

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL AGUIAR DE CASTRO

GUSTAVO ROCHA CARNIEL

IMPACTOS DA REGULAMENTAÇÃO PROCONVE L8 NA ACÚSTICA VEICULAR
(NVH) E NOVAS SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS

CURITIBA

2025

GABRIEL AGUIAR DE CASTRO
GUSTAVO ROCHA CARNIEL

IMPACTOS DA REGULAMENTAÇÃO PROCONVE L8 NA ACÚSTICA VEICULAR
(NVH) E NOVAS SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Especialização em Engenharia Automotiva, Setor de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Bruno de Paula

CURITIBA
2025

Impactos da regulamentação Proconve L8 na acústica veicular (NVH) e novas soluções tecnológicas

Gabriel Aguiar de Castro

Gustavo Rocha Carniel

RESUMO

Este trabalho investiga os impactos da fase L8 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) sobre a acústica de veículos de passeio, comparando, de forma prática, um veículo homologado segundo L7 e outro segundo L8. Realizou-se levantamento bibliográfico e normativo, incluindo análise de Resolução CONAMA que institui L7 e L8, normas de medição de ruído de passagem (ISO 362-1:2015 e ECE R51-03) e literatura em NVH. Em ensaios controlados em pista, coletaram-se níveis de ruído em aceleração e pass-by noise para ambos os veículos, seguindo estritamente o método prescrito pela norma de medição de ruído de passagem. A análise comparativa busca evidenciar a redução prática de emissão sonora imposta pela L8 (2 dBA inferior para veículos de passeio) e discutir as soluções tecnológicas adotadas (isolamento, sistemas de exaustão e powertrain). Os resultados — a inserir posteriormente — permitirão validar se as medidas implementadas no veículo L8 alcançam os limites regulamentares com margens adequadas, além de avaliar impactos sobre desempenho e conforto. Espera-se contribuir com entendimento aplicado sobre como a regulamentação ambiental direciona a evolução tecnológica em NVH na indústria automotiva nacional.

Palavras-chave: Proconve. CONAMA. NVH. Ruído de Passagem.

ABSTRACT

This study examines the effects of the Proconve L8 phase on passenger car acoustics by performing a practical comparison between a vehicle homologated under L7 and another under L8. A bibliographic and normative review was conducted, covering CONAMA resolutions establishing L7 and L8, pass-by noise measurement standards (ISO 362-1:2015 and ECE R51-03) and NVH literature. Controlled track tests were executed to collect acceleration and pass-by noise levels for both vehicles, strictly following the pass-by noise measurement procedure. The comparative analysis aims to demonstrate the practical noise reduction mandated by L8 (2 dBA lower for passenger vehicles) and to discuss the technological solutions adopted (insulation, exhaust systems and powertrain). The forthcoming results will enable validation of whether the L8 vehicle measures meet regulatory limits with adequate margins and assess impacts on performance and comfort. This work intends to contribute an applied understanding of how environmental regulation guides technological evolution in NVH within the national automotive industry.

Keywords: Proconve. CONAMA. NVH. Noise. Pass-by.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação global com a qualidade ambiental e a saúde pública tem impulsionado regulamentações cada vez mais rígidas sobre emissões de poluentes e ruído veicular. No Brasil, o Proconve L8, em vigor desde 1º de janeiro de 2025, impõe limites mais severos para emissão de gases e ruído em veículos de passeio, em comparação à fase anterior, L7. Entre as principais mudanças, destaca-se a redução de 2 dBA nos níveis máximos de ruído de passagem para veículos leves, conforme resolução CONAMA que instituiu L7/L8. Essa exigência impulsiona montadoras a desenvolver ou aprimorar soluções em NVH (*Noise, Vibration and Harshness*), envolvendo isolamento acústico, engenharia de sistemas de escape e ajustes de powertrain. Este artigo propõe uma análise prática da transição L7 para L8 em veículos de passeio, por meio de ensaios de ruído de passagem em pista controlada, buscando quantificar a redução real de emissão sonora e discutir as adaptações tecnológicas implementadas para atender à nova regulamentação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção, a literatura é explorada de forma integrada para compreender os aspectos regulatórios e técnicos que embasam este estudo. Começamos pela análise da evolução do Proconve, com ênfase nas fases L7 e L8, identificando como as mudanças nas metas de emissão sonora e gasosa têm direcionado o desenvolvimento automotivo. Em seguida, aprofundamos nos fundamentos de NVH (*Noise, Vibration and Harshness*) aplicados a veículos de passeio, destacando as principais fontes de ruído e as estratégias adotadas pela indústria para mitigá-las. Por fim, discutimos as normas de medição de ruído de passagem, sobretudo os métodos prescritos pela ISO 362-1:2015 e pela regulação ECE R51-03, para entender como os requisitos de ensaio influenciam tanto o projeto veicular quanto a interpretação dos resultados experimentais.

2.1 REGULAMENTAÇÃO PROCONVE L7 E L8

O Proconve é o programa brasileiro de controle de poluição veicular, instituído por Resoluções CONAMA desde 1986, com fases progressivamente mais restritivas.

A fase L7 entrou em vigor em 2021 para novos modelos e exigiu reduções significativas em emissões de gases e ruído. A fase L8, iniciada em 2025, prevê metas de redução média de NMOG+NOx em múltiplas etapas até 2031, além de limites específicos de ruído de passagem, cerca de 2 dbA inferiores aos de L7 para veículos leves de passageiros. Estudos apontam que a L8 impulsiona eletrificação e adoção de tecnologias avançadas de controle de emissões, gerando desafios para motorização tradicional e para NVH.

2.2 CONCEITOS E SOLUÇÕES EM NVH PARA VEÍCULOS DE PASSEIO

NVH (*Noise, Vibration and Harshness*) engloba o estudo e controle de ruído, vibração e aspereza percebida em veículos. A indústria automotiva aplica múltiplas estratégias para garantia desse estudo: isolamento de compartimentos (materiais absorventes e barreiras acústicas), otimização de sistemas de escape (tamanhos e geometrias de silenciosos), ajustes de montagem e desacoplamentos, refinamento de estruturas para minimizar vibrações transmitidas e até mesmo o melhor desempenho dos pneus.

A indústria automotiva está investindo fortemente no desenvolvimento de pneus que reduzem o ruído de rodagem, especificamente em veículos elétricos, onde a ausência do som do motor torna o ruído dos pneus muito mais perceptível. (WIRED, 2024).

A literatura mostra que cada fonte de ruído (motor, escape, pneus e admissão) requer abordagem específica, muitas vezes combinada com simulações (modelagem acústica e vibração) e testes em bancada e em pista. A transição para atender limites mais baixos demanda integração de disciplinas, desde seleção de materiais até calibração de powertrain e projeto de carroceria.

2.3 NORMAS DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE PASSAGEM

A medição de ruído de passagem (*pass-by noise*) é norma internacional para homologação de veículos. A ISO 362-1:2015 define o método de engenharia com especificação de arranjo de pista, posicionamento de microfones, condições de teste

(massa do veículo em ordem de marcha, aceleração de referência urbana e *wide-open-throttle*), limites de rugosidade de pista e calibração de instrumentos.

A Regulação UNECE R51 (versão ECE R51-03, revisada em 2016) detalha requisitos para aprovação de tipo de veículos quanto à emissão sonora em movimento e em situação estacionária, incluindo critérios de índice potência-massa, velocidades de teste e fatores de ponderação de marchas. No contexto Proconve, a medição segue método equivalente referenciado pela ABNT NBR ou normativa adotada pela regulamentação brasileira.

A literatura enfatiza a importância do rigor no controle de condições para garantir reprodutibilidade e conformidade, bem como a necessidade de alinhamento entre práticas de laboratório e condições reais de uso.

2.4 CATEGORIZAÇÃO DE VEÍCULOS.

De acordo com a norma ISO 362-1:2015, os veículos estão categorizados entre dois macros grupos, são eles os veículos de transporte de passageiros, categorizados pela letra M, e os veículos de transporte de cargas, categorizados pela letra N. Dentro de cada macro grupo existem três segmentos, denominados pelos números 1, 2 e 3, onde a definição se dá através dos requisitos mencionados no Quadro 1, que leva em consideração o tipo de transporte do veículo, assim como sua capacidade em relação ao peso bruto.

QUADRO 1 – CATEGORIZAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES

Categoria do Veículo	Tipo de Transporte	Número de Passageiros	Capacidade / Peso Bruto Total
M1	Passageiros	Até 8 + motorista	Até 3500 kg
M2	Passageiros	Mais de 8	Até 5000 kg
M3	Passageiros	Mais de 8	Acima de 5000 kg
N1	Carga	NA	Até 3500 kg
N2	Carga	NA	3500 a 12000 kg
N3	Carga	NA	Acima 12000 kg

FONTE: Norma ISO 362-1:2015, 2015 (adaptada)

2.5 VALORES LIMITES DE EMISSÕES EM NVH PELA RESOLUÇÃO PROCONVE.

Os limites máximos de emissão do ruído de passagem “*by pass noise*”, definidos pela resolução do CONAMA é determinada de acordo com a fase do programa Proconve e varia com o tipo de veículo a ser homologado. O Programa segue os valores que estão definidos na norma ISO 362-1:2015, conforme Quadro 2.

QUADRO 2 – LIMITES DE EMISSÃO DE RUÍDO POR TIPO DE VEÍCULO

<i>Vehicle category</i>	<i>Vehicles used for the carriage of passengers</i>	<i>Limit Values (dB(A))</i>		
		<i>Phase 1</i>	<i>Phase 2</i>	<i>Phase 3</i>
M ₁	PMR ≤ 120	72	70	68
	120 < PMR ≤ 160	73	71	69
	PMR > 160	75	73	71
	PMR > 200, no. of seats ≤ 4, R-point height < 450mm from the ground	75	74	72
M ₂	M ≤ 2.5 t	72	70	69
	2.5 t < M ≤ 3.5 t	74	72	71
	M > 3.5 t; P _n ≤ 135 kW	75	73	72
	M > 3.5 t; P _n > 135 kW	75	74	72
M ₃	P _n ≤ 150 kW	76	74	73
	150 kW < P _n ≤ 250 kW	78	77	76
	P _n > 250 kW	80	78	77
<i>Vehicle category</i>	<i>Vehicles used for the carriage of goods</i>	<i>Phase 1</i>	<i>Phase 2</i>	<i>Phase 3</i>
N ₁	M ≤ 2.5 t	72	71	69
	M > 2.5 t	74	73	71
N ₂	P _n ≤ 135kW	77	75	74
	P _n > 135 kW	78	76	75
N ₃	P _n ≤ 150 kW	79	77	76
	150 kW < P _n ≤ 250 kW	81	79	77
	P _n > 250 kW	82	81	79

FONTE: Norma ISO 362-1:2015, 2015

3 METODOLOGIA

Este estudo é composto pelo levantamento documental regulamentar referente ao programa Proconve L8 e realiza testes práticos para a obtenção de dados sobre o impacto da implementação do programa na Acústica Automotiva.

3.1 ETAPA TEÓRICA

Inicialmente, realizou-se levantamento detalhado de fontes normativas e bibliográficas, incluindo as resoluções CONAMA nº 492, de 20 de dezembro de 2018, que definem as fases L7 e L8, as normas ISO 362-1:2015 e ECE R51-03 para medição de ruído de passagem, além de literatura especializada em NVH. Com base nessa revisão, foram delineados os critérios para escolher dois veículos de passeio comparáveis: um representando o padrão de homologação na fase L7 e o outro já adequado às exigências da fase L8. Esses veículos foram avaliados em termos de potência, massa em ordem de marcha e características de transmissão, garantindo que se enquadrem em faixas de desempenho semelhantes e atendessem às condições previstas para os ensaios de *by pass*.

3.1.1 Critério de Seleção de Veículos

Para escolha dos veículos a serem utilizados nos testes práticos, foi considerado um veículo de cunho popular para transporte de passageiros, do segmento Hatch, que tivesse representatividade no mercado nacional por volume de vendas. Foram selecionados dois veículos de mesmas especificações, um homologado na fase L7 e outro na fase L8, cujas especificações estão descritas no Quadro 3.

QUADRO 3 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS VEÍCULOS

Fase de Homologação	Ano	Motor	Potência Máxima	Peso
Fase L7	2024	1.0 Aspirado	55 KW a 6000 RPM	970 Kg
Fase L8	2025	1.0 Aspirado	55 KW a 6000 RPM	980 Kg

FONTE: Dos Autores (2025)

3.2 ETAPA INSTRUMENTAL

3.2.1 Equipamento para Aquisição de Ruído

Para realização dos testes de medição foi selecionado um equipamento que estivesse de acordo com a norma regulatória IEC 61672- 1:2002, e que sua calibração atendesse à norma IEC 60942:2003. O equipamento utilizado para a medição foi o Siemens Scadas XS, com o microfone GRAS 46AE, mostrado na Figura 1.

FIGURA 1 – INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO ACÚSTICA



FONTE: Siemens Community (2025)

Para o processamento dos dados a análise dos resultados foi utilizado o Software Siemens Simcenter Testlab.

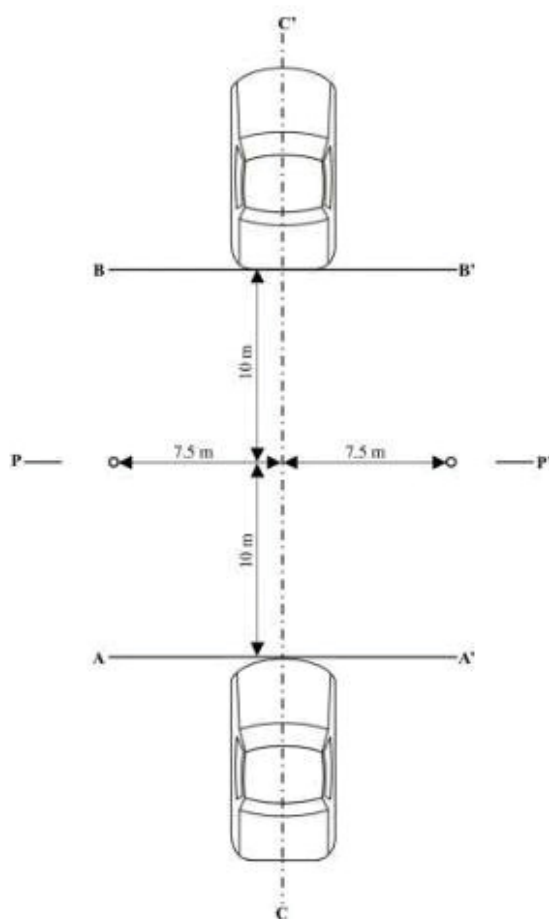
3.2.2 Equipamento para Aquisição de Dados do Carro

Para a obtenção dos dados veiculares necessários para definição e controle dos testes de passagem e aceleração, foi utilizado o Software Inca, conectado via cabo ao conector OBD II do carro, de onde é possível receber as informações da velocidade do veículo para cada instante, da marcha que está engatada, da velocidade do motor (RPM), assim como a porcentagem do pedal do acelerador que está sendo usada para a aceleração.

3.2.3 Instrumentação do Teste

Para a realização dos testes foram necessários a utilização de dois microfones, posicionados conforme estabelecido na norma ISO 362-1:2015: 1,2 metros de altura e 7,5 metros de distância lateral da linha central da trajetória do veículo (linha CC'). As zonas de medição foram delimitadas pelas linhas AA' e BB', localizadas a 10 metros da linha de referência PP', que representa o ponto central entre os microfones. A instrumentação encontra-se ilustrada na Figura 2.

FIGURA 2 – INSTRUMENTAÇÃO DO TESTE



FONTE: Norma ISO 362-1:2015

3.2.3 Condições Ambientais do Teste

O ambiente para a realização do teste foi determinado de modo a satisfazer as exigências da norma ISO 362-1:2015, assim como a realização em um dia em que o clima não apresentasse nenhuma adversidade e atendesse à especificação de temperatura, entre 5 e 40 °C.

3.3 PROCEDIMENTO DE TESTES

Para a realização do procedimento de testes foi necessário primeiramente a execução de cálculos referentes a especificações técnicas e de performance do veículo selecionado.

3.3.1 Cálculo do PMR

O chamado PMR, é a medida que determina a relação peso / potência do carro, e é obtida através da Equação 1.

$$PMR = (P_n / m_{ro}) * 1000 \text{ kg/kW} \quad (1)$$

Em que P_n é a potência máxima do veículo e m_{ro} o peso do veículo.

Deste modo, levando em consideração ambos os veículos selecionados na análise comparativa, chegamos ao seguinte resultado de PMR apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 – CÁLCULO DO PMR POR VEÍCULO

Veículo	Peso	Potência Máxima	PMR Calculado
Homologado L7	980 kg	55 kW à 6000 rpm	51.9
Homologado L8	990 kg	55 kW à 6000 rpm	51.4

FONTE: Dos Autores (2025)

3.3.2 Definição da Aceleração Alvo

O cálculo da aceleração alvo (*aurban*), a qual o veículo deve obter durante a realização do teste, é dependente do PMR dele, sendo encontrado através da Equação 2.

$$aurban = 0,63 * \log_{10}(PMR) - 0,09 \quad (2)$$

Sendo assim, utilizando a Equação 2 obtém-se a aceleração alvo por veículo de acordo com a Tabela 2.

TABELA 2 – CÁLCULO DA ACELERAÇÃO ALVO POR VEÍCULO

Veículo	PMR Calculado	Aceleração Alvo
Homologado L7	51.9	0.99 m/s ²
Homologado L8	51.4	0.99 m/s ²

FONTE: Dos Autores (2025)

3.3.3 Aceleração de Referência.

A aceleração de referência (*awot ref*) é um cálculo para determinação da aceleração estimada de um veículo quando ele está exposto sobre a condição de máxima carga, com o pedal de aceleração completamente acionado e a borboleta de admissão 100% aberta, condição denominada por WOT (*wide open throttle*). As Equações 3 e 4 representam o cálculo para a aquisição desta aceleração.

$$\text{Para } PMR \geq 25 \quad awot\ ref = 1,59 * \log_{10}(PMR) - 1,41 \quad (3)$$

$$\text{Para } PMR < 25 \quad awot\ ref = aurban = 0,63 * \log_{10}(PMR) - 0,09 \quad (4)$$

Portanto, utilizando as Equações 3 e 4 é possível obter o valor da aceleração apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 – CÁLCULO DA ACELERAÇÃO DE REFERÊNCIA POR VEÍCULO

Veículo	PMR Calculado	Aceleração Referência
Homologado L7	51.9	1.32 m/s ²
Homologado L8	51.4	1.31 m/s ²

FONTE: Dos Autores (2025)

3.3.4 Fator Parcial de Potência.

O fator parcial de potência, denominado pela sigla kP , é a combinação ponderada dos resultados dos testes de aceleração e velocidade constante, utilizado para o cálculo do ruído de passagem, sendo obtido através da Equação 5.

$$kP = 1 - (a_{urban}/a_{wot\ test}) \quad (5)$$

3.3.4 Cálculo do Ruído de Passagem.

Para a definição do ruído de passagem do veículo testado (L_{urban}), é necessário calcular a correlação dos resultados encontrados durante o teste de aceleração e teste de velocidade constante, dado pela Equação 6.

$$L_{urban} = L_{wot\ rep} - kP * (L_{wot\ rep} - L_{crs\ rep}) \quad (6)$$

Onde $L_{wot\ rep}$ é a média dos resultados das quatro medições para o teste de aceleração, o $L_{crs\ rep}$ é a média dos resultados para o teste de velocidade constante e o kP é o fator parcial de potência calculado.

3.4 DEFINIÇÕES DOS TESTES

Para a realização da medição do ruído de passagem conforme a norma ISO 362-1:2015, existem dois principais testes dinâmicos, definidos por teste de aceleração e teste de velocidade constante.

3.3.1 Critério de Escolha de Marcha.

Para a realização do teste de aceleração, foi necessário previamente a seleção do tipo de teste, considerando a utilização de uma marcha fixa, ou através da utilização de duas marchas consecutivas, desde que a aceleração obtida durante o teste atinja o valor determinado pela norma, cujo range de aceitação é de 5% para mais ou para menos da aceleração referência calculada anteriormente. Além disso, o valor de aceleração real obtido do teste do carro deve ser inferior a 2 m/s^2 . Para o presente estudo, foi considerada a utilização de uma marcha fixa, onde a terceira marcha mostrou resultados satisfatórios e atendimento à norma.

3.3.2 Teste de Aceleração.

No Teste de Aceleração, após a frente do veículo passar pela linha de denominação inicial, definida por AA' (Figura 2), o motorista deve expor à condição de máxima carga de aceleração, chamada de WOT, do inglês *wide open throttle*, que significa que a borboleta de admissão se encontra com a maior abertura possível. Esta condição deve ser atingida pressionando o pedal de aceleração no curso máximo no exato momento em que o veículo cruzar a linha. Depois disso, a aceleração deve ser mantida até que a traseira do veículo cruze a linha de denominação final, definida por BB' (Figura 2).

3.3.3 Teste de Velocidade Constante

Após obter-se resultados satisfatórios no teste de aceleração com a marcha fixa definida, a mesma marcha deve ser utilizada para a realização do teste de velocidade constante, onde o ruído de passagem deve ser obtido através da medição do instante em que a frente do veículo cruza a linha AA' até o momento em que a traseira do veículo cruza a linha BB' (Figura 2), mantendo uma velocidade constante de $50 \pm 1 \text{ km/h}$.

3.3.4 Avaliação do Impacto da Pressão do Pneu no Ruído de Passagem

Além da avaliação dos impactos de ruído das regulamentações L7/L8, foi realizado, durante a aquisição dos dados de ruído, um teste adicional para avaliar o impacto da pressão dos pneus no ruído de passagem. Para esse teste não está presente na norma utilizada.

O teste foi realizado à velocidade constante de 50 km/h, utilizando o veículo homologado durante a fase L8. Além disso, utilizou-se uma pressão variada de 5 em 5 psi, partindo da condição inicial de 20 psi, até chegar na condição final de 40 psi.

Esse teste tem o intuito de analisar como a pressão dos pneus pode interferir nas análises de ruído, principalmente nas regulamentações L7 e L8.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Após definidos os veículos e levantado as especificações técnicas de cada um, os resultados obtidos dos cálculos que foram utilizados como base para a realização do teste estão dispostos no Tabela 4.

TABELA 4 – VALORES REFERÊNCIA PARA O TESTE DE ACELERAÇÃO

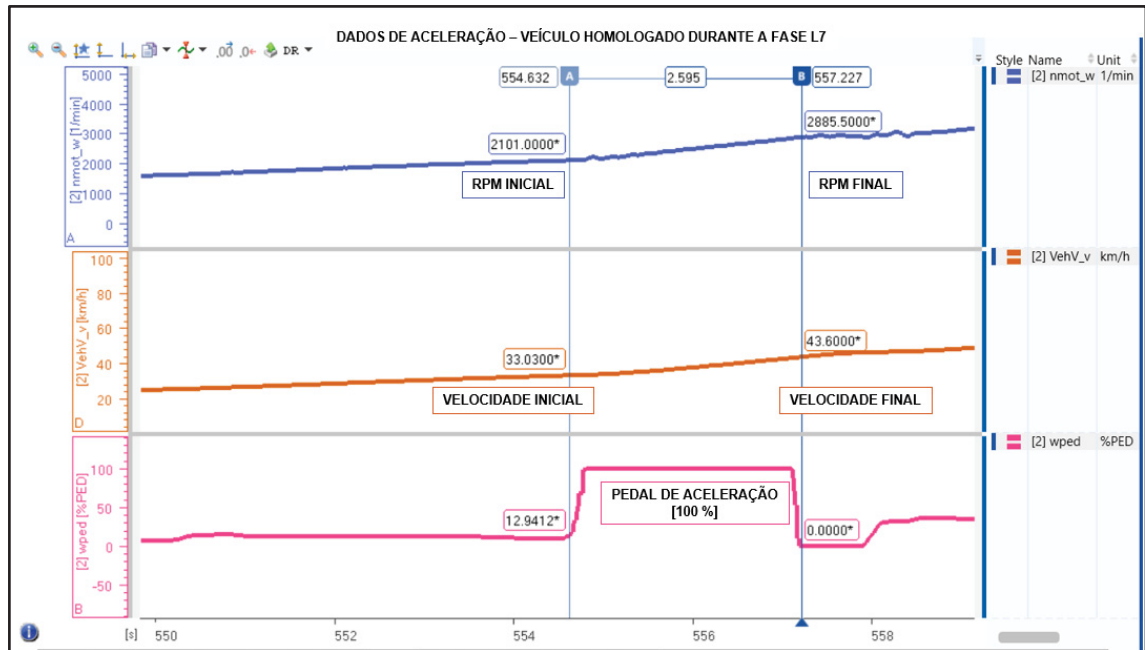
Veículo	PMR	Aceleração Alvo	Aceleração Referência	Tipo de Teste	Marcha Utilizada
Homologado L7	51.9	0.99 m/s ²	1.32 m/s ²	Marcha Fixa	3° Marcha
Homologado L8	51.4	0.99 m/s ²	1.31 m/s ²	Marcha Fixa	3° Marcha

FONTE: Dos Autores (2025)

4.1 RUÍDO DE PASSAGEM PARA ACELERAÇÃO

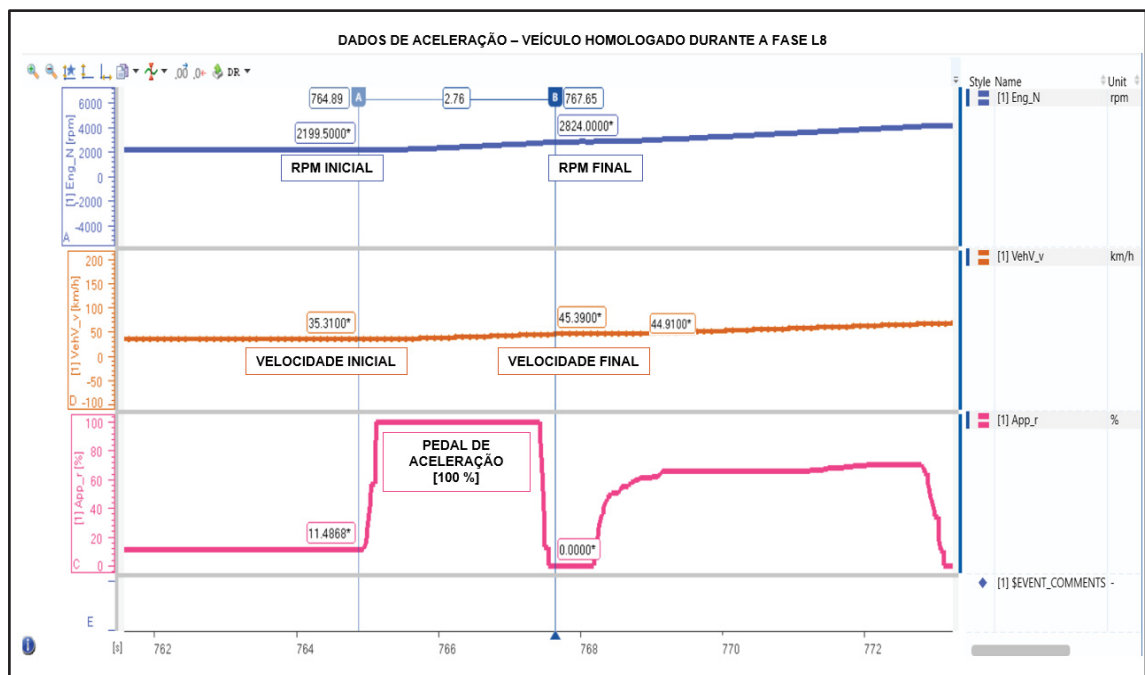
Para cada veículo, L7 e L8, foram realizadas quatro medições de aceleração, e obtido as informações de rpm e velocidade como mostrado na Figura 3 e Figura 4.

FIGURA 3 – DADOS DE ACELERAÇÃO (VEÍCULO L7)



FONTE: Dos Autores (2025)

FIGURA 4 – DADOS ACELERAÇÃO (VEÍCULO L8)

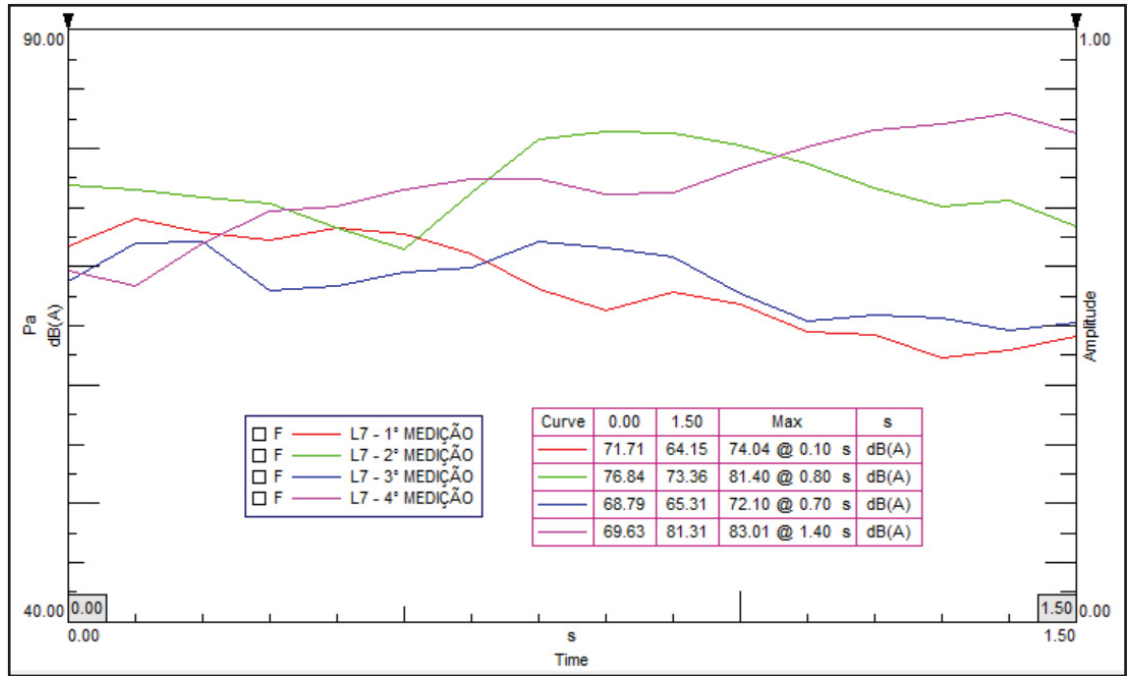


FONTE: Dos Autores (2025)

Com as informações obtidas, foi possível realizar o cálculo da aceleração para cada veículo, e realizar a média das 4 medições, de modo a verificar se a aceleração real do veículo estava de acordo com o requerido pela norma.

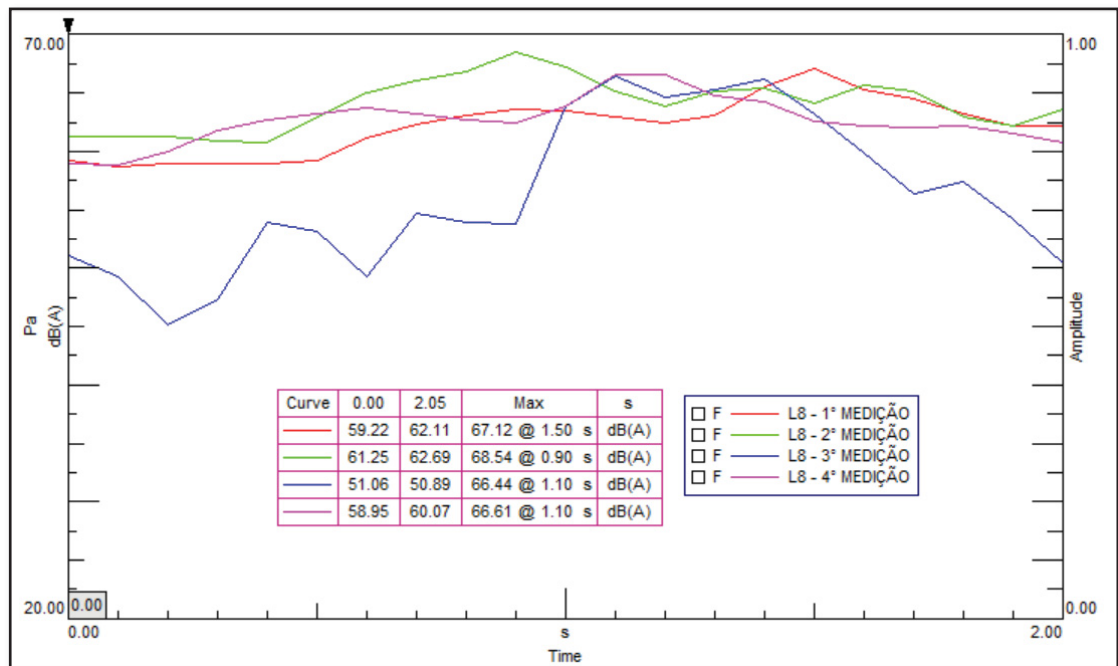
O valor do ruído máximo medido a cada passagem para cada lado do veículo está contemplado nas Figuras 5 e 6 e sumarizados nas Tabelas 5 e 6.

FIGURA 5 – RUÍDO MÁXIMO DE PASSAGEM EM ACELERAÇÃO (VEÍCULO L7)



FONTE: Dos Autores (2025)

FIGURA 6 – RUÍDO MÁXIMO DE PASSAGEM EM ACELERAÇÃO (VEÍCULO L8)



FONTE: Dos Autores (2025)

TABELA 5 – RUÍDO DE PASSAGEM EM ACELERAÇÃO (VEÍCULO L7)

Medição	Velocidade em AA'(km/h)	Velocidade em BB'(km/h)	Rotação em BB' (rpm)	Aceleração (m/s ²)	Lmax Esquerda dB (A)	Lmax Direita dB (A)
1	33,0	43,6	2885	1,25	74,04	72,27
2	34,1	44,2	2930	1,22	81,40	80,38
3	32,0	42,9	2721	1,26	72,10	70,19
4	33,1	43,8	2618	1,27	83,01	81,26
Média	33,1	43,6	2789	1,25	77,63	76,02

FONTE: Dos Autores (2025)

TABELA 6 – RUÍDO DE PASSAGEM EM ACELERAÇÃO (VEÍCULO L8)

Medição	Velocidade em AA'(km/h)	Velocidade em BB'(km/h)	Rotação em BB' (rpm)	Aceleração (m/s ²)	Lmax Esquerda dB (A)	Lmax Direita dB (A)
1	35,3	45,4	2386	1,26	67,20	68,49
2	37,7	49,2	3146	1,54	68,54	69,13
3	38,1	47,0	2937	1,17	66,44	66,32
4	34,5	44,1	2758	1,16	66,61	68,18
Média	35,3	45,4	2386	1,28	67,19	68,03

FONTE: Dos Autores (2025)

A partir das Tabelas 5 e 6, pode-se concluir que para o teste de aceleração, ambos os veículos obtiveram resultados de aceleração de acordo com a norma, para a metodologia utilizada de aceleração utilizando uma marcha fixa, possibilitando dessa forma a determinação do ruído de passagem.

Levando os dados em consideração foi possível realizar o cálculo do fator parcial de potência:

$$kP (\text{Veículo Homologado L7}) = 1 - (0,99/1,25) = 0,21$$

$$kP (\text{Veículo Homologado L8}) = 1 - (0,99/1,28) = 0,23$$

4.2 RUÍDO DE PASSAGEM PARA VELOCIDADE CONSTANTE

Para cada veículo, L7 e L8, foram performadas quatro medições mantendo o veículo a velocidade constante de 50 km/h. Os resultados do valor máximo de ruído emitido estão contemplados nas Tabelas 7 e 8 a seguir.

TABELA 7 – RUÍDO DE PASSAGEM EM VELOCIDADE CONSTANTE (VEÍCULO L7)

Medição	Velocidade (km/h)	Lmax Esquerda (dBA)	Lmax Direita (dBA)
1	50,3	65,64	64,94
2	50,2	71,02	69,63
3	50,2	72,58	70,98
4	50,3	71,42	77,28
Média	50,2	70,16	70,70

FONTE: Dos Autores (2025)

TABELA 8 – RUÍDO DE PASSAGEM EM VELOCIDADE CONSTANTE (VEÍCULO L8)

Medição	Velocidade (km/h)	Lmax Esquerda (dBA)	Lmax Direita (dBA)
1	50,1	64,07	63,78
2	50,2	64,41	64,03
3	50,1	63,97	63,90
4	50,1	65,74	71,66
Média	50,1	64,54	65,84

FONTE: Dos Autores (2025)

Através dos resultados encontrados para o teste de aceleração e de velocidade constante, foi possível encontrar o *Lurban* de ambos os carros apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 – CÁLCULO DO RUÍDO DE PASSAGEM

Veículo	Lwot rep (dBA)		Lcrs rep (dBA)		Lurban (dBA)	
	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita
Homologado L7	77,63	76,02	70,16	70,70	76,06	74,90
Homologado L8	67,19	68,03	64,54	65,84	66,58	67,52

FONTE: Dos Autores (2025)

Dos resultados podemos concluir que o veículo homologado durante a fase L8 atende a todos os requisitos da norma quanto à emissão de ruído de passagem,

apresentando valores bem inferiores ao limite determinado pelo programa nesta fase, com especificação de 70 dB(A).

Também é possível notar a evidente melhoria na emissão de ruído do veículo homologado conforme sistema vigente atualmente, obtendo resultados inferiores quando comparado ao veículo de mesma especificação homologado na fase anterior (veículo L7).

O veículo utilizado homologado durante a fase L7 é um veículo de teste, o qual seu histórico de manutenção e de troca de peças não foi levado em consideração. Sendo assim, o veículo foi utilizado apenas para efeito comparativo de avaliação de dois veículos de mesma especificação, usando a norma que rege o programa Proconve. Tamanha diferença nos resultados encontrados pode ser definida por degradações causadas ao longo deste veículo durante a utilizações em diversos testes, não sendo este resultado representativo para um veículo homologado durante a fase L7, 0 quilômetros.

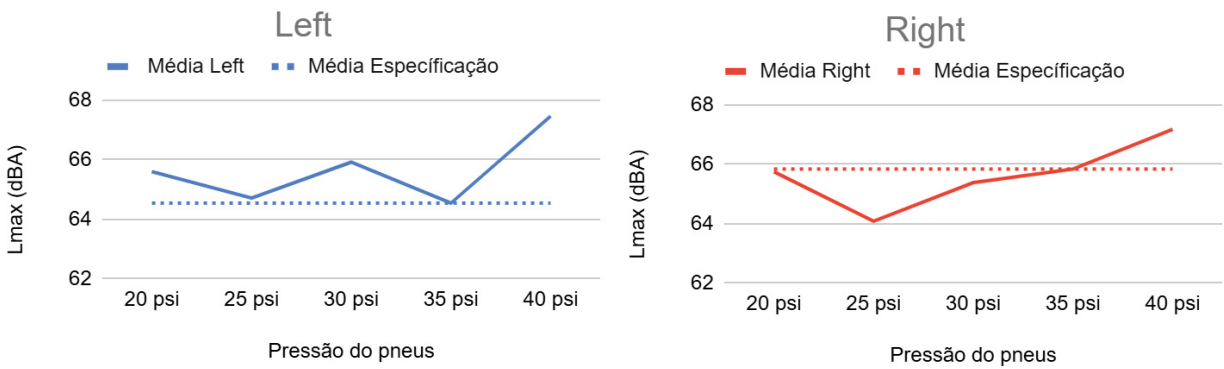
Entretanto, os bons resultados do veículo homologado durante a fase L8 indica o grande esforço das montadoras para reduzir o nível de emissão de ruídos e atender a norma a cada fase de restrição, contribuindo desta forma também para o desenvolvimento de novas tecnologias no que tange os conceitos de NVH.

4.3 INFLUÊNCIA DA PRESSÃO DO PNEU NO RUÍDO DE PASSAGEM EM VELOCIDADE CONSTANTE

Para a avaliação da influência da pressão do pneu no ruído de passagem em uma velocidade constante foi utilizado o veículo homologado durante a fase L8, uma velocidade constante de 50 km/h e a pressão dos pneus variando de 20 psi a 40 psi.

Os resultados do ruído máximo emitido de acordo com a pressão dos pneus estão apresentados no Gráfico 1 e na Tabela 10 em ambos os lados de aquisição *Left* (esquerdo) e *Right* (direito).

GRÁFICO 1 – INFLUÊNCIA DA PRESSÃO DOS PNEUS NO RUÍDO DE PASSAGEM



FONTE: Dos Autores (2025)

TABELA 10 – INFLUÊNCIA DA PRESSÃO DOS PNEUS NO RUÍDO DE PASSAGEM

Pressão dos Pneus	Medição	Lmax Left (dBA)	Lmax Right (dBA)	Média Lmax Left (dBA)	Média Lmax Right (dBA)
20 psi	1	63,62	66,04	65,6	65,75
	2	63,35	64,1		
	3	67,18	65,42		
	4	68,25	67,47		
25 psi	1	64,04	64,67	64,71	64,08
	2	63	61,33		
	3	64,21	65,25		
	4	67,61	65,08		
30 psi	1	65,69	66,31	65,92	65,38
	2	65,18	64,31		
	3	67,59	65,34		
	4	65,24	65,57		
35 psi	1	64,07	63,78	64,54	65,84
	2	64,41	64,03		
	3	63,97	63,9		
	4	65,74	71,66		
40 psi	1	67,35	68,22	67,47	67,18

	2	64,91	65,88		
	3	69,46	67,73		
	4	68,19	66,9		

FONTE: Dos Autores (2025)

A partir dos resultados obtidos é possível notar que a partir da pressão de avaliação inicial (20 psi), até o valor especificado pelo carro para o correto funcionamento dos pneus (35 psi), o ruído de passagem à velocidade constante ocorre de forma similar durante esse range, ficando em torno de 65,5 dB(A). Ao utilizarmos uma pressão superior ao especificado podemos notar que o ruído de passagem aumentou, apresentando resultados em torno de 2 dB(A) mais elevados.

Esta avaliação nos mostra que a utilização da pressão dos pneus próximos ao valor especificado pelo carro traz benefícios quanto a emissão de ruído além do impacto na dinâmica veicular. Ainda, este estudo evidencia o impacto que os pneus dos veículos têm sobre o ruído de passagem, o que vem contribuindo para esta peça se tornar um dos grandes focos do setor automotivo para busca de novas tecnologias e melhoria de desempenho em NVH.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo prático tornou possível a análise comparativa entre os níveis de emissão do ruído de passagem considerando os testes de aceleração e de velocidade constante, tanto para o veículo homologado atendendo às exigências das fases L7 quanto para o veículo de mesma especificação atendendo desta vez os critérios da fase L8 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Os resultados demonstraram que o veículo homologado durante a fase L8 apresentou resultados notoriamente satisfatórios em relação ao veículo da fase L7, com valores de emissão de ruído até 16% inferiores, evidenciando a evolução do segmento automotivo em busca de novas tecnologias de melhoria acústica veicular.

Levando os resultados em consideração, foi possível observar que as exigências mais rigorosas da fase L8 impulsionaram a adoção de tecnologias mais avançadas no controle de ruído, e entre elas, a que se destacou foi a interferência dos

pneus na emissão do ruído de passagem, que pode ser notada através do teste prático variando-se a pressão dos pneus, o que justifica os investimentos do setor automotivos em novas tecnologias para esta peça.

Portanto, pode se concluir do estudo que as restrições na emissão de ruído veicular por normas trazem benefícios tanto no que tange a saúde de pessoas que estão expostas com alta frequência a este tipo de ruído, quanto no impulsionamento do desenvolvimento do setor pela busca de novas tecnologias, garantindo constante evolução do segmento. Para as etapas futuras, é esperado que esta evolução continue ocorrendo em virtude da determinação de valores ainda mais restritos de emissão de ruído nas próximas fases do programa Proconve.

REFERÊNCIAS

Apostila de Vibrações e Conforto Acústico – UFPR (2024).

AUTOESPORTE. Proconve L8: nova lei de emissões muda, e muito, os carros brasileiros. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/setor-automotivo/industria-automotiva/noticia/2025/01/proconve-l8-nova-lei-emissoes-carros-brasileiros.ghtml>. Acesso em: 14 jun. 2025.

BLOG TOYOTA SULPAR. Proconve L8: o que muda no mercado automotivo em 2025. Disponível em: <https://blog.toyotasulpar.com.br/proconve-l8-o-que-muda-no-mercado-automotivo-em-2025/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 492, de 20 de dezembro de 2018. Estabelece as Fases PROCONVE L7 e L8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores.

ISO. ISO 362-1:2015 – Acoustics — Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles — Engineering method (norma de medição de ruído de passagem).

OLHAR DIGITAL. Proconve L8: o que é e o que muda na legislação para veículos? Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2024/03/01/carros-e-tecnologia/proconve-l8-o-que-e-e-o-que-muda-na-legislacao-para-veiculos/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

Smith, J. et al., “Vehicle NVH: Sources, Simulation and Control”, Journal of Automotive Engineering, 2023.

UNECE. Regulation No. 51 – Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles having at least four wheels with regard to their sound emissions (ECE R51-03).

WIRED. The race to create the perfect EV tire. 2024. Disponível em: <https://www.wired.com/story/the-race-to-create-the-perfect-ev-tire>>. Acesso em: 23 jun. 2025.