



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

FRANCISCO LEVY LIMA COSTA

**INSPEÇÕES EM VEÍCULOS GNV: UM LEVANTAMENTO DE ITENS NÃO
CONFORMES DETECTADOS EM UM ORGANISMO DE INSPEÇÃO.**

**MANAUS – AM
2025**

FRANCISCO LEVY LIMA COSTA

**INSPEÇÕES EM VEÍCULOS GNV: UM LEVANTAMENTO DE ITENS NÃO
CONFORMES DETECTADOS EM UM ORGANISMO DE INSPEÇÃO.**

Projeto de pesquisa apresentado à unidade curricular de Trabalho de Conclusão de Curso, submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Campus Manaus Centro, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof.(a) Cláudio Marcelo dos Santos Ferreira, M.Sc.

**MANAUS – AM
2025**

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

C837i Costa, Francisco Levy Lima.

Inspeções em veículos GNV: um levantamento de itens não conformes detectados em um organismo de inspeção / Francisco Levy Lima Costa. – Manaus, 2025.

58 p. : il. color.

Monografia (Engenharia Mecânica). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2025.

Orientador: Prof. Me. Cláudio Marcelo dos Santos Ferreira.

1. Engenharia mecânica. 2. Gás natural - GNV. 3. FMEA. 4. Inspeção veicular. I. Ferreira, Cláudio Marcelo dos Santos. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621

AGRADECIMENTOS

A minha mãe e ao meu Pai na qual são o motivo da minha persistência.

Minha companheira Nalanda Cunha pelo conforto emocional.

Ao meu professor orientador Msc. Cláudio Marcelo dos Santos Ferreira pela oportunidade de me orientar na elaboração deste trabalho de conclusão de curso e pela paciência.

A empresa INSPREV INSPEÇÃO VEICULAR, pela oportunidade do trabalho na qual eu tiro meu sustento de vida e pelos dados e inspirações na qual de lá foram tirados.

À professora da disciplina de TCC, Michaela Fialho pelo auxílio constante, paciência e por sempre estar disposta a ajudar.

RESUMO

O gás natural é uma fonte energética abundante no Brasil, seu uso varia em diversas aplicações, uma delas, é para os veículos automotores, na qual realizam a conversão para o GNV (Gás Natural Veicular) a fim de ter mais economia e desempenho nos veículos, além de poluir menos.

A instalação de um kit de GNV em um veículo torna obrigatória a realização da inspeção veicular, condição essencial para a legalização do veículo.

Conforme a legislação vigente, essa inspeção é requisito obrigatório imediatamente após a conversão do veículo e deve ser repetida periodicamente, com validade anual.

Este estudo identifica os itens do kit GNV instalados em automóveis que mais apresentaram não conformidades em inspeções veiculares, num período de 6 meses, em um Organismo de Inspeção credenciado. Essa identificação ocorreu por meio da aplicação de ferramentas da qualidade, como a Análise de Pareto e o FMEA, e com isso foram determinados os critérios prioritários para possíveis melhorias.

Palavras chave:FMEA; inspeção veicular; GNV.

ABSTRACT

Natural gas is an abundant energy source in Brazil. Its use varies across different applications, one of which is in automotive vehicles, where they are converted to run on CNG (Compressed Natural Gas) to achieve greater economy and performance, in addition to polluting less.

The installation of a CNG kit in a vehicle makes vehicle inspection mandatory, an essential condition for the vehicle's legalization. According to current legislation, this inspection is a mandatory requirement immediately after the vehicle conversion and must be repeated periodically, with annual validity.

This study identifies the items of CNG kits installed in automobiles that showed the highest number of non-conformities during vehicle inspections over a 6-month period at an accredited Inspection Body. This identification was carried out through the application of quality tools, such as Pareto Analysis and FMEA, thereby determining the priority criteria for potential improvements.

Keywords: FMEA; vehicle inspection; CNG.

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1: Representação esquemática da combustão normal.	16
Figura 2: Esquema de Representação de um Kit GNV Instalado.....	17
Figura 3: Modelo esquemático de sistema de conversão para utilização de GNV.	21
Figura 4: Representação de um veículo com instalação do sistema para utilização de GNV projetado de fábrica.	22
Figura 5: Cilindro de alta pressão para armazenamento de GNV.	24
Figura 6: Tubo de alta pressão.....	25
Figura 7: Válvula do cilindro GNV.	26
Figura 8: Válvula de abastecimento GNV homologada pelo INMETRO.....	27
Figura 9: Manômetro.	27
Figura 10: Redutor de pressão.....	28
Figura 11: Misturador de passagem livre axial para mangueira.	29
Figura 12: chave comutadora eletrônica.	29
Figura 13: Emulador de bicos injetores com chicote e conectores.....	30
Figura 14: Simulador de sonda lambda.....	31
Figura 15: variador de avanço.....	31
Figura 16: Unidade central eletrônica (ECU).....	32
Figura 17: Motor de passo para gerenciador de fluxo.	33
Figura 18: Planilha de controle.....	40
Figura 19: Página inicial da otimiza.....	41
Figura 20: página 2 do <i>software</i> otimiza.....	42
Figura 21: Exemplo de parte de um relatório de não conformidade.....	42
Figura 22: Planilha desenvolvida.....	43
Figura 23 Quantidade total de inspeções no 2º semestre de 2023 (794).....	45
Figura 24 Inspeções em veículos GNV (349).....	46
Figura 25 Não conformidades em veículos GNV..	47
Figura 26 Itens relacionados ao cilindro.....	48
Figura 27 Itens relacionados a linha de alta pressão.	48
Figura 28 valores para a estipular a ocorrência.	49
Figura 29 Tabela de ocorrência.....	51
Figura 30 FMEA	52

LISTAS DE TABELAS.

Tabela 1: Fases de utilização do GNV no cenário nacional.	19
Tabela 2: Gerações de kits de conversão para GNV.	23
Tabela 3: CRONOGRMA.	Erro! Indicador não definido.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1	Motores a combustão interna.....	14
3.2	Tipos de combustíveis.	16
3.3	Gás natural veicular.....	17
3.4	Histórico de GNV no Brasil.	18
3.5	Sistema de conversão para GNV.....	19
3.6	Principais componentes dos kits de conversão para GNV.....	22
3.6.1	Cilindro de alta pressão.	24
3.6.2	Tubulação de alta pressão.....	25
3.6.3	Válvula do cilindro.....	26
3.6.4	Válvula de abastecimento.....	26
3.6.5	Manômetro eletromecânico.....	27
3.6.6	Redutor de pressão.	28
3.6.7	Misturador (mesclador).	28
3.6.8	Chave comutadora.....	29
3.6.9	Emulador de bicos injetores.....	30
3.6.10	Emulador de sensor de oxigênio (sonda lambda).....	30
3.6.11	Variador de avanço.....	31
3.6.12	Módulo eletrônico.....	32
3.6.13	Motor de passo.....	32
3.7	Riscos relacionados ao GNV.....	33
3.8	Inspeções de veículos GNV.....	34
3.9	Normas de inspeção veicular.....	35
3.10	Gráfico de Pareto.....	37
4	METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	39
4.1	Classificação da pesquisa.....	39
4.2	Apresentação da empresa.....	39
4.3	Pesquisa direta para coleta de dados.....	40
4.4	Consolidação de dados obtidos.....	43
5	RESULTADOS.....	44
5.1	Processo de inspeção.....	44
5.2	Técnicas de avaliação das não conformidades.....	45

5.2.1	Gráfico de Pareto.....	46
5.2.2	Não conformidades em destaque.....	48
5.3	Desenvolvimento Do FMEA.....	49
5.4	resultados do FMEA.....	53
6	CONCLUSÃO.....	54
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

No Brasil o principal meio de transporte é o rodoviário, para entender melhor, é importante destacar que 75% da produção brasileira é transportada pelas rodovias. Isso acontece porque as estradas recebem mais investimentos em comparação com outros modos de transporte no país (COMPROVEI, 2024).

Os combustíveis automotivos mais utilizados no Brasil são: gasolina, etanol, diesel, biodiesel, eletricidade e GNV (Gás Natural Veicular) (AUTO CERTO, 2023). O gás natural veicular (GNV) é um dos combustíveis mais competitivos na matriz brasileira (Esgas, 2020), pois apresenta alto desempenho, baixa poluição e economia comparado ao etanol e gasolina.

Segundo a Abegás (2023) o Brasil tem a quarta maior frota mundial de veículos leves movidos a GNV, de cerca de 2,5 milhões em 2023 segundo dados do IBGE. No ranking também estão China, Estados Unidos e Índia. No entanto, o uso seguro e eficiente do GNV requer uma inspeção veicular rigorosa e abrangente, visando garantir a integridade dos sistemas de armazenamento, distribuição e utilização desse combustível alternativo.

Mais de 200 itens são avaliados por engenheiros e técnicos mecânicos, com o uso de equipamentos de testes de faróis, direção, suspensão, freios e emissões, através de procedimentos baseados em normas da ABNT, Inmetro, Contran, Conama e Denatran.

Empresas de inspeções de veículos GNV precisam ser credenciadas junto ao órgão de Coordenação Geral de acreditação – CGCRE e licenciadas pela Secretaria Nacional de Trânsito – SENATRAM, possuindo assim habilitação técnica para realizar inspeções de segurança veicular, atendendo ao Código de Trânsito Brasileiro (CTB).

Dessa forma, este trabalho propõe analisar quais as principais causas de

reprovações nos veículos movidos a GNV segundo os procedimentos e normas governamentais, em um Organismo de inspeção veicular credenciado. Serão explorados aspectos técnicos, regulatórios e operacionais relacionados à inspeção de veículos convertidos para GNV, com o intuito de proporcionar uma compreensão abrangente sobre o tema e contribuir para a melhoria contínua da segurança veicular no país.

Ao examinar as diretrizes e os protocolos estabelecidos para a inspeção de veículos GNV, foi possível identificar áreas de aprimoramento e potenciais soluções para garantir a conformidade dos veículos e a segurança dos usuários. Ademais, a análise crítica das políticas e práticas existentes poderá subsidiar a formulação de recomendações para o aperfeiçoamento do processo de inspeção veicular no contexto específico dos veículos movidos a GNV no Brasil.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo voltado para o GNV na empresa INSPREV INSPEÇÃO VEICULAR Ltda.– Organismo de inspeção credenciado-.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento de itens que mais causam não conformidade em inspeção de veículos GNV;
- Elaborar um levantamento das causas prováveis dos itens mais causadores de não conformidade em inspeção de veículos GNV, e meios de serem evitados ou solucionados;
- Realizar um FMEA (Análise dos Modos de Falha e Seus Efeitos), através dos dados obtidos nos tópicos anteriores.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Motores a combustão interna.

O transporte rodoviário utiliza motores de combustão interna (MCI), cujo desenvolvimento começou em 1860 com o inventor francês Étienne Lenoir e foi aprimorado em 1885 pelo engenheiro alemão Karl Benz. Esse aprimoramento resultou em um motor de combustão interna mais seguro, que foi instalado em um veículo, permitindo que este percorresse uma estrada pela primeira vez. Por essa conquista, Benz é considerado o pai do automóvel. (MORO, 2013).

Até os dias de hoje, o princípio de funcionamento desses motores permanece praticamente inalterado: trata-se de uma máquina térmica que converte a energia química do combustível, geralmente derivado do petróleo, em energia mecânica para impulsionar o veículo.

Os componentes essenciais para a combustão interna nos motores são o oxigênio, presente no ar, e a matéria orgânica, proveniente de combustíveis fósseis ricos em carbono. Existem dois tipos principais de motores de combustão interna: os motores de ignição por faísca, também conhecidos como motores de ciclo Otto, que utilizam gasolina, álcool e GNV; e os motores de combustão por compressão, conhecidos como motores do ciclo Diesel, inventados por Rudolf Diesel em 1897. (MORO, 2013).

Se tratando dos motores ciclo Otto, Brunetti (2012) explica que, nos motores com ignição por faísca (MIF), sejam eles carburados ou com injeção de combustível nos dutos de admissão, os cilindros são abastecidos durante a fase de admissão com uma mistura pré-dosada de combustível e ar. Nesse tipo de motor, a mistura é comprimida, e durante esse processo, ocorre a vaporização e homogeneização do combustível com o ar, no caso de combustíveis líquidos. Em motores de injeção direta de combustível, o combustível é adicionado diretamente no interior dos cilindros, e, dependendo da estratégia de formação da mistura desejada (homogênea ou

estratificada), a injeção pode ocorrer durante a admissão ou a fase de compressão.

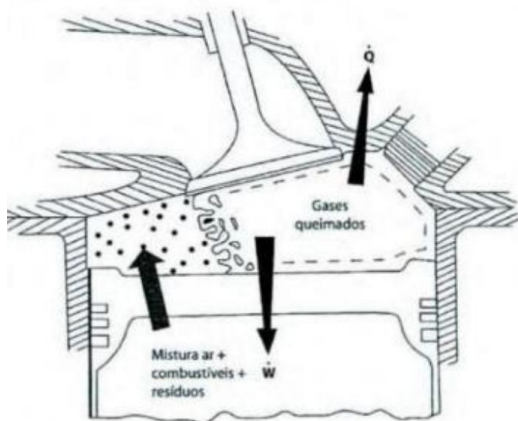
Em todas essas versões, quando o pistão se aproxima do Ponto Motor Superior (PMS), uma faísca é gerada entre os eletrodos da vela de ignição. Esse evento dá início às reações de oxidação do combustível, que começam em uma pequena região ao redor da vela, resultando em um aumento localizado de temperatura e um aumento desprezível de pressão. A partir desse núcleo inicial, a combustão se propaga, e quando os compostos preliminares atingem uma concentração específica, a liberação de calor se intensifica o suficiente para desencadear reações em cadeia, ou seja, a propagação da chama.

Isso indica que a combustão no cilindro passa por uma fase inicial em que não ocorre um aumento significativo de pressão. Essa etapa, essencial para o desenvolvimento das reações iniciais próximas à vela de ignição, é conhecida como retardamento químico da combustão, ou atraso de ignição. Esses primeiros instantes de formação do núcleo de combustão podem ser caracterizados pela queima de 1% a 10% da massa presente no interior do cilindro.

O tempo de retardamento é um dos fatores que justificam a necessidade de antecipar a faísca em relação ao Ponto Motor Superior (PMS). Após esse retardamento, a combustão se propaga pela câmara de combustão através de uma frente de chama, deixando para trás os gases já queimados e avançando em direção à mistura não queimada. (Brunetti, 2012).

A figura 1 ilustra esquematicamente a propagação da frente de chama a partir da região da vela de ignição. Essa segunda fase da combustão é conhecida como combustão normal e, basicamente, se conclui quando a frente de chama atinge as paredes da câmara de combustão.

Figura 1: Representação esquemática da combustão normal.



Fonte: Brunetti, 2012.

Os motores de combustão interna podem ser classificados de diferentes maneiras. Quando se trata do tipo de combustível utilizado, os motores a diesel operam com combustão por compressão, seguindo o ciclo Diesel. Já os motores que utilizam gasolina, álcool, querosene, gás natural ou GLP funcionam através de combustão por explosão, seguindo o ciclo Otto.

Quanto ao ciclo de funcionamento, os motores podem ser divididos em dois tipos: motores de 2 tempos e motores de 4 tempos. Os motores de 2 tempos completam as quatro fases do ciclo em 360° , enquanto os motores de 4 tempos realizam essas quatro fases em 720° (VARELLA, 2009).

3.2 Tipos de combustíveis.

Os principais combustíveis automotivos utilizados no Brasil são gasolina, etanol, diesel, biodiesel, eletricidade e GNV (AUTO CERTO, 2023). O GNV, em particular, é um dos combustíveis mais competitivos na matriz energética brasileira (Esgas, 2020). Ele se destaca por oferecer alto desempenho, baixa emissão de poluentes e economia.

De acordo com a Abegás (2023), o Brasil possui a quarta maior frota mundial de veículos leves movidos a GNV, totalizando cerca de 2,5 milhões de veículos

em 2023, conforme dados do IBGE. Além do Brasil, o ranking é liderado por China, Estados Unidos e Índia.

3.3 Gás natural veicular.

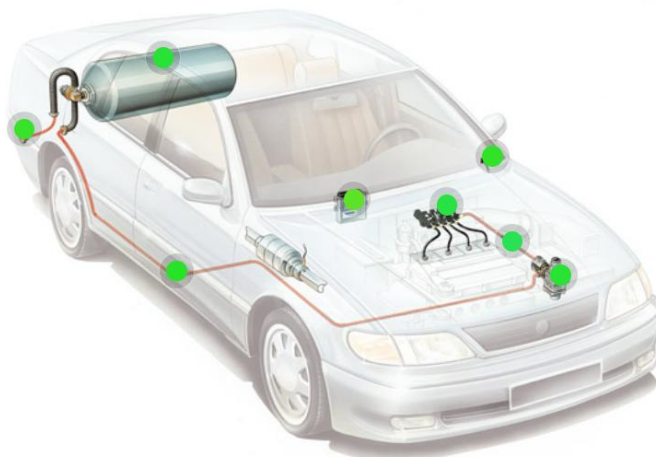
De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2022), o gás natural veicular (GNV) é definido como uma mistura combustível gasosa derivada do gás natural ou do biometano, projetada para uso em veículos, sendo composta principalmente por metano.

A portaria nº 147 de 28 de março de 2022 estabelece que os cilindros de armazenamento do GNV são projetados para suportar a alta pressão a que o gás é submetido. Na revenda, a pressão máxima é limitada a 22,0 MPa. Além disso, é importante destacar que a qualidade do gás natural veicular é equivalente à do gás natural convencional.

No Brasil, a única maneira de utilizar GNV como combustível veicular é através de conversão, que envolve a instalação de um kit específico. Esse kit está disponível em duas variantes: o kit básico e o kit completo.

Os cilindros de armazenamento do GNV podem ser instalados na parte traseira, na subestrutura ou no teto dos veículos. A figura 2 ilustra um veículo com um kit de conversão GNV instalado.

Figura 2: Esquema de Representação de um Kit GNV Instalado.



Fonte: komgas,2004.

3.4 Histórico de GNV no Brasil.

Na década de 1980, ocorreram descobertas importantes de petróleo e gás natural na Bacia de Campos, no Rio de Janeiro. As crises globais do petróleo nos anos 1970 forçaram uma revisão da política energética brasileira, devido à alta dependência do país dos combustíveis derivados do petróleo, como óleo diesel e gasolina, especialmente para o transporte.

Em resposta a essa situação, a Comissão Nacional de Energia (CNE) desenvolveu o Plano de Antecipação da Produção de Gás, conhecido como PLANGAS. O principal objetivo do PLANGAS era encontrar uma alternativa ao uso de óleo diesel no transporte de cargas e passageiros em áreas urbanas, onde a emissão de poluentes atmosféricos já era considerada um problema crítico. Naquele período, o gás natural representava apenas 1,8% do consumo energético do país.

Neste contexto, a CNE, por meio do PLANGAS, estabeleceu a Resolução Nº 01/88 para incentivar o uso do gás natural comprimido (GNV) no transporte coletivo, com o objetivo de reduzir o consumo de diesel. A proposta inicial visava substituir o óleo diesel por GNV nas frotas de veículos pesados nos grandes centros urbanos, incluindo micro-ônibus, ônibus e caminhões.

No entanto, devido a certas dificuldades, como a pequena diferença de preço entre o diesel e o GNV, além da falta de postos de serviço adequados para atender à frota de veículos pesados, o uso do GNV acabou se disseminando mais amplamente entre veículos leves (MORO, 2013). Pelliza (2003) apresenta um cronograma das fases de utilização do GNV como combustível no cenário nacional, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Fases de utilização do GNV no cenário nacional.

FASES DE UTILIZAÇÃO DO GÁS NATURAL VEICULAR	
Primeira fase (1980 ao final 1991)	Início das discussões para utilização do gás natural como combustível veicular; Criação de Comissões Governamentais para o estudo da substituição do óleo diesel pelo GNV no transporte de cargas e passageiros; Dificuldades iniciais com a pouca disponibilidade do produto e a pequena diferença entre os preços do óleo diesel e do GNV, tornando a conversão de frotas inviável; criou-se o impasse: não se investia em conversão de frotas nem na construção de postos de serviço.
Segunda fase (1992 a meados de 1994)	Liberação do uso de GNV para taxistas e frotas de empresas; Inauguração do primeiro Posto de Serviço para venda de GNV para o público; os volumes de GNV demandados cresceram bastante em função da viabilidade econômica do seu uso em táxis, acarretando falta de produtos para abastecimento.
Terceira fase (1994 à 1996)	O Plano Real propicia uma estabilização do preço dos combustíveis e a sensação para o usuário de que a economia feita pelo uso de GNV diminuía; Concessão de isenção de impostos para os taxistas que optassem pelo uso de GNV, acarretando uma grande renovação da frota de veículos, principalmente em São Paulo; as montadoras não mantinham a garantia para veículos novos convertidos para o uso de GNV.
Quarta fase (1997 até os dias atuais)	Liberação do uso de GNV para veículos particulares; há uma maior percepção por parte dos usuários quanto às vantagens do uso do GNV como substituto da gasolina e do álcool; uma maior conscientização dos benefícios que o GNV traz para o meio ambiente; O crescimento do mercado de transportes autônomos e de frotistas alavanca a demanda de GNV; um maior número de postos de serviço é oferecido ao público

Fonte: Pelliza, 2003. Adaptado pelo autor, 2024.

3.5 Sistema de conversão para GNV.

Existem duas abordagens tecnológicas principais para possibilitar o uso de GNV em veículos. A primeira consiste na integração de componentes específicos durante o processo de fabricação nas fábricas de automóveis. Esses componentes são projetados para serem compatíveis com motores de combustão interna e permitem o uso de GNV como combustível adicional, além

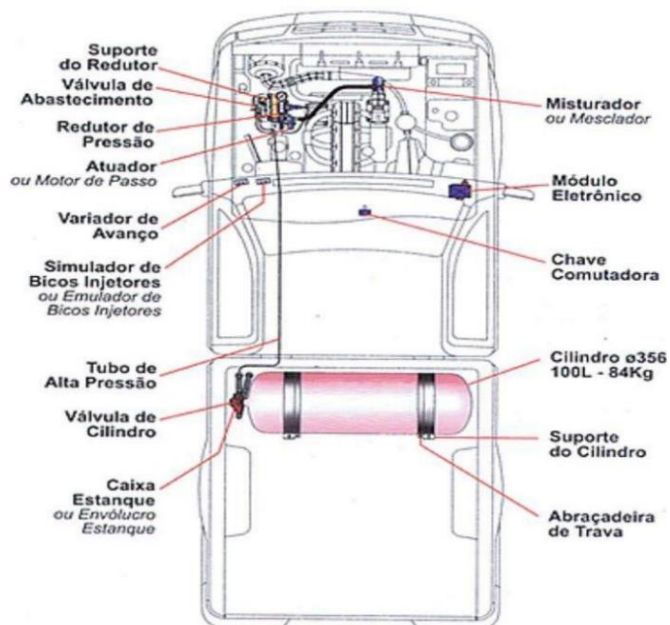
do combustível originalmente utilizado no veículo. A segunda abordagem envolve a adaptação do veículo após sua fabricação, através da instalação de um kit específico para GNV (OLIVETO, 2009).

A instalação do kit de GNV é regulamentada por normas específicas. Conforme a NBR-16149. 2023, a instalação do kit deve ser realizada exclusivamente em Oficinas Instaladoras registradas pelo INMETRO.

Além disso, é obrigatório que o veículo passe por uma inspeção de segurança veicular e de emissão de poluentes. Essas inspeções devem ser conduzidas por Organismos de Inspeção de Segurança Veicular (OIA-SV) devidamente credenciados, para garantir que o veículo esteja em conformidade com os requisitos de segurança e ambientais estabelecidos pelas normas pertinentes.

A Resolução 292/08 do CONTRAN também estabelece a obrigatoriedade de uma inspeção anual em uma Instituição Técnica Licenciada (ITL), conforme definido pelo DENATRAN. O objetivo dessa inspeção é verificar a segurança do veículo e assegurar que os níveis de emissão de gases e poluentes estejam de acordo com os padrões restritivos estabelecidos pelo PROCONVE (MORO, 2013).

Figura 3: Modelo esquemático de sistema de conversão para utilização de GNV.

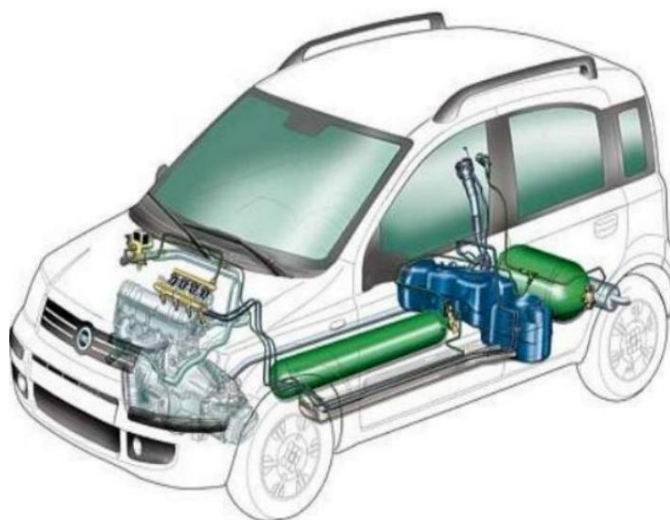


Fonte: Oliveto, 2009.

Na figura 3, é possível identificar os principais componentes de um kit de conversão para a utilização do GNV, os quais serão detalhados posteriormente. Segundo Oliveto (2009), uma das vantagens significativas dos veículos que já saem de fábrica equipados com sistema e componentes específicos para o uso de GNV é o posicionamento mais eficiente dos equipamentos, especialmente do cilindro de armazenamento.

Na figura 4, temos uma representação esquemática de um sistema de instalação de GNV concebido diretamente no projeto de fábrica, adaptado para atender a um modelo específico de veículo.

Figura 4: Representação de um veículo com instalação do sistema para utilização de GNV projetado de fábrica.



Fonte: Oliveto, 2009

É notável que o cilindro de armazenamento de GNV seja instalado em um local mais adequado, sem comprometer outros espaços do veículo. Dessa forma, evita-se a instalação no porta-malas, onde o cilindro ocuparia um espaço valioso e reduziria a capacidade de carga originalmente planejada.

3.6 Principais componentes dos kits de conversão para GNV.

A instalação dos componentes necessários para o funcionamento do GNV em veículos adaptados varia conforme o sistema de alimentação de combustível. O sistema de controle da mistura ar-combustível deve ser compatível com o sistema originalmente instalado no veículo, de acordo com a geração do kit de conversão (OLIVETO, 2009).

Esses sistemas de controle variam conforme a geração do kit a ser instalado. A Tabela 2 apresenta as cinco gerações de controle da mistura ar-combustível.

Tabela 2: Gerações de kits de conversão para GNV.

Kit de Conversão	Veículos	Características
1ª Geração	Carburados (mecânico e eletrônico)	Acionamento pneumático para a liberação do fluxo de gás
		Regulagem mecânica e manual da vazão de gás, com chave comutadora de três estágios
2ª Geração	Carburados ou com injeção eletrônica monoponto	Acionamento eletrônico da alimentação de gás através de um motor de passo, controlado em função dos sinais de rotação e de carga do motor
		Possuem emuladores de bicos injetores e de sonda lambda
3ª Geração	Injeção eletrônica multiponto	Controle eletrônico da vazão da mistura GNV+ar em função do sinal da sonda lambda, rotação e carga do motor
4ª Geração		Acionamento eletrônico da alimentação de gás por um motor de passo
		Injeção de gás por bicos injetores de forma paralela no coletor de admissão
		Redutor de pressão de dois estágios
5ª Geração		Eliminação da ocorrência de retorno de chama
		Injeção de gás por bicos injetores de forma sequencial no coletor de admissão
		Redutor de pressão de dois estágios
	Eliminação da ocorrência de retorno da chama	
	Menor comprometimento do desempenho do motor	

Fonte: Oliveto, 2009. Modificado pelo autor, 2024.

A escolha da geração do kit a ser utilizada depende das especificações do veículo e, nos casos dos kits mais modernos, também da preferência do proprietário. Pelliza (2003) destaca que a conversão para o uso de GNV consiste no "kit" de conversão mais um cilindro de alta pressão. Esses equipamentos permitem que o veículo convertido utilize o GNV como combustível, junto com o combustível original. A seguir, são apresentados os principais componentes que compõem um kit de conversão.

3.6.1 Cilindro de alta pressão.

O cilindro de alta pressão desempenha um papel crucial na conversão de veículos para o uso de GNV, sendo responsável por armazenar o gás a uma pressão elevada de 220 bar. Esse cilindro é fabricado seguindo critérios técnicos rigorosos, utilizando um tubo de aço-liga cromo-molibdênio, sem costura, com espessura de parede entre 8 e 10 mm. O tubo passa por um processo de repuxamento e conformação das extremidades, com uma base de um lado e um gargalo do outro. Após essa conformação mecânica, o cilindro passa por dois tratamentos térmicos, conhecidos como têmpera e revenido. Além disso, todos os cilindros são submetidos a ensaios utilizando o método de partículas magnéticas (Magnaflux) para detectar possíveis defeitos, como trincas e falhas, que possam comprometer sua integridade estrutural (PELLIZA, 2003).

Figura 5: Cilindro de alta pressão para armazenamento de GNV.



Fonte: Autoria, 2024.

A fabricação de cilindros para altas pressões é regulamentada pela norma NBR NM ISO 11439 de 01/2019, que trata dos cilindros de alta pressão destinados ao armazenamento de gás natural como combustível em veículos automotores. Além dessa, existem outras normas relevantes, como a ISO 9809-1 de 02/2014, que aborda cilindros de aço sem costura recarregáveis para gases, estabelecendo as etapas de projeto, construção e ensaios, e a ISO 7866:2012, que regula cilindros de gás recarregáveis feitos de liga de alumínio sem costura, também definindo as etapas de projeto, construção e testes.

3.6.2 Tubulação de alta pressão.

A condução do GNV desde a válvula de abastecimento até o cilindro de armazenamento e, posteriormente, até a válvula reguladora de pressão é realizada pela tubulação de alta pressão. Tanto a linha de abastecimento do cilindro quanto a alimentação do redutor de pressão podem ter um diâmetro interno nominal de 8 mm ou, alternativamente, ser feitas com tubos de 6 mm de diâmetro interno. Essas peças são fabricadas em aço-liga e devem apresentar acabamento bi cromatizado tanto internamente quanto externamente. Em alguns casos, é permitido que o acabamento externo seja pintado com tinta epóxi, porém, o acabamento cromatizado é uma camada adicional de proteção contra corrosão que deve ser especificada (PELLIZA, 2003). A tubulação de alta pressão deve ser homologada pelo INMETRO.

Figura 6: Tubo de alta pressão.



Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto. 2025.

3.6.3 Válvula do cilindro.

A válvula do cilindro tem por finalidade reter o gás no cilindro e regular a sua liberação por meio da conexão com a tubulação de alta pressão. A válvula possui dois dispositivos de segurança, um que entra em ação em caso de fluxo excessivo de gás e outro que atua quando ocorre excesso de pressão no cilindro (MORO, 2013).

Figura 7: Válvula do cilindro GNV.

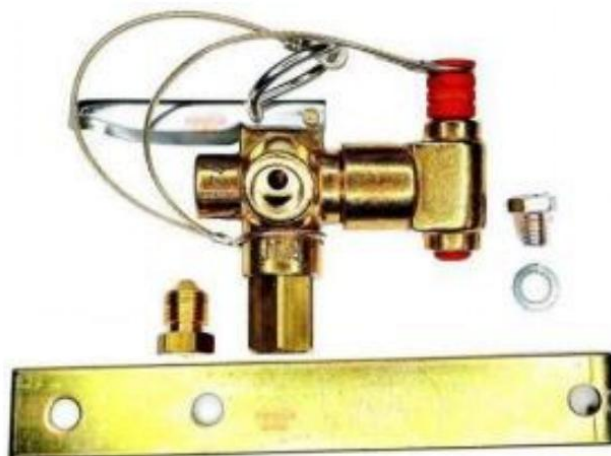


Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto. 2024.

3.6.4 Válvula de abastecimento.

A válvula de abastecimento tem por finalidade a transferência de gás natural veicular do ponto de abastecimento nos postos de combustíveis para o cilindro e permite interromper o fluxo de gás para o redutor de pressão em situações de emergência ou durante a manutenção, e também impede o retorno do gás à fonte de abastecimento (MORO, 2013).

Figura 8: Válvula de abastecimento GNV homologada pelo INMETRO.



Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto. 2024.

3.6.5 Manômetro eletromecânico.

O manômetro tem a função de medir a pressão na linha de alta pressão do sistema e, através do potenciômetro embutido, converter essa leitura pneumática em um sinal elétrico. Esse sinal é então transmitido para a chave comutadora de gás (PELLIZA, 2003).

Figura 9: Manômetro.

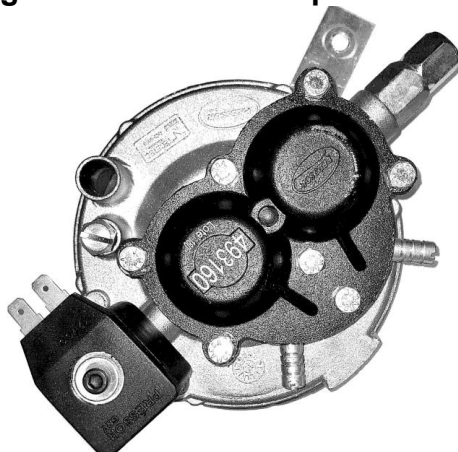


Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto. 2024.

3.6.6 Redutor de pressão.

O redutor de pressão tem a função de diminuir a pressão do gás presente no cilindro, reduzindo-a de 220 bar para a pressão atmosférica. Esse processo ocorre em três etapas de redução, aproveitando a diferença de pressão entre as câmaras do redutor (MORO, 2013).

Figura 10: Redutor de pressão.



Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto. 2024.

3.6.7 Misturador (mesclador).

O correto funcionamento do veículo está diretamente relacionado ao uso adequado do misturador, que deve ser selecionado conforme o tipo de motor. Isso previne perda de potência, consumo excessivo de combustível e reduz a poluição, garantindo um desempenho ideal tanto com GNV quanto com o combustível original (MORO, 2013).

Figura 11: Misturador de passagem livre axial para mangueira.



Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto, 2024.

3.6.8 Chave comutadora.

A chave comutadora é um dispositivo eletrônico que gerencia a seleção do tipo de combustível a ser utilizado, de acordo com a escolha do condutor, que é feita simplesmente ao pressionar um botão. Além da função de alternância, algumas chaves possuem um sistema eletrônico de indicação (LEDs) que, ao receber um sinal elétrico do manômetro de alta pressão, informa ao condutor a quantidade de gás armazenada no cilindro (PELLIZA, 2003).

Figura 12: chave comutadora eletrônica.

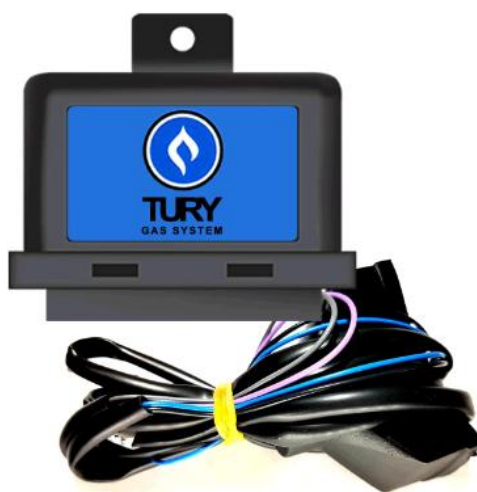


Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto, 2024

3.6.9 Emulador de bicos injetores.

Este dispositivo eletrônico, quando conectado à linha de comando dos eletro injetores, interrompe o sinal de controle enviado pela central eletrônica responsável pela injeção de combustível líquido. Simultaneamente, ele emite um sinal simulado de funcionamento normal dos eletros injetores, de modo que a central de injeção não detecte problemas relacionados a eles, evitando que a central eletrônica entre em modo de emergência (PELLIZA, 2003).

Figura 13: Emulador de bicos injetores com chicote e conectores.



Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto, 2024.

3.6.10 Emulador de sensor de oxigênio (sonda lambda).

O emulador do sensor de oxigênio é um dispositivo eletrônico instalado na linha de comunicação entre a central de injeção de combustível líquido e o sensor de oxigênio (sonda lambda). Sua função é interromper o sinal enviado pelo sensor de oxigênio para a central de injeção e, simultaneamente, gerar um sinal de frequência similar ao do sensor. Isso evita que a central de injeção entre em modo de emergência (PELLIZA, 2003)

Figura 14: Simulador de sonda lambda.



Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto, 2024.

3.6.11 Variador de avanço.

Este componente é controlado pelo módulo de ignição eletrônica e tem a função de ajustar o momento da ignição da faísca da vela. Ele permite avançar ou retardar o ponto de ignição de acordo com a carga do motor, proporcionando mais tempo para a queima completa do GNV. Isso evita perda de potência e torque, reduz o consumo de combustível e diminui as emissões de gases (MORO, 2013).

Figura 15: variador de avanço.



Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto, 2024.

3.6.12 Módulo eletrônico.

Também conhecido como gerenciador eletrônico, este é um módulo exclusivo para o sistema de GNV, responsável por ajustar a mistura ar/GNV. Ele enriquece ou empobrece essa mistura com base nas informações fornecidas pelo sensor de posição da borboleta (TPS) e pelo sensor da sonda lambda. O objetivo desse módulo é alcançar a mistura estequiométrica ideal, visando o melhor desempenho e eficiência do veículo (MORO, 2013).

Figura 16: Unidade central eletrônica (ECU).



Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto, 2024.

3.6.13 Motor de passo.

Também conhecido como atuador de fluxo, o motor de passo é uma válvula eletromagnética responsável por regular fisicamente a mistura ar/GNV. Ele recebe sinais do módulo eletrônico ou da sonda lambda e atua para manter a mistura na proporção ideal. Essa regulação evita o consumo excessivo, reduz a poluição e garante que a mistura não fique pobre em torque máximo, assegurando um desempenho adequado do veículo (MORO, 2013).

Figura 17: Motor de passo para gerenciador de fluxo.



Fonte: Site Tróia Gás. Acesso em: agosto, 2024.

3.7 Riscos relacionados ao GNV.

Gustavo Galiazzi, gerente técnico da Abegás, afirma que o gás natural veicular (GNV) é um combustível muito seguro. Ele destaca que, além de ser menos inflamável que a gasolina ou o etanol, o GNV possui a vantagem de ser mais leve que o ar, o que permite sua rápida dissipação em caso de vazamento. (Terra, 2022).

Porem de acordo com Everton Lopes, mentor em tecnologia de energia a combustão da SAE Brasil, o GNV requer cautela por ser acondicionado sob altíssima pressão, muitas vezes dentro do habitáculo do veículo. Portanto, qualquer vazamento do combustível pode ser catastrófico. (UOL, 2022).

Cleber Willian Gomes, professor de Engenharia da FEI com experiência em projetos com kit GNV, ressalta que, ao seguir as normas e recomendações, a chance de ocorrer um acidente é extremamente baixa. Ele destaca dois fatores críticos: o primeiro é quando as normas de instalação não são seguidas conforme as recomendações e padrões do fabricante e as especificações do Inmetro; o segundo é a falta de manutenção adequada ou a realização de uma manutenção mal feita, que pode comprometer a configuração do sistema. (Auto esporte, 2020).

Sendo assim a inspeção de veículos GNV é crucial para a garantia de segurança, no entanto, é importante destacar que existe um número desconhecido de veículos bicompostíveis a GNV, conhecidos como "clandestinos", que podem ser classificados em duas categorias principais. A primeira categoria inclui veículos que realizaram a instalação do sistema GNV em oficinas não registradas pelo INMETRO, popularmente chamadas de "instaladoras de fundo de quintal," e que, por isso, não conseguem legalizar o Certificado de Registro e Licenciamento de Veículo (CRLV). A segunda categoria abrange veículos que, embora tenham feito a instalação em oficinas registradas, optam por não legalizar sua documentação devido aos custos associados à inspeção de segurança anual obrigatória realizada nas Instituições Técnicas Licenciadas (ITL).

Esses veículos, que não estão regulamentados junto ao DETRAN, conseguem abastecer normalmente nos postos de combustível, sem a necessidade de apresentar um selo de Conformidade Técnica. Essa situação representa um risco significativo à segurança pública, pois esses veículos podem ser verdadeiras "bombas ambulantes," com potencial de causar explosões, ferimentos graves e até mortes. (MORO, 2013).

3.8 Inspeções de veículos GNV.

Nas Instituições Técnicas Licenciadas (ITL), cada inspeção inicia com a abertura da Ordem de Serviço (OS), seguida por uma avaliação visual do veículo. Durante essa fase, verificam-se o funcionamento do motor em marcha lenta, a emissão visível dos gases de escapamento, possíveis vazamentos de GNV, funcionamento das luzes dos faróis, entre outros aspectos. Após o registro do veículo nos sistemas informatizados, ele passa por uma inspeção na linha de verificação, utilizando equipamentos eletromecânicos para avaliar a estrutura veicular e garantir que o veículo esteja seguro para trafegar nas vias, conforme especificado na NBR 16149, 2023.

No final do processo, se o veículo for "APROVADO," o proprietário recebe o Certificado de Segurança Veicular (CSV) e o selo GNV. Este selo é crucial para o controle estatístico dos veículos com sistema GNV instalado e também serve para alertar equipes de resgate, como a Defesa Civil e os Bombeiros, sobre a presença desse tipo de combustível. (MORO, 2013).

3.9 Normas de inspeção veicular.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a normalização é definida como a "atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem em um dado contexto. Consiste, em particular, na elaboração, difusão e implementação das normas." A ABNT atua como o foro brasileiro de normalização, elaborando normas técnicas por meio de comissões de estudo formadas por partes interessadas. Essas normas são documentos de adoção voluntária, mas que representam o consenso entre especialistas em determinado tema.

A utilização de normas técnicas aprovadas por organismos reconhecidos, como a ABNT, traz diversos benefícios, incluindo o atendimento a requisitos legais, aumento da segurança de produtos e serviços, organização do mercado e eliminação da concorrência desleal. No contexto da segurança veicular, a normalização de critérios técnicos é altamente desejável, pois reduz subjetividades, aumenta a repetibilidade e a rastreabilidade dos processos, e gera dados que podem auxiliar governos na tomada de decisões sobre a manutenção e fiscalização da frota. Conseqüentemente, a sociedade obtém maiores garantias de segurança dos veículos em circulação, com uma redução nos acidentes causados por falhas mecânicas.

No Brasil, as normas de inspeção de segurança veicular foram publicadas pela ABNT na década de 1990. A NBR 14040 foi lançada em 1997 para inspeções em veículos leves e pesados, enquanto a NBR 14180, aplicada a motocicletas e veículos similares, foi emitida em 1998. Ambas as normas

passaram por revisão em 2017 para correção de imperfeições e aprimoramento de conceitos. (BASSOLI, COUTINHO E AMORIM, 2021).

As normas de inspeção de segurança veicular vigente até o ano de 2025 incluem as seguintes partes:

1. Diretrizes básicas: Estabelece conceitos e definições, princípios básicos dos serviços e requisitos para instalações, pessoal e processos.
2. Conformidade cadastral: Avalia a identificação veicular e a documentação, assegurando a conformidade com a legislação de trânsito.
3. Equipamentos obrigatórios e proibidos: Verifica a presença de itens exigidos ou proibidos pela legislação de trânsito.
4. Sinalização: Avalia os sistemas de sinalização obrigatórios, como luzes de posição e faixas refletivas.
5. Iluminação: Examina os sistemas de iluminação, essenciais para a visibilidade do veículo.
6. Freios: Inspecciona os sistemas de freio de serviço e estacionamento, tanto visual quanto instrumentalmente.
7. Direção: Avalia o sistema de direção, fundamental para a manutenção e alteração da trajetória do veículo.
8. Eixos e suspensão: Verifica os sistemas de eixos e suspensão, essenciais para a estabilidade e frenagem.
9. Pneus e rodas: Analisa a conformidade dos pneus e rodas, itens cruciais para a segurança.
10. Sistemas e componentes complementares: Inclui a inspeção de outros componentes relacionados à segurança, como estrutura do veículo, cintos de segurança e vidros.

11. Estação de inspeção de segurança veicular: Define os requisitos mínimos de infraestrutura e equipamentos para as estações de inspeção.
12. Qualificação de inspetor de segurança veicular: Estabelece os requisitos para a qualificação formal e técnica dos inspetores.

Essas normas, incluindo a ABNT NBR 14040 e 14180, descrevem o processo de inspeção de segurança veicular, excluindo análises de emissões atmosféricas previstas no artigo 104 do CTB. A inspeção consiste na avaliação da conformidade do veículo quanto à sua estrutura, equipamentos e pessoal, seguindo critérios de aprovação preestabelecidos de acordo com as normas citadas. (BASSOLI, COUTINHO E AMORIM, 2021).

3.10 Gráfico de Pareto.

O gráfico de Pareto, nomeado em homenagem ao economista italiano Vilfredo Pareto, baseou-se na observação de que problemas socioeconômicos frequentemente exibem a seguinte característica: uma pequena parcela de causas exerce uma influência significativa sobre o problema, enquanto um grande número de causas triviais contribui apenas marginalmente.

Esta observação, fundamental para as ferramentas básicas da qualidade, demonstrou-se aplicável em processos industriais e administrativos. Assim, a identificação e o tratamento eficaz das causas principais tornam-se essenciais para maximizar a resolução de problemas.

O gráfico de Pareto, representado visualmente por barras, quantifica a contribuição de cada causa para o problema, ordenando-as de forma decrescente de influência ou ocorrência.

A análise prossegue com a estratificação, um processo de decomposição das causas significativas em níveis crescentes de detalhe, até a identificação das causas primárias, que podem ser abordadas diretamente. Esta técnica, que

quantifica, ordena e desdobra as causas, permite uma análise aprofundada e direcionada. (Bernardo F. E. Lins,1993).

4 METODOLOGIA

Este capítulo aborda a metodologia utilizada para a elaboração desse estudo. Para isso, serão tomados como base de estudos, análises e coletadas de dados que de acordo com Gil (2000) é uma metodologia descritiva exploratória.

4.1 Classificação da pesquisa.

De acordo com Gil (2000), as pesquisas exploratórias “têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições”, classificando, assim, este estudo como uma pesquisa exploratória.

O presente trabalho está dividido nas seguintes fases: levantamento bibliográfico, identificação das não conformidades, estimativa das não conformidades e avaliação das não conformidades.

Para o levantamento bibliográfico foi realizada uma coleta de dados nos meses de janeiro de 2024 há julho de 2025, através das ferramentas eletrônicas de assistência a pesquisas Elicit e Google Scholar, bem como, sites do sistema gov.br para acesso aos dados do Ministério do Trabalho e Previdência – MTP quanto a consulta às normas regulamentadoras portaria do INMETRO.

No tocante a seleção dos artigos, revistas publicadas e monografias incluídas neste trabalho, foram selecionados artigos publicados entre 2003 e 2024, idioma português e inglês, completos, originais e de revisão, sobre o tema em foco.

4.2 Apresentação da empresa

O estudo, foi conduzido na empresa INSPREV INSPEÇÃO VEICULAR LTDA, estabelecida em 20 de dezembro de 1999, na cidade de Manaus/AM. A Insprev opera suas atividades na Rua Nelson Rodrigues, 2 - Santo Agostinho.

A Insprev é uma empresa acreditada pela Coordenação Geral de Acreditação (CGCRE) e licenciada pela Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), o que a qualifica para realizar inspeções de segurança veicular. Em conformidade com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), a empresa realiza inspeções em veículos com características alteradas e emite o Certificado de Segurança Veicular (CSV) para aqueles que atendem a todos os requisitos estabelecidos.

4.3 Pesquisa direta para coleta de dados.

Foi realizada uma pesquisa no banco de dados da empresa INSPREV inspeção veicular, na qual utiliza os *softwares* Otimiza e Excel. Essa pesquisa foi realizada levando em consideração amostras do 2º semestre do ano de 2023.

Uma das ferramentas de controle de inspeções, é o Microsoft Excel que armazena o número de inspeções feitas, o tipo de inspeção feita de acordo com a portaria (no caso do GNV é a portaria 147) e o número de veículos que apresentaram não conformidades em inspeções, conforme figura 18. Através desses dados é possível identificar o veículo que foi reprovado e sua respectiva placa e então pesquisar seu respectivo relatório de não conformidade(s) dentro do *software* da otimiza.

Figura 18: Planilha de controle.

CSV OUTUBRO 2023					CSV NOVEMBRO 2023						
CI	no	data	escopo	placa	status	CI	no	data	escopo	placa	status
	2183	02/out	Port 147	JXJ0C62	RP		2301	01/nov	Port 147	PHX0550	AP
	2184	02/out	Port 149	JXU2182	AP		2302	01/nov	Port 149	PHW3C33	AP
	2185	02/out	Port 149	JXR0B37	RP		2303	01/nov	Port 149	PHE2282	AP
	2186	02/out	Port 149	PHT4E53	AP		2304	01/nov	Port 149	OAJ9757	AP
	2187	03/out	Port 149	QZT9H63	RP		2305	01/nov	Port 149	QZN0D55	AP
	2188	03/out	Port 149	JXS8646	RP		2306	03/nov	Port 149	PHZ1820	AP
	2189	03/out	Port 149	PHR4G98	AP		2307	03/nov	Port 147	QNJ5408	RP
	2190	03/out	Port 147	RFT3E18	AP		2308	03/nov	Port 149	NOZ9103	RP
	2191	03/out	Port 149	NOR9J41	AP		2309	03/nov	Port 149	NOK8658	RP
	2192	03/out	Port 149	JYU6D26	RP		2310	03/nov	Port 149	JXO2G42	RP
	2193	04/out	Port 147	OAF4924	RP		2311	06/nov	Port 149	NPD3D47	RP
	2194	04/out	Port 147	NUH1B86	AP		2312	06/nov	Port 149	NOX5J41	RP
	2195	05/out	Port 147	QZB2B47	AP		2313	06/nov	Port 147	OXM4714	AP
	2196	05/out	Port 149	OAB4749	RP		2314	06/nov	Port 149	PHW4J20	AP
	2197	05/out	Port 149	OAG6862	AP		2315	06/nov	Port 149	QZW8H87	AP
	2198	05/out	Port 149	JXF6992	AP		2316	06/nov	Port 149	OAE8H61	AP
	2199	06/out	Port 149	PHH5B35	AP		2317	06/nov	Port 147	OKK8148	AP
	2200	06/out	Port 147	RXO4F08	RP		2318	07/nov	Port 147	BB07J06	AP
	2201	09/out	Port 147	PHM6237	RP		2319	07/nov	Port 149	QZR9B38	AP
	2202	09/out	Port 147	OAE6557	AP		2320	07/nov	Port 147	PHT7C56	RP
	2203	10/out	Port 149	JWW0827	AP		2321	08/nov	Port 149	QZP1C19	RP
	2204	10/out	Port 149	JXQ4056	RP		2322	08/nov	Port 149	JXP6F97	RP
	2205	10/out	Port 149	PHI4B88	AP		2323	08/nov	Port 147	OYU9H30	AP
	2206	10/out	Port 147	PHD6E48	AP		2324	09/nov	Port 147	PHY7259	AP

Fonte: autoria, 2024.

O *software* da otimiza é um programa pago que é utilizado para abrir as ordens de serviço das inspeções e através dele é feito todo o processo de registro de inspeção como: processo fotográfico, dados do veículo e relatórios. No caso foi feita a pesquisa do relatório de não conformidade(s) para ser feito então os levantamentos necessários para essa pesquisa. Na figura 19 é possível ver a página inicial do *software*, já na figura 20 é onde pode se fazer as pesquisas de acordo com os dados do veículo, como: placa, número de chassi ou número de CSV.

Figura 19: Página inicial da otimiza.

Imagens Relatórios Biometria Administrativo Logout Usuário Ajuda/Supporte Acesso UGC

OTIMIZA
UGC VEICULAR

Data da última atualização: 28/07/2023

Comunicado Importante

Prezado(a) Diretor(a),

Atenção ao pagar o seu boleto. Existem vírus que podem alterar o beneficiário do boleto em tempo real, clonando o boleto.

Lembre-se de validar antes de pagar se o beneficiário é realmente a **Otimiza UGC**. Caso detecte outro beneficiário diferente no momento do seu pagamento, não pague!

Imediatamente cancele a operação, orientamos a passar antivírus na sua máquina e entre em contato com a Otimiza.

Atenciosamente,

Guilherme Andrade
Diretor de Negócios

© Otimiza UGC 2024

Fonte: autoria, 2024.

Figura 20: página 2 do software otimiza.

The screenshot shows the SIVWin software interface. At the top, there is a menu bar with options: Arquivo, Parâmetros, Consultas, Imagens, Relatórios, Biometria, Administrativo, Logout Usuário, Ajuda/Suporte, and Acesso UGC. Below the menu bar, there is a header area with the text "Consultar por Placa, Chassi ou Identificação do Veículo". The main content area contains a search form with three input fields: "Placa:", "Chassi:", and "Identificação do Veículo (CSV CICLOMOTOR)". Below the search fields, there is a section titled "Filtrar por Tipo de Serviço" with several radio button options: "Todos os Serviços" (selected), "Somente Serviços SISCOV", "Somente Serviços Antigo DENATRAN", "Somente Serviços de Laudos Gerais", "Somente Serviços de Laudos SISLIT", "Somente Serviços Auditoria / Treinamento SISCOV", and "Somente Serviços Auditoria / Treinamento Antigo DENATRAN".

Fonte: autoria, 2024.

Figura 21: Exemplo de parte de um relatório de não conformidade.

Tabela De Não Conformidade				
20	21	22	23	24
Grupo	Elemento	Não-conformidade	Descrição Adicional	A / R
Sinalização	Lanterna de freio elevada (quando existente)	Funcionando não conforme	INOPERANTE	
Sistema de GNV	Linha de alta pressão GNV	Integridade da linha de alta pressão GNV	PROXIMA A FONTE DE CALOR SEM PROTEÇÃO TERMICA	
Sistema de GNV	Linha de alta pressão GNV	Fixação da linha de alta pressão GNV	NÃO FIXADA A CADA 500 mm	

Legenda: [A] Aprovado / [R] Reprovado

Fonte: autoria, 2024.

A figura 21 é um exemplo de relatório de não conformidade. Neste exemplo, foram identificados três itens não conformes, um desses itens não é relacionado ao GNV e sendo assim como não é o foco desse trabalho esses itens foram retirados. Os outros dois itens são relacionados ao GNV ambos referentes ao mesmo componente no caso: "linha de alta pressão", sendo assim na planilha desenvolvida foi colocado em uma coluna A o elemento, coluna B a não conformidade referente desse item e na coluna C a frequência.

Figura 22: Planilha desenvolvida

	A	B	C
1	ELEMENTO	NÃO CONFORMIDADE	QUANTIDADE DE NÃO CONFORMIDADE
2	chave comutadora	inoperante	2
3	cilindro	dados ilegíveis	1
4	cilindro	com ponto de corrosão	1
5	cilindro	vencido (fora do prazo de requalificação)	13
6	etiqueta do cilindro	inexistente/ danificada/ ilegível.	9
7	flauta dos bicos injetores	má fixada	1
8	invólucro	integridade avariada ou não vedado	9
9	Linha de alta pressão	vazamento de GNV	2
10	Linha de alta pressão	fixação	9
11	Linha de alta pressão	proxima a fonte de calor sem proteção termica	4
12	linha de baixa pressão	fixação	4
13	linha de baixa pressão	vazamento de GNV	5
14	Manometro	existencia/ integridade	1
15	reductor de pressão	vazamento de GNV	2
16	reductor de pressão	má fixado	2
17	selo do cilindro	inexistente	10
18	suporte do cilindro	equidistancia	1
19	suporte do cilindro	fixação	1
20	suporte do cilindro	borrachas	2
21	tubo flexível de ventilação da valvula.	má fixada, integridade e etc...	5
22	valvula de abastecimento	vazamento de GNV	3
23	valvula de abastecimento	má fixada	4

Fonte: autoria, 2024.

Desse modo, para a identificação das não conformidades e suas respectivas frequência nos veículos foi empregada uma abordagem de pesquisa no sistema da empresa, e desenvolvida a planilha conforme a figura 22.

4.4 Consolidação de dados obtidos.

O gráfico de Pareto foi confeccionado utilizando a coluna A e coluna C, ou seja, as colunas dos itens não conformes e a frequência, a coluna B foi utilizada para fazer os gráficos pizza para ver quais não conformidades eram mais recorrentes dentro de cada item, utilizando as colunas B e C.

Diante do exposto nas seções acima, serão abordados os estudos práticos e análises dos resultados alcançados.

5 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados alcançados frente aos objetivos específicos propostos.

5.1 Processo de inspeção

Conforme abordado quanto ao escopo de atividades, a empresa INSPREV INSPEÇÃO VEICULAR tem por atividade principal: Inspeção veicular.

- São realizados diversos tipos de inspeções, como as principais:
 - a) CIV: Certificado de inspeção veicular.
 - b) CIPP: Certificado de inspeção de produto perigoso.
 - c) CSV: Certificado de segurança veicular.

Veículos com GNV precisam do CSV para conseguir a legalização do veículo, pois é solicitado no DETRAM este certificado para o tal. O DETRAM solicita o CSV em dois casos quando se trata de veículos GNV:

- a) Quando foi feita a instalação do kit GNV, é solicitado para a modificação no documento do veículo, que passará a constar que possui GNV. Chamada de “inspeção de inclusão de GNV”.
- b) Quando o proprietário deseja fazer o licenciamento anual do seu veículo que já contém o GNV no documento. Chamada de “inspeção periódica”.

Para tal, inspeção é realizado um procedimento técnico já descrito pela empresa, que tem como base:

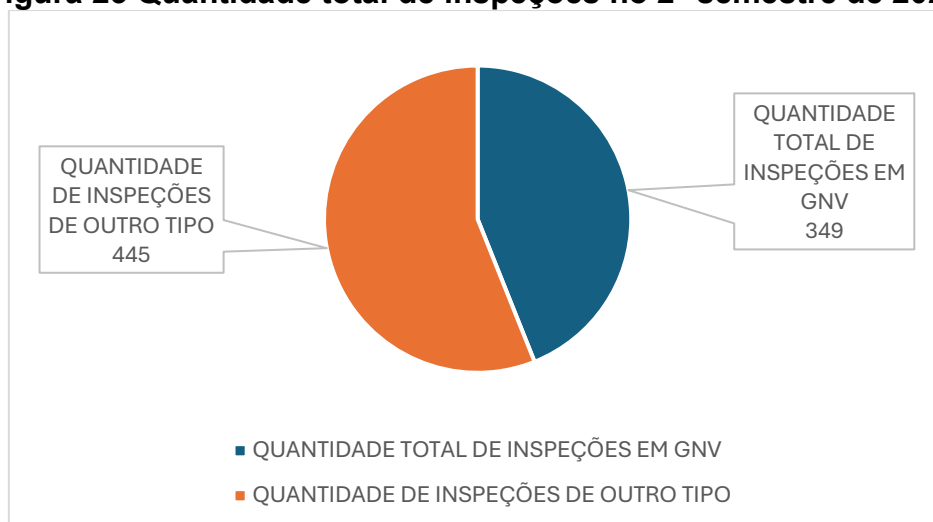
- Portaria Inmetro nº 147/2022: Requisitos de Avaliação da Conformidade para Inspeção de Veículos Rodoviários Automotores com Sistemas de Gás Natural Veicular.
- Portaria Inmetro nº 149/2022: Requisitos de Avaliação da Conformidade para Inspeção de Segurança Veicular.

- Portaria Inmetro nº 130/2022: Regulamento Técnico da Qualidade e Requisitos de Avaliação da Conformidade para Instalação de Sistemas de Gás Natural Veicular.
- Portaria Inmetro nº 133/2022: Regulamento Técnico da Qualidade e Requisitos de Avaliação da Conformidade para Requalificação de Cilindros Destinados ao Armazenamento de Gás Natural Veicular.
- Portaria Inmetro nº 436/2021: Regulamento Técnico Mercosul e Requisitos de Avaliação da Conformidade para Cilindros para Armazenamento de Gás Natural Veicular (GNV).
- ABNT NBR-14040: Inspeção de segurança veicular - Partes 01 a 12.
- ABNT NBR-16149. 2023: Sistema de Gás Natural Veicular (GNV) - Partes 01 a 06 - em especial “Parte 3 - Redutores de Pressão”; “Parte 5 - Suportes em Geral”; “Parte 6 - Instalação”.

5.2 Técnicas de avaliação das não conformidades.

Para a visualização comparativa dos dados de inspeção, foram aplicados gráficos de pizza. O primeiro gráfico (figura 23) apresenta a comparação entre a quantidade total de inspeções que foram 794, e as inspeções específicas de veículos GNV que totalizaram 349, o que significa aproximadamente 43% das inspeções totais.

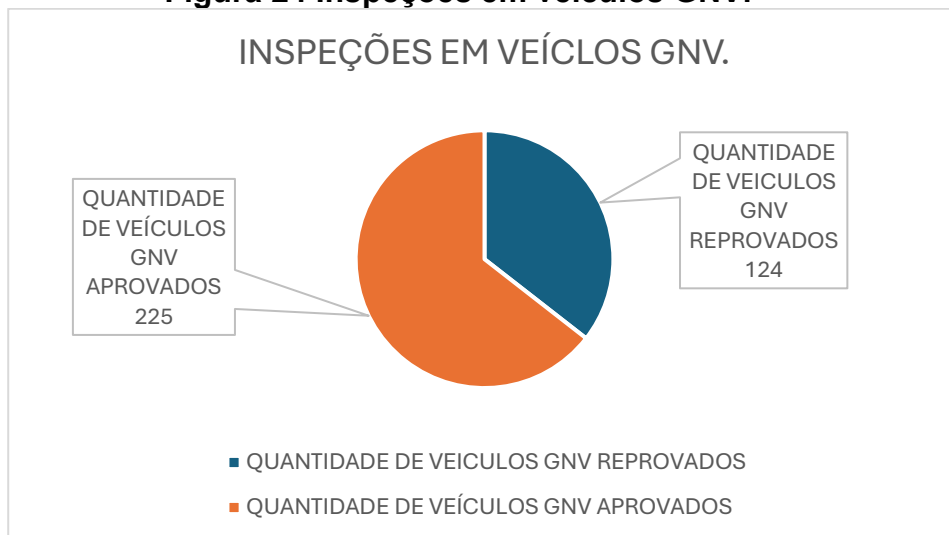
Figura 23 Quantidade total de inspeções no 2º semestre de 2023.



Fonte: autoria, 2024.

O gráfico a seguir (figura24) mostra que número das 349 inspeções em veículos GNV, 124 apresentaram não conformidades, o que equivale a 35,53%.

Figura 24 Inspeções em veículos GNV.

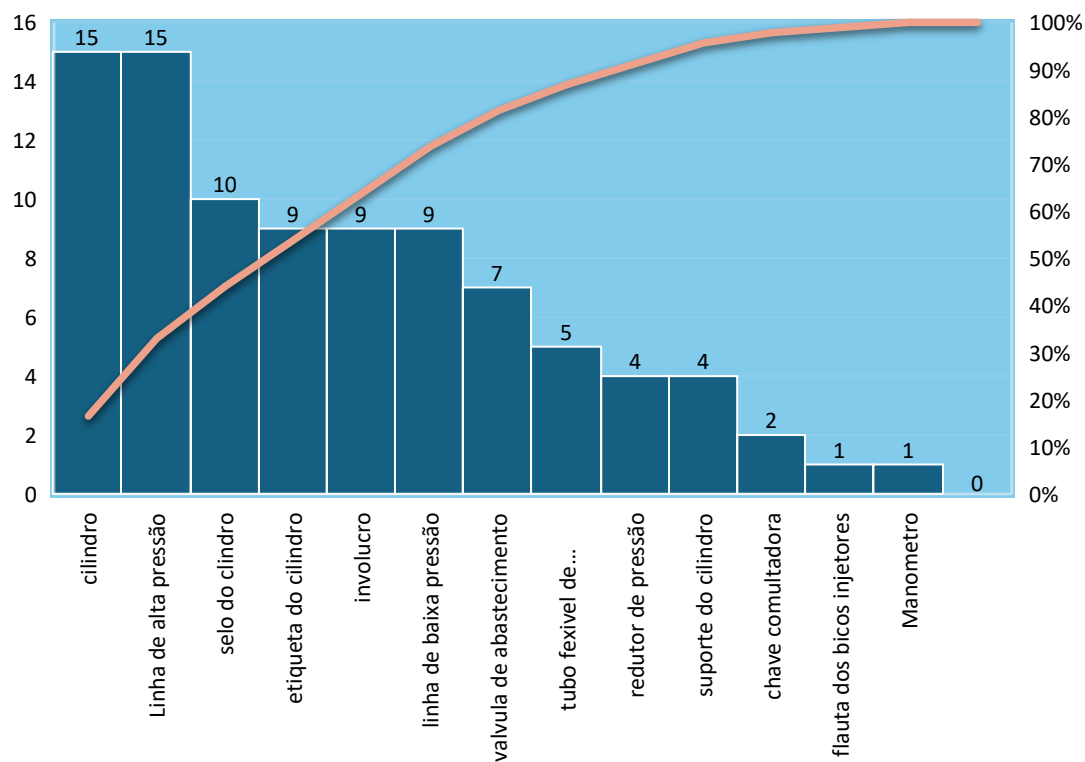


Fonte: autoria, 2024.

5.2.1 Gráfico de Pareto.

Para avaliar a quantidade de não conformidades encontradas foi utilizado o gráfico de Pareto que foi confeccionado de acordo com o que está descrito no 5.2.1 – referencial teórico deste respectivo trabalho. O resultado encontrado é apresentado na figura 25.

Figura 25 Não conformidades em veículos GNV.

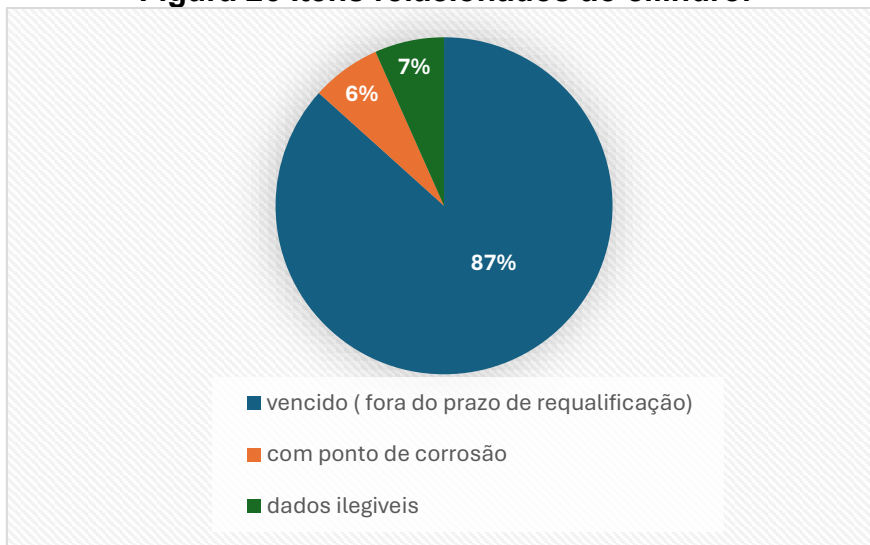


Fonte: autoria, 2024.

Através desse gráfico conclui-se que aproximadamente 33% das não conformidades são oriundas dos seguintes itens: cilindro e linha de alta pressão.

5.2.2 Não conformidades em destaque.

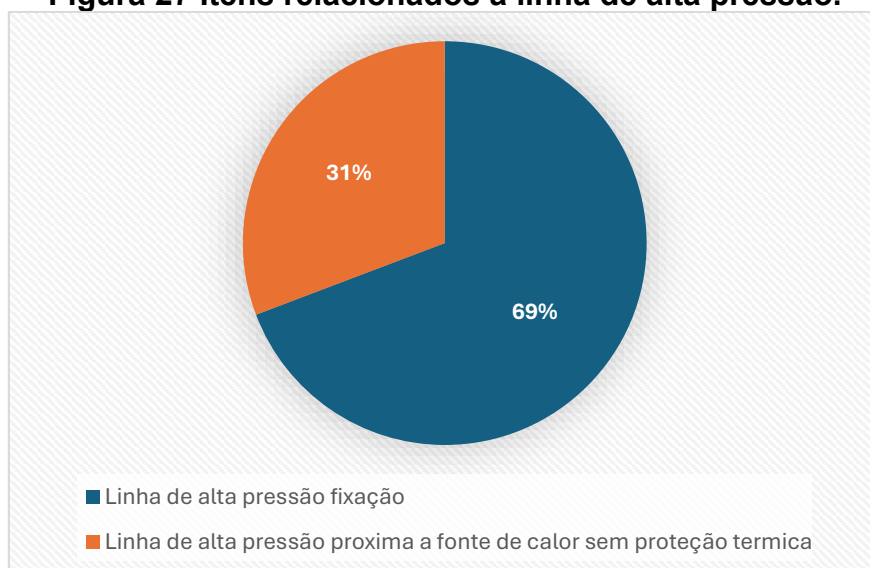
Figura 26 Itens relacionados ao cilindro.



Fonte: autoria, 2024.

Com os visualização da figura 26, notou-se que o cilindro estar fora do prazo de requalificação é uma não conformidade recorrente em 87%, enquanto o cilindro apresentar pontos de corrosão ou dados ilegíveis representaram 13% juntos.

Figura 27 Itens relacionados a linha de alta pressão.



Fonte: autoria, 2024.

Através da figura 27, observa-se que das não conformidades relacionadas a linha de alta pressão do GNV, problemas com a fixação apareceram em 69%, enquanto o problema da linha de alta pressão estar próxima a uma fonte de calor sem proteção térmica, apareceram num total de 31%.

5.3 Desenvolvimento Do FMEA.

Para o desenvolvimento do FMEA é necessário estipular os valores de ocorrência, severidade e detecção, esses valores variam de 0 a 10 e assim pode-se calcular o valor do RPN (número de prioridade de risco). O valor de RPN é obtido através da multiplicação desses 3 parâmetros.

O valor de severidade aumenta de acordo com o grau de severidade que a não conformidade apresenta, o valor de detecção diminui à medida que seja mais fácil detectar a não conformidade.

Figura 28 valores para a estipular a ocorrência.

1: até 2%
2: de 2,1% a 3,5%
3: de 3,51% a 4,50%
4: de 4,51% a 5,50%
5: de 5,51% a 6,50%
6: de 6,51% a 7,50%
7: de 7,51% a 8,50%
8: de 8,51% a 9,50%
9: de 9,51% a 10,50%
10: acima de 10,50%

Fonte: autoria, 2024.

Para o valor de ocorrência foi desenvolvida uma tabela presente na figura 28, essa tabela estipula o valor da ocorrência de acordo os valores obtidos na coleta de dados desse trabalho, transformando o número da frequência em porcentagem e estipulando valores entre o intervalo dessas porcentagens encontradas conforme a figura 28.

Figura 29 Tabela de ocorrência.

ELEMENTO	NÃO CONFORMIDADE	Nº DE NÃO CONFORMIDADE	PERCENTUAL	GRAU DE OCORRÊNCIA
cilindro	vencido (fora do prazo de requalificação)	13	14,3	10
selo do cilindro	inexistente	10	11,0	10
etiqueta do cilindro	inexistente/ danificada/ ilegível.	9	9,9	9
invólucro	integridade avariada ou não vedado	9	9,9	9
Linha de alta pressão	fixação	9	9,9	9
linha de baixa pressão	Danificada e vazando GNV	5	5,5	4
tubo flexível de ventilação da válvula.	má fixada, integridade e etc...	5	5,5	4
Linha de alta pressão	proxima a fonte de calor sem proteção térmica	4	4,4	3
linha de baixa pressão	fixação	4	4,4	3
válvula de abastecimento	má fixada	4	4,4	3
válvula de abastecimento	vazamento de GNV	3	3,3	2
chave comutadora	inoperante	2	2,2	2
Linha de alta pressão	vazamento de GNV	2	2,2	2
reductor de pressão	vazamento de GNV	2	2,2	2
reductor de pressão	má fixado	2	2,2	2
suporte do cilindro	borrachas	2	2,2	2
cilindro	dados ilegíveis	1	1,1	1
cilindro	com ponto de corrosão	1	1,1	1
flauta dos bicos injetores	má fixada	1	1,1	1
Manometro	existência/ integridade	1	1,1	1
suporte do cilindro	equidistância	1	1,1	1
suporte do cilindro	fixação	1	1,1	1
TOTAL		91		

Fonte: autoria, 2024.

Na figura 29, foi desenvolvida uma nova planilha com base na planilha da figura 22 e figura 28, Através então, dessas planilhas foi desenvolvido o FMEA presente na figura 30.

Figura 30 FMEA

ITEM	MODO DE FALHA	EFEITO DE FALHA	SEVERIDADE	CAUSA DA FALHA	OCORRÊNCIA	CONTROLE ATUAL	DETECÇÃO	RPN	AÇÕES RECOMENDADAS	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	RPN
								numero de prioridade e de risco	etapas necessarias para reduzir a gravidade e a ocorrência e aumentar a detecção	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	numero de prioridade e de risco
CILINDRO	VENCIDO(FORA DO PRAZO DE REQUALIFICAÇÃO)	INTEGRIDADE DO CILINDRO COMPROMETIDA.	10	NÃO POPULARIZAÇÃO SOBRE O USO CORRETO DOS COMPONENTES DO GNV.	10	INEXISTE	8	800	INSTRUIR O CLIENTE SOBRE O PRAZO DE REQUALIFICAÇÃO DE UM CILINDRO.	10	5	8	400
	SELO DO CILINDRO INEXISTENTE.	CILINDRO NÃO REQUALIFICADO.	5	INSTALADOR NÃO COLOCA O SELO.	10	VISUAL	1	50	INSTALAR O SELO	2	3	1	6
			5	DETERIORAÇÃO DO SELO.	10		1	50	PROTEÇÃO NO SELO PARA EVITAR A DETERIORAÇÃO	2	3	1	6
ETIQUETA DE AVISO DO CILINDRO	INEXISTÊNCIA DA ETIQUETA	FALTA DE INSTRUÇÃO QUANTO A SEGURANÇA DO USO DE GNV.	2	INSTALADOR NÃO COLOCA A ETIQUETA.	9	VISUAL	1	18	INSTALAR A ETIQUETA.	2	3	1	6
			2	DETERIORAÇÃO DA ETIQUETA.	9		1	18	INSTRUIR O INSTALADOR SOBRE A OBRIGATORIEDADE DA ETIQUETA DO CILINDRO.	2	1	1	2
INVÓLCRO	INTEGRIDADE AVARIADA.	VAZAMENTO DE GNV NÃO SERÁ DIRECIONADO PARA FORA DO VEÍCULO	8	INSTALAÇÃO INADEQUADA	9	VISUAL	5	360	INSTRUIR O CLIENTE SOBRE O USO CORRETO.	7	2	5	70
	NÃO VEDADA		8	DETERIORAÇÃO	9	VISUAL	5	360	MELHORAR A QUALIDADE DO INVÓLCRO	7	2	5	70
LINHA DE ALTA PRESSÃO	MÁ FIXADA	VAZAMENTO DE GNV	9	MÁ INSTALAÇÃO.	9	INEXISTE	10	810	CUMPRIR OS REGULAMENTOS TÉCNICOS PARA A INSTALAÇÃO	9	2	10	180
	PROXIMA A FONTE DE CALOR	DANIFICAÇÃO DA LINHA DE ALTA PRESSÃO.	9	MÁ INSTALAÇÃO.	5	INEXISTE	3	135	CUMPRIR OS REGULAMENTOS TÉCNICOS PARA A INSTALAÇÃO	9	2	3	54
TUBO FLEXÍVEL DA VALVULA DO CILINDRO.	QUEBRA DO TUDO	VAZAMENTO DE GNV NÃO SERÁ DIRECIONADO PARA FORA DO VEÍCULO	8	MÁ INSTALAÇÃO.	4	VISUAL	1	32	MELHORAR A QUALIDADE DO INVÓLCRO, INSTRUIR O CLIENTE SOBRE O USO CORRETO.	7	1	1	7
LINHA DE BAIXA PRESSÃO	DANIFICADA	VAZAMENTO DE GNV	9	MÁ INSTALAÇÃO.	4	INEXISTE	4	144	CUMPRIR OS REGULAMENTOS TÉCNICOS PARA A INSTALAÇÃO	9	1	4	36
	MÁ FIXADA	DANIFICAÇÃO DAS MANGUEIRAS.	7	MÁ INSTALAÇÃO.	3	INEXISTE	3	63	MELHORAR OS DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO.	7	1	3	21
VALVULA DE ABASTECIMENTO	MÁ FIXAÇÃO	NÃO CONSEGUIR ABASTECER.	7	EXCESSO DE VIBRAÇÃO.	3	INEXISTE	3	63	MELHORAR OS DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO NA INSTALAÇÃO	7	1	3	21
		VAZAMENTO DE GNV	9					81		9	1	3	27

Fonte: autoria, 2024.

5.4 resultados do FMEA.

O FMEA indica que os itens com maior RPN do kit GNV foram: cilindro, invólucro da válvula do cilindro, linha de alta pressão e linha de baixa pressão.

Através desses resultados e das ações recomendadas, notou-se que se ocorrer uma melhoria na qualidade técnica das instalações dos kits GNV, junto com uma popularização sobre os cuidados devidos do uso dos componentes do kit para os próprios usuários, é possível que ocorra uma redução significativa de reprovações em inspeções de GNV e conseqüentemente aumente a segurança desses veículos.

6 CONCLUSÃO.

O presente estudo teve como objetivo analisar de forma abrangente o uso do Gás Natural Veicular (GNV), com ênfase na caracterização de seus principais componentes, nas normas que regulam a instalação dos kits de conversão e nos procedimentos exigidos para a inspeção veicular. A investigação envolveu ainda a identificação dos itens com maior incidência de não conformidades durante as inspeções realizadas pela empresa INSPREV Inspeção Veicular Ltda., empresa credenciada de inspeção veicular.

A utilização do gráfico de Pareto permitiu verificar que a maioria das falhas detectadas estava concentrada em dois elementos específicos do kit: o cilindro de armazenamento de GNV e a tubulação de alta pressão. Com base nessa identificação, foi desenvolvida uma Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA), que possibilitou a investigação das causas potenciais dessas não conformidades e a proposição de ações corretivas e preventivas adequadas.

Os resultados obtidos demonstraram que a implementação de medidas simples de manutenção e a realização de verificações periódicas são capazes de reduzir expressivamente os índices de reprovação em inspeções de GNV. Além de assegurar o cumprimento das exigências técnicas, tais práticas contribuem para o incremento da segurança veicular e viária, favorecendo não apenas os condutores, mas também pedestres e demais usuários das vias públicas.

Dessa forma, esta pesquisa contribuiu para a melhoria da qualidade das instalações de kits GNV, e otimizar os processos de inspeção. Ademais, amplia o conhecimento quanto aos principais fatores que levam à reprovação, reforçando a necessidade de conformidade às normas vigentes e de uma cultura de manutenção preventiva como elementos essenciais à segurança e à eficiência no uso do GNV.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INMETRO. Requisitos de avaliação da conformidade para inspeção de veículos rodoviários automotores com sistemas de gás natural veicular, Nº 147/2022.

Abegas. **USO DE GNV NO BRASIL.** Disponível em: <https://www.abegas.org.br/>. Acesso em 02 de agosto de 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Evolução da Indústria Brasileira de Gás Natural: Aspectos Técnico-Econômicos e Jurídicos. Rio de Janeiro: ANP, 2009.

AUTO CERTO. **COMBUSTIVEIS MAIS UTILIZADOS NO BRASIL.** Disponível em: <https://comprovei.com/gestao-de-entregas/os-principais-modais-de-transporte-de-carga-no-brasil/>. Acesso em 08 de agosto de 2024.

AUTO ESPORTE. **RISCOS E ACIDENTES COM VEÍCULOS GNV.** Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/licenciados/noticia/2020/10/por-que-carros-com-kit-gnv-explodem-entenda-como-evitar-riscos-e-acidentes-ao-abastecer.ghtml>. Acesso em: 14 de agosto de 2024.

BASSOLI, Daniel; COUTINHO, Ítalo; AMORIM, Alexandre. A NORMALIZAÇÃO DA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA VEICULAR. Trabalho de avaliação. 2021

BRUNETTI, Franco. Motores de Combustão Interna. 1. São Paulo, Blucher, 2012.

BRUNETTI, Franco. Motores de Combustão Interna. 2. São Paulo, Blucher, 2012.

COMPROVEI. **PRINCIPAIS MEIOS DE TRANSPORTE UTILIZADOS NO BRASIL.** Disponível em: <https://comprovei.com/gestao-de-entregas/os->

[principais-modais-de-transporte-de-carga-no-brasil/](#). Acesso em 08 de agosto de 2024.

Esgas. **USO DE GNV NO BRASIL**. Disponível em: <https://esgas.com.br/gas-natural-veicular-cresce-em-competitividade-e-economia>. Acesso em: 02 de agosto de 2024.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

KOMGAS, **KITS GNV**. disponível em: <https://www.komgas.com.br/conversao>. Acesso em 12 de agosto de 2024.

LINS, Bernardo FE. Ferramentas básicas da qualidade. **Ciência da Informação**, v. 22, n. 2, 193.

MORO, Norberto. Inspeção veicular: Análise de emissão de gases e poluentes em veículos leves movidos a gás natural na Grande Florianópolis. 2013. Orientadora: Prof.^a Dra. Lenise Grando Goldner. Dissertação (Mestrado em Infraestrutura e Gerência Viária) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

OLIVETO, Italo Domenico. Contribuições do processo de harmonização da regulamentação de gás natural veicular no Mercosul. 2009. Orientador: Prof. D. Sc. Ruben H. Gutierrez. Dissertação (Mestrado em Sistema de Gestão pela Qualidade Total) - Universidade Fluminense, Niterói, 2009.

PELLIZA, Giovani. Análise de veículos convertidos para o uso do combustível gás natural. 2003. Orientador: Prof. Dr. Pedro Barbosa Mello. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

TERRA. **PERIGOS RELACIONADOS AO GNV**. Disponível em: <https://www.terra.com.br/byte/gnv-quais-os-riscos-de-se-usar-gas-natural-no-carro,03b60a55272f91107da39a70f6d3b12a66irxl63.html>. Acesso em 14 de agosto 2024.

TRÓIA GÁS. COMPONENTES DE UM KIT GNV. Disponível em: <https://www.troiagas.com.br/partes>. Acesso em: 13 de agosto 2024.

VARELLA, C. A. A. (2009). Histórico e desenvolvimento dos motores de combustão interna. UFRRJ, RJ.

