeito, mas bem poderia ter apresentado? (Quantidade)	partindo que a manutenção é mesma para
Conjunto de sensores (3 sensores)	O resto do sistema	Imprecisão alta em um item de precisão
Quanto de defeito apresentou o objeto? (Extensão)	Quanto de defeito não apresentou o objeto, mas bem poderia ter apresentado? (Extensão)	
Deteção de objeto 20 cm a mais em distância	Imprecisão nas medidas	

### Anexo 4 - Aplicação do TRIZ

Passo do MPI	
1 - Identificação (Nome) do ST	Transporte público autônomo urbano
2 - Identificação da função ou funções principais do ST	Transportar pessoas por estradas em itinerários pré-programados
3 - Identificação dos principais elementos do ST e de suas funções para frear, fazer curvas ou acelerar.	Veículo automotor e suas partes fundamentais - Carcaça grande com capacidade para até 38 pessoas sentadas munida de motor a biodiesel e componentes pertinentes a um ônibus comum. Sensores: componentes eletrônicos posicionados na frente, nas laterais e na traseira do veículo, a fim de enviar informações para refazer curvas ou acelerar. Motorista-responsável: Funcionário mantenedor da companhia que liga; desliga o veículo e assume o controle em caso de problemas na central.
4 - Descrição do funcionamento do autônomo ST	O ônibus inicia seu percurso às 4h00min da manhã na Estação Rodoviária Municipal, e faz o percurso 533. Com o sistema o motorista fica responsável por monitorar informações da central multimídia e atender necessidades manuais, além de efetuar a cobrança das passagens. O percurso total até o retorno à estação é de 43 min, por fim, o ônibus aguarda 7 min e reinicia o percurso.
5 - levantamento dos recursos	Recursos de substância: detritos, vento; Recursos de energia: energia química do combustível, energia cinética do motor, energia elétrica, energia solar, energia cinética do vento;

	<p>Recursos de espaço: espaço interno dos passageiros, espaço interno do motorista, espaço do motor, espaço embaixo do veículo, espaço nas laterais do veículo, espaço frontal e traseiro;</p> <p>Recurso de campo: gravitacional, centrífugo em curvas, de pressão do vento;</p> <p>Recursos de informação: sofre acelerações em todos os sentidos na direção horizontal com leves componentes verticais, com picos na direção do comprimento do objeto, transporte de passageiros sentados e de pé, transporte de bagagens, não utilização de cintos de segurança pelos passageiros, veículo com centro de gravidade alto;</p> <p>Recursos de função: Variações de umidade e temperatura, alteração da direção e sentido da força constantemente, velocidade, arrasto, inclinação do veículo, monitoramento das acelerações do veículo;</p>
6 - Identificação da(s) característica(s) desejada(s) a ser/serem melhorada(s) ou da(s) característica(s) a ser/serem reduzida(s), eliminada(s) ou neutralizada(s) no ST	<p>Característica a ser melhorada: Eficiência; Característica a ser melhorada: manutenção barata; Característica a ser reduzida: Volume total;</p>
7 - Formulação do resultado final ideal (RFI)	O sistema veicular deve ser mais eficiente, e menor em dimensões, considerando sobretudo o custo x benefício
9.1 - Identificação da característica a ser reduzida, eliminada ou neutralizada.	Sistema de transporte com menor volume, e menos consumo de fontes de energia (combustível)
9.2 – Identificação da solução para reduzir, eliminar ou neutralizar a característica indesejada.	<p>a) Redesenhar o modelo de ônibus com as menores dimensões de comprimento e largura admissíveis para o ônibus de transporte urbana que atenda a ABNT NBR 15570.</p> <p>b) Troca da motorização da combustão por elétrico ou híbrido.</p>
9.3 - Identificação da característica prejudicada com o uso da solução convencional	<p>a.1) Alteração da quantidade máxima de pessoas sentadas</p> <p>b) Potência reduzida com a troca de motorização</p>
9.4 - Formulação da contradição técnica MC - Melhoria/Consequência - PI	<p>Reduzir as dimensões de largura e comprimento do ônibus nferem em custos elevados de Pesquisa e Desenvolvimento, fabricação e substituição total de frota</p> <p>O redimensionamento para um volume urbano mínimo gera diminuição de assentos.</p> <p>Substituição de motorização para um sistema mais econômico infui em complexidade de troca e possível perda de desempenho do veículo</p>
Processos inventivos	<p>32(capacidade de fabricação) x 27(confiabilidade) ()</p> <p>32(capacidade de fabricação) x 28(precisão de medida) (1, 35, 12, 18)</p> <p>8(volume do objeto parado) x 39(capacidade ou produtividade) (35, 34, 16, 24)</p> <p>19(energia gasta pelo objeto em movimento) x 36(complexidade do objeto) (2, 29, 27, 28)</p> <p>1 - Fragmentação ou segmentação</p> <p>2 - Remoção ou extração</p> <p>12 - Equipotencialidade</p> <p>16 - Ação parcial ou excessiva</p> <p>18 - Vibração mecânica</p> <p>24 - Mediação</p> <p>27 - Uso e descarte</p> <p>28 - Substituição de meios mecânicos</p> <p>29 - Construção pneumática ou hidráulica</p> <p>34 - Descarte e regeneração</p> <p>35 - Mudança de parâmetros e propriedades</p>
12 - Aplicação dos Princípios Inventivos para solucionar as contradições	<p>Serão consideradas pertinentes à situação os processo 2, 28, 29, 35</p> <p>A partir do Princípio Vibração mecânica (PI 18), obteve-se as seguintes propostas de solução:</p> <p>Utilização de amortecedores regenerativos, que convertem as vibrações do sistema de suspensão em energia elétrica para ser utilizada pelos sistemas do veículo.</p> <p>A partir do Princípio de Substituição de Meios Mecânicos (PI 28), obteve-se as seguintes propostas de solução:</p> <p>Substituição do motor a combustão por motor elétrico para reduzir a quantidade de componentes</p> <p>Substituição dos sistemas atuais por sistemas mais compactos, tal como a direção hidráulica por elétrica</p> <p>A partir do Princípio de Construção pneumática ou hidráulica (PI 29), obteve-se as seguintes propostas de solução:</p> <p>Adoção de suspensão pneumática, ou mista (pneumática e metálica) para possibilitar a alteração da altura do veículo quando necessário, seja em situações de embarque de passageiros, transposição de obstáculo na via (lombadas e valetas) ou ajuste rodoviário que gere menor arrasto aerodinâmico</p> <p>A partir do Princípio de Construção de Descarte e regeneração (PI 34), obteve-se as seguintes propostas de solução:</p>

	<p>Utilização de sistema de recuperação de energia cinética (KERS) em frenagens, para melhorar a eficiência energética durante acelerações. Implementação de placas fotovoltaicas para geração de excedente de energia. A partir do Princípio de Construção de Mudança de parâmetros e propriedades (PI 35), obteve-se as seguintes propostas de solução: Redimensionamento do vão ao solo para maximizar espaço interno Remodelar a distância entre eixos para maximização de espaço interno</p>
--	---