

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS EMBARCADOS PARA INDÚSTRIA
AUTOMOTIVA

NINA ROSA TELES ZIM

**ESTUDO SOBRE RECURSOS DE DIREÇÃO ECONÔMICA E
ECOLÓGICA EM VEÍCULOS DE PASSEIO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2018

NINA ROSA TELES ZIM

**ESTUDO SOBRE RECURSOS DE DIREÇÃO ECONÔMICA E
ECOLÓGICA EM VEÍCULOS DE PASSEIO**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas

CURITIBA
2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Curso de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria
Automotiva



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO SOBRE RECURSOS DE DIREÇÃO ECONÔMICA E ECOLÓGICA EM VEÍCULOS DE PASSEIO

por

NINA ROSA TELES ZIM

Esta monografia foi apresentada em 04 de Dezembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Kléber Kendy Horikawa Nabas
Orientador

Prof. Dr. Joilson Alves Júnior
Membro titular

Prof. M. Sc. Omero Francisco Bertol
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me ampara em todos os momentos de dificuldades e que em meio a tantos obstáculos, nunca me deixou cair.

A minha amada mãe, pelo apoio e compreensão nas horas em que estive ausente. Pelas palavras de confiança e carinho, as quais me fizeram prosseguir até aqui.

Ao meu namorado, que me acompanhou no decorrer dessa trajetória, incentivando, auxiliando e caminhando ao meu lado, não me deixando desistir.

Aos amigos, pelo suporte e amizade.

Aos professores do Departamento Acadêmico de Eletrônica, que me acolheram com seus ensinamentos e me ajudaram a chegar até este momento tão esperado.

RESUMO

Zim, Nina Rosa Teles. **Estudo sobre recursos de direção econômica e ecológica em veículos de passeio**. 2018. 50 p. Monografia de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Com a industrialização, iniciou-se um ciclo de degradação ao meio-ambiente muito intenso. Por anos o planeta foi explorado sem haver uma consciência ambiental. Devido a esse processo, autoridades mundiais começaram a se preocupar com o futuro do planeta e a exigir das indústrias medidas relacionadas a sustentabilidade. Frente a esse cenário, o setor automotivo passou a ter de se adequar a esse novo ciclo de produção. Alternativas para cessar ou diminuir os danos à atmosfera, como o Eco Mode e o Eco-Scoring, foram desenvolvidas utilizando os recursos disponíveis através dos avanços da tecnologia para entregar produtos mais atrativos a nova geração de clientes. Com a finalidade de identificar que parâmetros são ajustados durante a direção em Eco Mode e comprovar a coerência entre o modo de condução e a pontuação obtida através do Eco-Scoring, elaborou-se um estudo sobre o princípio de funcionamento dessas recursos que podem contribuir, não somente com a economia de combustível, mas com a causa maior, que é a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Setor automotivo. Eco-Mode. Eco-Scoring.

ABSTRACT

Zim, Nina Rosa Teles. **Study of economic and ecological driving resources for passenger cars**. 2018. 50 p. Monografia de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

During the industrialization, a very intense cycle of degradation of the environment started. For years the planet has been explored without any environmental awareness. Due to this process, world authorities have begun to worry about the future of the planet and to demand to the industries investments related to the sustainability. Against this background, the automotive sector had to adapt to this new production cycle. Alternatives to cease or lessen the damage to the atmosphere, such as Eco Mode and Eco-Scoring, were developed using the resources available through the advances of technology to deliver more attractive products to the new generation of customers. In order to identify which parameters are adjusted during driving in Eco-mode and to prove the coherence between the driving mode and the score obtained through the Eco-Scoring, a study was elaborated on the working principle of those resources that can contribute, not only with fuel economy, but with the a greater cause, which is the environmental sustainability.

Keywords: Sustainability. Automotive industry. Eco-Mode. Eco-Scoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de ECUs	11
Figura 2 - Diagrama de blocos de um módulo eletrônico	16
Figura 3 - Representação da arquitetura centralizada	18
Figura 4 - Exemplo da arquitetura distribuída.....	19
Figura 5 - Tendência de definição da arquitetura eletroeletrônica.....	22
Figura 6 - Camadas ISO e CAN	25
Figura 7 - Topologia de barramento CAN	25
Figura 8 - Nível de barramento, segundo ISO 11898.....	26
Figura 9 - Gráfico de taxa de transmissão de bits pela distância dos nós.....	27
Figura 10 - Ligação entre os conectores DB9 e J1962	27
Figura 11 - Conector standard OBD (J1962) e respectivos pinos	28
Figura 12 - Imagem representativa do software INCA	29
Figura 13 - ES582 - USB CAN FD bus interface.....	30
Figura 14 - Curvas de injeção de combustível e pressão no pedal do acelerador para modo convencional e ECO.....	31
Figura 15 - Diagrama de interface de ECUs em Eco Mode	32
Figura 16 - Exemplos de modelos de ativação do Eco Mode	33
Figura 17 - Arquitetura do sistema de hardware e software no Eco Mode.....	35
Figura 18 - Estratégia macro Eco-Score	38
Figura 19 - Esquema de ligação para aquisição de dados da ECU da ECM	39
Figura 20 - Equipamento ETAS utilizado para realizar as medições.....	39
Figura 21 - Notas do Eco-Score após reset da ECU.....	40
Figura 22 - Resultado do Eco-Score após condução “econômica”	43
Figura 23 - Resultado do Eco-Score após condução “normal”	45
Figura 24 - Resultado do Eco-Score após condução “agressiva”	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comportamento da nota global (%) versus tempo (s)	41
Gráfico 2 - Comportamento da aceleração (%) versus tempo (s)	42
Gráfico 3 - Comportamento de antecipação (%) versus tempo (s).....	42
Gráfico 4 - Comportamento da nota global (%) versus tempo (s)	44
Gráfico 5 - Comportamento da aceleração (%) versus tempo (s)	44
Gráfico 6 - Comportamento da antecipação (%) versus tempo (s).....	44
Gráfico 7 - Comportamento da nota global (%) versus tempo (s)	46
Gráfico 8 - Comportamento da aceleração (%) versus tempo (s)	46
Gráfico 9 - Comportamento da antecipação (%) versus tempo (s).....	46

LISTA DE SIGLAS

ABS	<i>Anti-lock Braking System</i> (ou sistema anti bloqueio, freios ABS)
ADAS	<i>Advanced Driver Assistance Systems</i> (ou sistemas avançados de auxílio ao motorista)
ATCU	<i>Automatic Transmission Control Unit</i> (ou unidade de controle da transmissão automática)
BCM	<i>Body Control Module</i> (ou módulo de controle de carroçaria)
BEC	<i>Body Electronic Controller</i> (ou cocontrolador eletrônico de carroçaria)
CAN	<i>Controller Area Network</i>
CATESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CEPRAM	Conselho Estadual de Proteção Ambiental
CIM	<i>Column Integration Module</i> (ou módulo de integração da coluna)
CLIM	<i>Climate Control Module</i> (ou módulo de controle da climatização)
CSMA/CR	<i>Carrier Sense Multiple Access/ Collision Resolution</i>
ECM	<i>Engine Control Module</i> (ou módulo de controle do motor)
ECU	<i>Electronic Control Unit</i> (ou unidade eletrônica de controle)
GSI	<i>Gear Shift Indicator</i>
IHM	Interface Homem-Máquina
INCA	<i>Integrated Calibration and Application</i>
PCM	<i>Powertrain Control Module</i> (ou módulo de controle motor-transmissão)
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i> (ou Sociedade de Engenheiros Automotivos)
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente
TCM	<i>Trasmission Control Module</i> (ou módulo de controle da transmissão)
TCU	<i>Telematics Control Unit</i> (ou unidade de controle de telemática)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.2 PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 JUSTIFICATIVA	13
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 UNIDADE DE CONTROLE ELETRÔNICO (ECU)	15
2.2 ARQUITETURA ELETRÔNICA	18
2.2.1 Arquitetura Centralizada	18
2.2.2 Arquitetura Distribuída	19
2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO	22
2.3.1 Protocolo Controlled Area Network (CAN)	24
2.3.1.1 Histórico	24
2.3.1.2 Camada física	25
2.4 INTEGRATED CALIBRATION AND APPLICATION (INCA)	28
2.4.1 Módulo ES582.1	29
2.4.2 CAN FD	30
2.5 RECURSOS DE DIREÇÃO ECONÔMICA E ECOLÓGICA	31
2.5.1 Eco Mode	31
2.5.1.1 Função e atuação do modo de direção ECO	34
2.5.2 Eco-Score	35
2.5.2.1 Variáveis de análise	36
3 DESENVOLVIMENTO	39
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	41
4.1 CONDUÇÃO ECONÔMICA	41
4.2 CONDUÇÃO NORMAL	43
4.3 CONDUÇÃO AGRESSIVA	45
5 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A revolução industrial tornou possível um aumento extraordinário na produção. A busca pelo crescimento econômico e pela produtividade em detrimento da qualidade do ambiente e da saúde da população teve seu início durante o século XIX e manteve-se presente até os dias atuais.

As consequências da contaminação ambiental gerada por esse movimento chegaram a um estopim onde, de acordo com Pott e Estrela (2017), partindo da população e passando pela comunidade científica, governantes de todo o mundo passaram a discutir e buscar formas de remediação ou prevenção para que catástrofes como contaminações de rios, poluição do ar, vazamento de produtos químicos nocivos e a perda de milhares de vidas fossem cessadas.

Durante as últimas décadas os líderes mundiais passaram a dar importância a uma consciência ecológica mais responsável. Países emergentes, como o Brasil, que passam por um intenso ritmo de industrialização, priorizaram um crescimento econômico e industrial sem as devidas preocupações com o meio ambiente. Esta preocupação em crescer rapidamente deve-se à globalização e ao rápido desenvolvimento de tecnologias, afetando principalmente as áreas com maior concentração industrial. A fim de conter os danos ao ambiente houve a necessidade da intervenção dos governantes de forma preventiva, através da criação de leis e normas para conter as atividades destrutivas.

Para Rohrich e Cunha (2004), o Brasil tem visto a destruição ambiental como um preço aceitável a ser pago pelo progresso econômico ou sendo uma prioridade menor considerando suas atuais necessidades. Esta despreocupação com o meio ambiente afetou a imagem do país diante dos demais países e por isso a partir da década de 70 o Brasil passou a investir de forma assídua em políticas ambientalmente responsáveis.

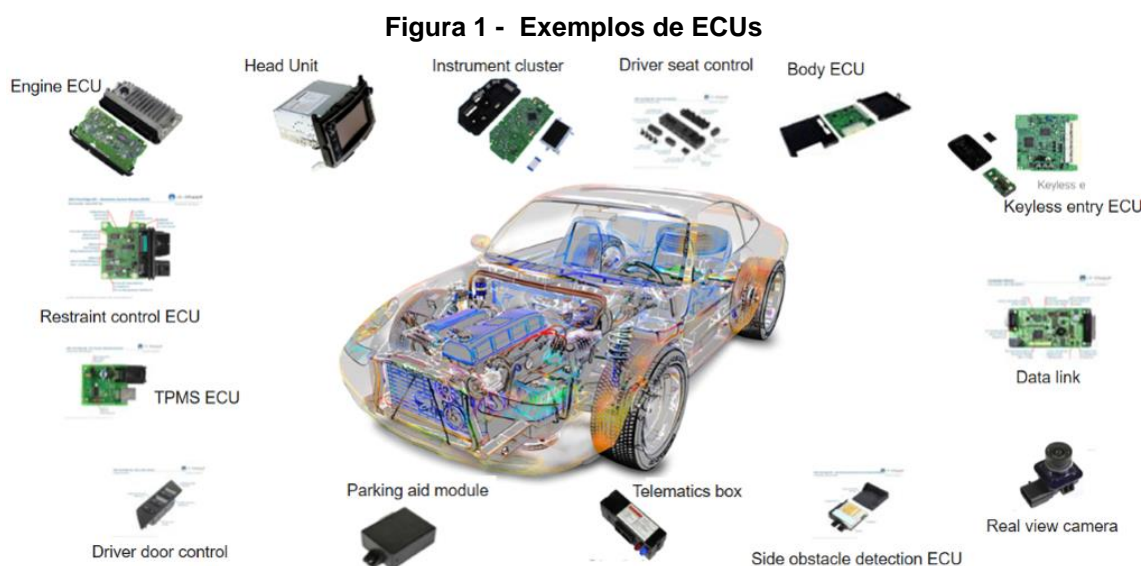
Como reflexo da Conferência de Estocolmo de 1972, o governo brasileiro criou, em 30 de outubro de 1973, a Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Neste mesmo ano dois outros órgãos foram criados: a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CATESB) e o Conselho Estadual de Proteção Ambiental (CEPRAM). A partir deste momento, vários órgãos ambientais foram criados tendo como objetivo o

controle ambiental e como eixo central de sua atuação, a poluição industrial (DIAS, 2011).

As regulamentações são imprescindíveis para influenciar as empresas a inovar, a melhorar a qualidade ambiental, alertar e educar a respeito de prováveis ineficiências de recursos e potenciais áreas para inovações tecnológicas (PORTER; LINDE, 1995). O Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto), vigente entre os anos de 2013 e 2017, e o Rota 2030, que estará atuante pelos próximos 15 anos, são exemplos de regimes do Governo Brasileiro que incentivam o aumento da competitividade no setor automotivo e a produção de veículos mais eficientes, econômicos e seguros.

Com o intuito obter os benefícios do governo afim de se tornar mais competitiva no mercado e aprimorar o produto oferecido para o cliente, as montadoras tem agregado novas funções e novos sistemas para atender a demanda do mercado. Essa evolução causa o aumento na complexidade dos projetos de seus veículos.

Modelos de carros populares comercializados atualmente contam com cerca de 34 sistemas eletrônicos, enquanto que para veículos de luxo este número pode chegar a 150 sistemas eletrônicos (STARON, 2017). Estes sistemas são controlados pelas *Electronic Control Unit* (ECU - unidades eletrônicas de controle) e representam funcionalidades importantes como freio ABS (*Anti-lock Braking System*, ou sistema anti bloqueio), radares auxiliares, controle de estabilidade, sistema multimídia, funcionamento do motor, dentre outros, conforme apresentado na Figura 1.



Fonte: Durgan (2019).

A capacidade de obter e tratar dados provenientes de um veículo, através das redes e protocolos de comunicação, trouxe às montadoras a possibilidade de desenvolver e aprimorar técnicas para atrair os consumidores cada vez mais exigentes e conscientes sobre o impacto desse bem de consumo ao meio ambiente (PAULA; GONÇALVES; COSCARELLI, 2008) e atender as demandas da nova geração de veículos.

1.2 PROBLEMA

As exigências do governo por veículos mais sustentáveis e a busca do consumidor por veículos com menor consumo de combustível e emissões desencadeou investimentos por parte das montadoras para o desenvolvimento e aprimoramento de veículos com menos impactos negativos ao meio ambiente e economia a seus proprietários. De acordo com a Automotive Business, algumas montadoras asseguram uma economia de combustível que pode chegar a até 10% ao limitar o torque do motor e reduzir a potência do sistema do ar condicionado.

Para esclarecer o funcionamento e a eficácia dessas estratégias adotadas pela indústria automobilística para se adequar ao mercado, elaborou-se um estudo sobre o funcionamento da prestação de modo de direção ECO.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Entender o funcionamento dos recursos e funções de Direção Econômica e Ecológica em um veículo de passeio e comparar os resultados obtidos em ensaios com direções em modo convencional, agressivo e econômico para identificar as contribuições relacionadas ao consumo econômico e a sustentabilidade ambiental com o uso desses recursos operacionais.

1.3.2 Objetivos Específicos

Etapas a serem realizadas para atingir-se o Objetivo Geral neste trabalho de conclusão de curso, são elas:

- Identificar as ECUs e variáveis de impacto na condução em *Eco-Mode*;

- Identificar as variáveis de impacto na pontuação do *Eco-Score*;
- Simular condições de operação específicas em modo convencional, agressivo e econômico;
- Coletar e tratar dados disponíveis na rede CAN (*Controller Area Network*);
- Analisar o comportamento das variáveis submetidas as condições de operação específicas;
- Comparar resultados obtidos.

1.4 JUSTIFICATIVA

Os danos causados pelas indústrias na fabricação de bens de consumos e na sua posterior utilização pelos consumidores estão próximos a um limiar irreversível. É preciso incentivar o desenvolvimento de estudos, estratégias e ferramentas econômicas e ecológicas, disponibilizar e conscientizar a população sobre os benefícios em se utilizar esses recursos para que ao menos seja contido o ritmo de degradação ao meio ambiente.

Ao se ativar o modo de direção ECO, ocorrem alterações no funcionamento do veículo e no desempenho do motor, tornando possível a economia de combustível, a diminuição na emissão de gases poluentes e, por consequência, a contribuição com um planeta mais sustentável. Ao se analisar a estratégia adotada por uma montadora para o *Eco-Score*¹, o condutor pode conhecer quais variáveis são avaliadas durante sua condução e com isso, incentivar ainda mais a sua performance como condutor para esse ciclo de sustentabilidade.

Entender através de que mecanismos isso ocorre é uma contribuição e incentivo à utilização dessas funcionalidades para os motoristas em geral e uma abertura para maiores discussões sobre o tema no meio acadêmico.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia de especialização está dividida em 5 (cinco) seções. Nesta primeira seção foi introduzido o assunto tema do trabalho e também foram abordados

¹ “Eco-Score” é um indicador de estilo de condução automobilística.

a motivação e os objetivos geral e específicos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Já na segunda seção: “Fundamentação Teórica”, serão abordados assuntos e conceitos básicos sobre sistemas embarcados e aplicações.

A seguir na terceira seção: “Desenvolvimento”, será abordado o teste prático realizado para aquisição de dados do *Eco-Score*. Equipamentos e métodos de aquisição são apresentados.

Na quarta seção: “Apresentação e Análise dos Resultados”, tendo como base os procedimentos metodológicos, neste capítulo serão descritos os resultados obtidos e feitas as devidas análises relacionados ao teste de modo de condução a partir do *Eco-Score*.

Por último na quinta seção: “Conclusão”, serão retomados a pergunta de pesquisa e os seus objetivos e apontado como foram solucionados, respondidos, atingidos, por meio do trabalho realizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo será abordado os principais conceitos necessários para o desenvolvimento do estudo sobre o modo de direção ECO.

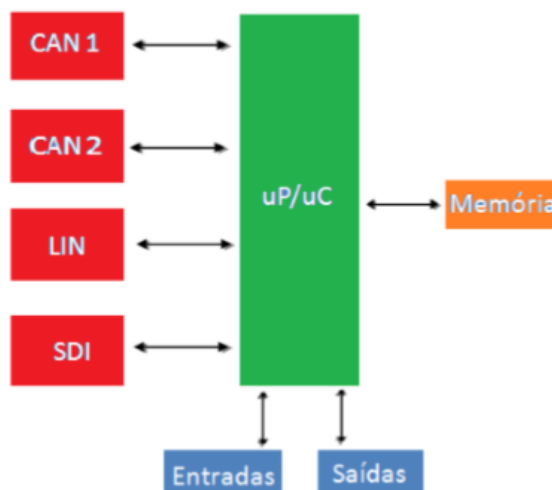
2.1 UNIDADE DE CONTROLE ELETRÔNICO (ECU)

As unidades de controle eletrônico (ou *Electronic Control Unit* - ECU) surgiram nos primeiros sistemas de injeção eletrônica (OLIVEIRA, 2017) e, com a evolução tecnológica e substituição de sistemas mecânicos por sistemas eletrônicos, houve um aumento na capacidade de processamento de informações que, por sua vez, permitiu a criação de novos sistemas de gerenciamento para outras unidades do veículo. Atualmente, os sistemas eletrônicos presentes nos veículos automotivos são responsáveis por diversas funcionalidades, como aceleração, injeção eletrônica, computador de bordo, *infotainment*², e assim como os sistemas *Advanced Driver Assistance Systems* (ADAS, ou sistemas avançados de auxílio ao motorista, por exemplo: sistema eletrônico de estabilidade, sistema que auxilia na mudança de faixa dentre outros), garantir um aumento na segurança dos ocupantes do veículo (OLIVEIRA, 2017). Os novos sistemas buscam atender às demandas do mercado, e com a constante evolução tecnológica este número crescerá ainda mais.

Um módulo eletrônico é um sistema embarcado capaz de receber dados de entrada, processar as informações obtidas, e em função destas determinar uma saída específica. É responsável também pela administração do funcionamento dos protocolos de comunicação utilizados no veículo (GUIMARÃES; SARAIVA, 2003). A Figura 2, apresenta o diagrama de blocos de um módulo eletrônico genérico.

² *infotainment*: palavra originada da junção de "*information*" (informação) e "*entertainment*" (entretenimento).

Figura 2 - Diagrama de blocos de um módulo eletrônico



Fonte: Adaptado de Guimarães (2007).

Os módulos são formados por um microcontrolador (ou microprocessador) central, responsável pela coordenação do processamento e controle das atividades desenvolvidas no módulo. Portas de comunicação, as portas CAN 1 e CAN 2, LIN 2 e SDI 3, se comunicam respectivamente com protocolo de comunicação CAN BUS 4, protocolo de comunicação (LIN BUS 5) e comunicação com um protocolo proprietário (diferente de montadora para montadora). Entradas e saídas são responsáveis por receber sinais (digitais ou analógicos) vindos dos sensores e emitir sinais (digitais ou analógicos) controlados pelo módulo eletrônico. Finalmente a memória está presente para guardar o software do módulo eletrônico, geralmente trata-se de uma memória PROM 6 (não permite atualização) ou Flash (permite atualização) (GUIMARÃES, 2007). As entradas podem ser digitais ou analógicas, sendo que as analógicas são comumente aplicadas para a leitura de sensores. Assim como ocorre com as entradas, as saídas também podem ser analógicas ou digitais, e são utilizadas para acionamento de LEDs, buzzers, válvulas, ou quaisquer outros dispositivos que possam ser acionados eletronicamente (GUIMARÃES, 2007).

O software embarcado no microcontrolador auxilia o funcionamento do módulo eletrônico, ele pode ser dividido em três partes, sendo elas: parâmetros programáveis, calibração básica e *firmware*.

A calibração básica é gravada pela montadora no final da linha de produção e contém os valores específicos de cada parâmetro da unidade de controle, por exemplo para o controlador do motor, mesmo que a calibração seja muito similar, algumas variáveis se diferem em um carro com versão 1000 cilindradas (1.0) para outra versão

de 2000 cilindradas (2.0). Parâmetros programáveis são bits que podem ser configurados para alterar o funcionamento de determinados dispositivos do veículo, a configuração destes bits pode ser realizada na linha de montagem, ou pelas concessionárias (utilizando dispositivos próprios de programação). O *firmware* contém a configuração de comunicação direta com os dispositivos de *hardware*, além de conter também as rotinas a serem executadas. Todos os veículos fabricados na atualidade possuem módulos eletrônicos. Na indústria automotiva estes módulos eletrônicos são denominados por siglas e são conhecidos como *Electronic Control Unit* (ECU - unidade eletrônica de controle) ou *Engine Control Module* (ECM - módulo de controle do motor).

Os veículos têm algumas dezenas de ECUs em seus sistemas. Todo e qualquer módulo pode ser denominado ECU, entretanto quando se deseja falar especificamente de um determinado módulo, há siglas que denominam cada um deles, abaixo segue uma listagem dos ECUs mais comuns presentes nos veículos, apresentada por (SILVA, 2015):

- *Body Control Module* (BCM - módulo de controle de carroçaria) ou *Body Electronic Controller* (BEC - controlador eletrônico de carroçaria): responsável pela maior quantidade de funções do veículo, controle de seta, farol, sistema de alarme e travas elétricas.
- *Column Integration Module* (CIM - módulo de integração da coluna): assim como o FZM, o RZM e o DZM, utilizado para separar as funções do BCM.
- *Engine Control Module* (ECM - módulo de controle do motor): controla todas as funções do motor.
- *Climate Control Module* (CLIM - módulo de controle da climatização): controla as funções de conforto de temperatura no interior do veículo.
- *Automatic Transmission Control Unit* (ATCU - unidade de controle da transmissão automática): controla as funções de troca de marcha para a caixa automática.
- *Trasmission Control Module* (TCM - módulo de controle da transmissão): controla as funções da transmissão (comunica a energia mecânica do motor com as rodas).
- *Powertrain Control Module* (PCM - módulo de controle motor-transmissão): módulo que controla a interação entre motor e transmissão.

- *Telematics Control Unit* (TCU - unidade de controle de telemática): controla funções de navegação do veículo (GPS, por exemplo).

2.2 ARQUITETURA ELETRÔNICA

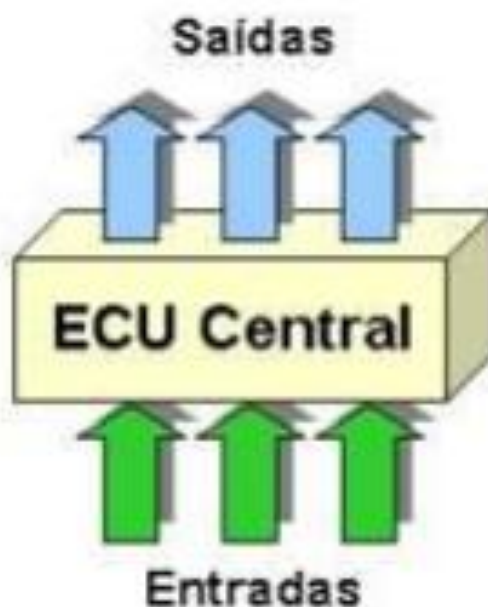
As formas como os diversos sistemas de controle são implementadas e interconectadas em uma aplicação embarcada são chamadas de Arquiteturas Eletro-Eletrônicas, ou simplesmente, Arquiteturas Elétricas. No setor automotivo, dentre os diversos conceitos de arquitetura elétrica pode--se destacar dois: a) Arquitetura Centralizada, e b) Arquitetura Distribuída.

2.2.1 Arquitetura Centralizada

Ao analisar algumas aplicações, é possível encontrar uma única ECU responsável por receber todos os sinais de entrada (como os sensores e chaves de comando), processá-los e comandar as respectivas saídas de controle do sistema (como as válvulas e relés).

No caso da Arquitetura Centralizada, apresentada esquematicamente na Figura 3, uma única ECU é responsável por todo o tipo de controle existente no sistema.

Figura 3 - Representação da arquitetura centralizada



Fonte: Guimarães (2003, p. 8).

Dentro da chamada “ECU Central” são encontrados Hardware e Software que permitem a leitura das entradas, seu processamento e a atuação das saídas.

Como vantagens da Arquitetura Centralizada, pode-se destacar:

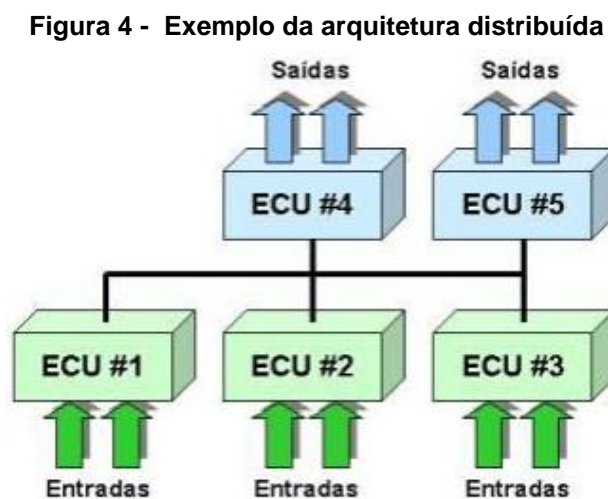
- Simplicidade do Hardware utilizado na implementação do sistema, sendo constituído basicamente pelos sensores e atuadores, uma ECU para o devido controle do sistema e, obviamente, o cabeamento que os conecta.
- Todos os dados de entrada estarão disponíveis à ECU durante toda a operação do sistema, não sendo crítica a lógica de varredura e coleta de informações de cada um dos sensores existentes.

Como desvantagens da Arquitetura Centralizada, pode-se destacar:

- Grande quantidade de cabeamento requerido para conectar os sensores e atuadores à ECU, especialmente em grandes aplicações, o que dificulta a manufatura do veículo e a sua eventual manutenção.
- Limitação das possibilidades de expansão do sistema, uma vez que qualquer alteração na ECU significará a modificação de seu Hardware e/ou Software e, eventualmente, na condição de trabalho das funções originais do sistema.

2.2.2 Arquitetura Distribuída

Na Arquitetura Distribuída existe a possibilidade de se utilizar, em um mesmo sistema de controle, várias ECUs interligadas, dividindo entre elas a execução das diversas funções existentes no veículo. O diagrama esquemático que representa este conceito de arquitetura é apresentado na Figura 4.



Fonte: Guimarães (2003, p. 9).

As ECUs 1, 2 e 3 são responsáveis pela leitura direta das entradas do sistema, enquanto que as ECUs 4 e 5 são responsáveis pelo comando das saídas. Além disso, no diagrama apresentado, qualquer uma das ECUs, dependendo das funções existentes neste sistema de controle, poderá participar do processamento dos dados e da atuação das saídas.

Como vantagens da Arquitetura Distribuída, pode-se destacar:

- Quantidade reduzida de cabeamento do sistema, uma vez que, tendo várias ECUs disponíveis, pode-se instalá-las bem próximas aos sensores e atuadores, reduzindo o cabeamento mais pesado da implementação, formado basicamente por pares de fios utilizados na conexão das entradas e saídas nas ECUs.
- Menor tempo de manufatura do veículo (exatamente pela menor quantidade de cabeamento necessário).
- Maior robustez do sistema de controle, por termos reduzido as possibilidades de quebra de um dos circuitos ou o aparecimento de mal contato em determinado conector (novamente pela menor quantidade de cabeamento necessário).
- Permite a ampliação do sistema com significativa facilidade, garantindo que alterações em uma determinada função do veículo, impactem somente em uma ou em parte das ECUs.
- Facilita a criação do software de aplicação de cada ECU, uma vez que possibilita a sua modularização e distribuição de responsabilidades entre elas.
- Possibilita a modularização do projeto do sistema e da execução dos testes de validação, aumentando a confiabilidade da implementação, reduzindo os prazos envolvidos no desenvolvimento.

Como desvantagens da Arquitetura Distribuída, pode-se destacar:

- Obriga a utilização de um meio de comunicação entre as ECUs, meio este comumente chamado de Protocolo de Comunicação.
- Implica na existência de um software de controle para a rede de comunicação que interliga as ECUs, cuja dificuldade de desenvolvimento depende diretamente da escolha do protocolo de comunicação.

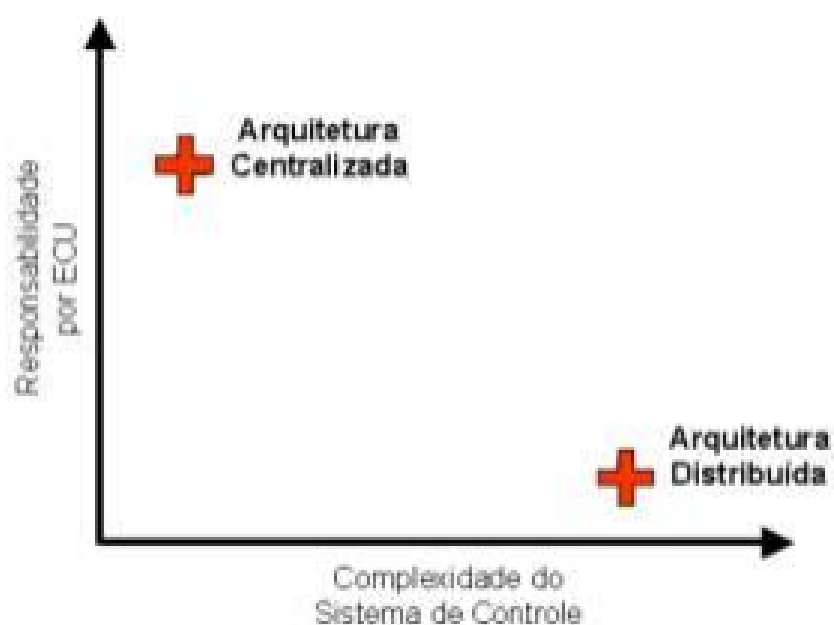
- Dificil determinação da taxa de transmissão ideal para uma dada aplicação, o que impacta diretamente nos tempos internos do software de controle e na escolha dos componentes eletrônicos a serem utilizados no projeto das ECUs.

Explicadas as vantagens e desvantagens fundamentais dos dois conceitos de arquitetura normalmente utilizados, deve-se acrescentar que a decisão de escolha de uma delas para uma dada aplicação móvel, depende da ponderação de diversos fatores. Dentre eles, pode-se destacar:

- A complexidade do sistema a ser controlado (quantidade de variáveis de entrada e saída e o tamanho físico do sistema).
- A disponibilidade dos componentes eletrônicos requeridos à montagem das ECUs e a medição e atuação no sistema.
- A robustez, mecânica (como às vibrações) e elétrica (como às interferências eletromagnéticas), requerida pelo sistema a ser controlado.
- O tempo necessário à implantação da arquitetura (projeto, construção de protótipos e validação).
- O custo desejado do sistema final (limitações inerentes ao orçamento).

Uma das maiores dificuldades da engenharia de produtos de uma montadora é determinar a arquitetura elétrica de um novo modelo; garantindo o mínimo de funções desejadas pelos futuros clientes, dentro dos limites de custo de projeto e produto determinados pela empresa. Normalmente, os produtos têm seu desenvolvimento iniciado com três ou quatro anos de antecedência ao seu lançamento, o que dificulta ainda mais a tomada de decisão sobre qual seria a melhor solução da engenharia para determinado projeto. Tal trabalho precisa relacionar as visões da Engenharia Avançada (tecnologia), Marketing Estratégico (mercado) e Político-econômica (orçamento) da região à que se destina o novo produto. A Figura 5, ilustra a tendência da relação entre a responsabilidade de cada ECU de um determinado sistema de controle e a complexidade deste sistema como um todo para as duas alternativas Centralizada ou Distribuída.

Figura 5 - Tendência de definição da arquitetura eletroeletrônica



Fonte: Guimarães (2003, p. 11).

Analisando cada um dos conceitos de arquitetura apresentados, não só do ponto de vista da evolução tecnológica, mas também das possibilidades futuras de expansão de funções com o mínimo de alteração no sistema de controle do veículo como um todo, podemos considerar a Arquitetura Distribuída a mais interessante.

Diante deste posicionamento, faz-se necessária a utilização de um protocolo de comunicação que permita a interconexão das ECU's e a troca dos dados pertinentes a cada uma das funções controladas pelo sistema. Dentre os diversos protocolos de comunicação existentes, os de comunicação serial mostram-se tecnicamente mais adequados e, dentro desta classe de protocolos, o *Controller Area Network* (CAN) tem grande destaque.

2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

Segundo a definição de (TANENBAUM, 2003), protocolo de comunicação é um "... conjunto de regras que regem o formato e significado dos pacotes, ou mensagens que são trocadas por uma camada e sua entidade par em outra máquina. A camada usa protocolos para implementar suas definições de serviço e está livre para alterá-los, desde que não mude o serviço visível para os seus usuários (camadas adjacentes)."

A *Society of Automotive Engineers* (SAE - Sociedade de Engenheiros Automotivos), divide os protocolos de comunicação em grupos que variam de acordo com as características dos protocolos, como por exemplo a taxa de transmissão. Os grupos existentes são: a) Classe A, b) Classe B, c) Classe C, d) Diagnóstico, e) *Mobile Media*, f) *Safety Bus*, e g) *Drive by-wire*.

A listagem a seguir apresenta estes grupos e informações sobre cada um deles:

- a. Classe A: É um protocolo que habitualmente está ligado às funções de conforto no veículo e possui taxa de transmissão inferior a 10Kbps. Podem ser citados como exemplos de protocolos dessa classe: SINEBUS, 1C, SAE J1708, CCD, ACP, BEAN e LIN.
- b. Classe B: A classe apresenta uma taxa de transmissão que varia de 10kbps até 125 Kbps. As aplicações dos protocolos geralmente estão ligadas aos serviços de entretenimento do veículo. Exemplos de protocolo desta área são: SAE J1939, J1859 (Classe 2), J1850 SCP e J1850 PCI.
- c. Classe C: Esta está com mais frequência ligada à serviços de sistema de segurança, apresenta taxa de transmissão de 125Kbps a 1 Mbps. Exemplos de protocolos desta classe são: CAN 2.0 ISO 11898, ISO 11519-2 e SAE J139.
- d. Diagnóstico: Protocolos que são utilizados pelos sistemas de On-Board Diagnose, os principais exemplos desta classe são: J1850 (Classe 2), J1850 SCP, J1850 PCI, ISO 9141 e Keyword 2000.
- e. *Mobile Media*: Neste caso, os protocolos são utilizados predominantemente em sistemas de multimídia. Exemplos de protocolos são: IDB-C, MOST, MML, USB e IEEE-1394.
- f. *Safety Bus*: Utilizados para sistemas de airbag, são citados como exemplo: BST, Safe By wire, DSI e Byte Fight.
- g. *Drivee by-wire*: Utilizados por sistemas eletrônicos que substituíram sistemas que anteriormente eram apenas mecânicos (aceleração, direção ignição). São exemplos de protocolos desta classe: TTP, Flex Ray e TTCA.

Dentre estes protocolos apresentados acima, o protocolo CAN é o mais utilizado em diferentes tipos de serviço, devido à sua grande aplicação ele será estudado mais a fundo na próxima seção deste capítulo.

2.3.1 Protocolo Controlled Area Network (CAN)

Para a aplicação proposta neste projeto, o protocolo utilizado foi o protocolo *Controlled Area Network* (CAN). Dentre os protocolos analisados este se mostrou o mais flexível em relação à aplicação e com uma ótima detecção de erros.

A seguir é apresentado um histórico sobre este protocolo e em seguida é feita uma explicação teórica da estrutura de rede deste padrão.

2.3.1.1 Histórico

O formato de rede e o protocolo CAN foram desenvolvidos em 1983 por Robert Bosch para melhorar a comunicação entre os diversos componentes presentes em um veículo.

Com o aumento do número de dispositivos de controle e sensores nos veículos, a espessura dos chicotes (grupo de cabos de conexão) cresceu, o que tornava a manutenção e detecção de falhas muito complexas.

Por este motivo, em 1986, a empresa Bosch apresentou a solução CAN para a Sociedade de Engenheiros Automotivos (*Society of Automotive Engineers - SAE*), e esta foi amplamente aceita, se tornando um dos padrões mais utilizados em automóveis atualmente.

A regulamentação geral da rede CAN está presente na resolução ISO 11898 da *International Organization for Standardization* e sua regulamentação específica para as diversas aplicações em automóveis foi padronizada pela SAE. A rede CAN possui diversas vantagens, o que acabou espalhando sua utilização para as áreas industriais, como por exemplo, a indústria aeroespacial, marítima, militar e em aplicações rurais.

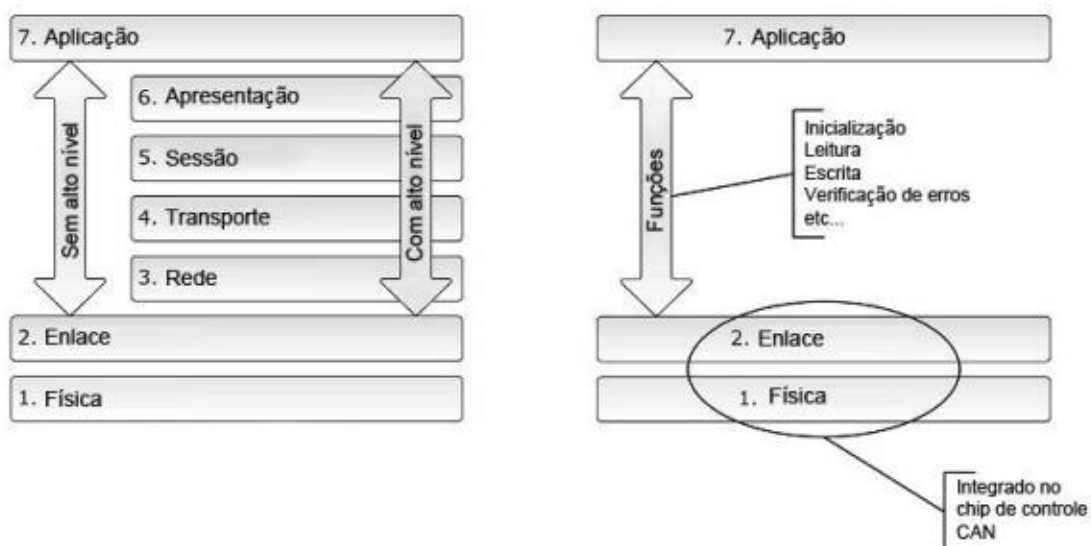
Dentre as principais características da rede CAN, podem-se citar:

- Faixa de Operação de até 1 Mbps para curtas distâncias;
- Possui uma excelente detecção de erros;
- Usa mensagens curtas de até 8 bytes por mensagem;
- Configuração altamente flexível;
- Controle da rede por prioridades nas mensagens.

Atualmente existem dois padrões de protocolo CAN. O CAN versão 2.0 A, com identificador de mensagens de 11 bits e a versão 2.0B com identificador de 29 bits.

O modelo do protocolo CAN segue o padrão de camadas OSI/ ISO (Figura 6). Uma das vantagens da rede CAN é que tanto a camada de enlace como a camada física são implementadas diretamente no microchip de controle, deixando apenas a camada de aplicação a ser desenvolvida.

Figura 6 - Camadas ISO e CAN

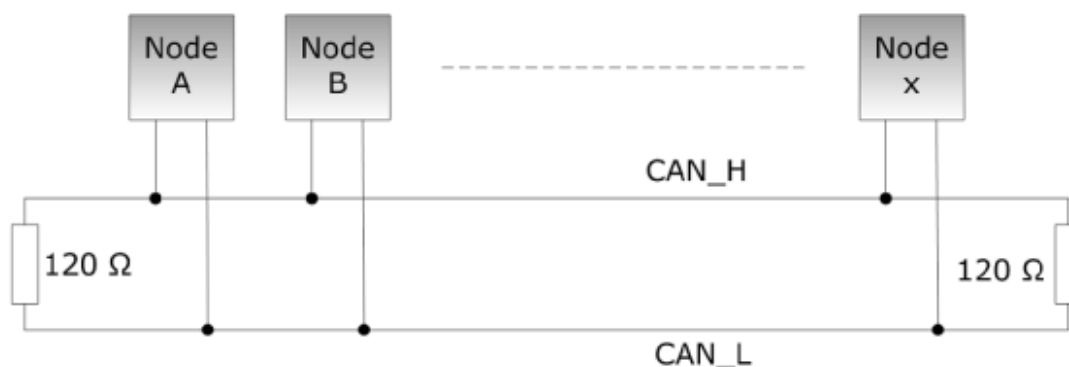


Fonte: Ferreira (2009).

2.3.1.2 Camada física

O barramento CAN, apresentado na Figura 7, é formado por um par de fios trançados com impedância característica de 150 ohms. O Sinal é transmitido neste barramento de forma diferencial, ou seja, a diferença de tensão entre os terminais do 31º barramento é que carrega a informação, os fios deste barramento são denominados CAN_H (*High*) e CAN_L (*Low*).

Figura 7 - Topologia de barramento CAN

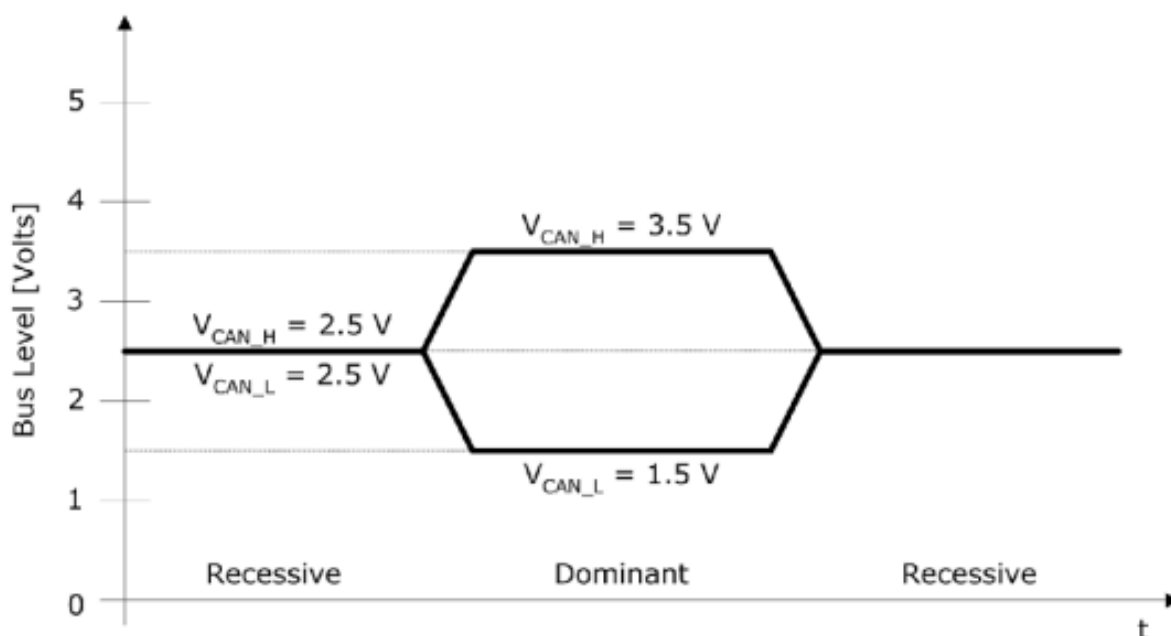


Fonte: Ferreira (2009).

O conceito envolvido na transmissão de mensagens CAN é baseado na técnica *Carrier Sense Multiple Access/ Collision Resolution* (CSMA/CR) onde, em caso de colisão a mensagem que apresentar o primeiro bit dominante, ou seja, o bit que causar uma diferença de tensão entre CAN_H e CAN_L, levará vantagem e continuará a ser enviado sem destruição ou interferência. Este processo será visto mais profundamente no tópico sobre mensagens CAN.

Por convenção, o bit 1 é considerado o bit recessivo e o bit 0 o bit dominante. Para gerar um bit dominante é necessário que a tensão em CAN_H seja cerca de 3,5 V e a tensão em CAN_L seja de 1,5 V (padrão ISO 11898), como mostra a Figura 8.

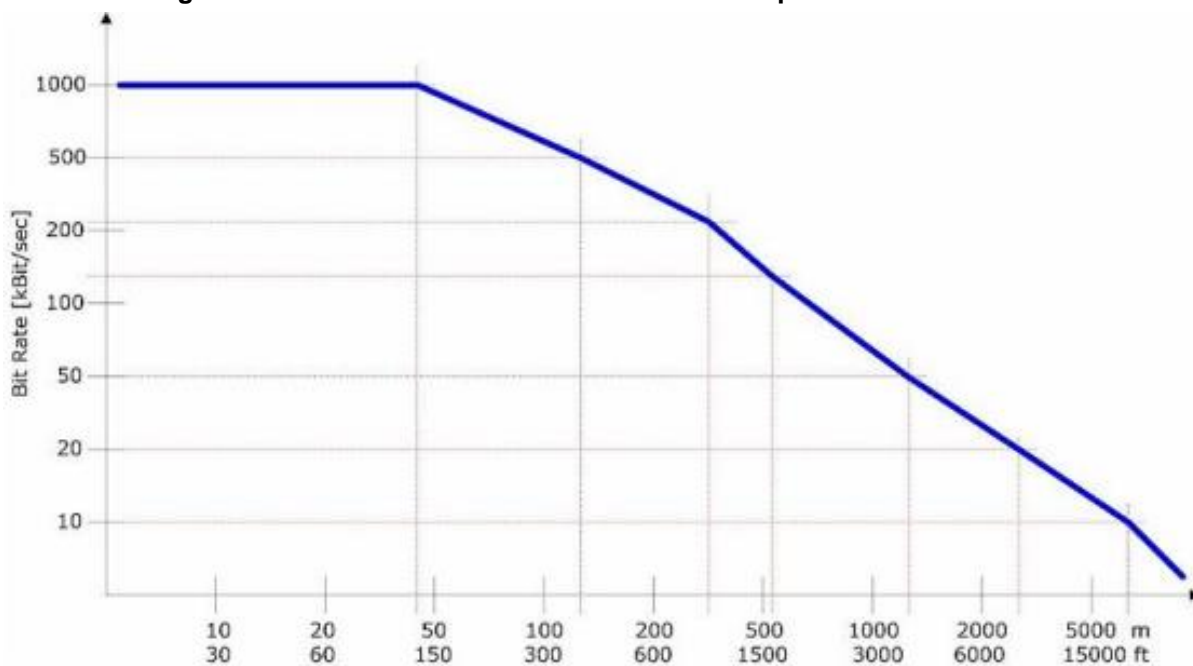
Figura 8 - Nível de barramento, segundo ISO 11898



Fonte: Ferreira (2009).

A rede CAN apresenta a capacidade de monitoramento de bits para verificação de utilização do barramento e devido a este fato a capacidade de transmissão de bits diminui com a distância dos nós presentes na rede, como mostra a Figura 9.

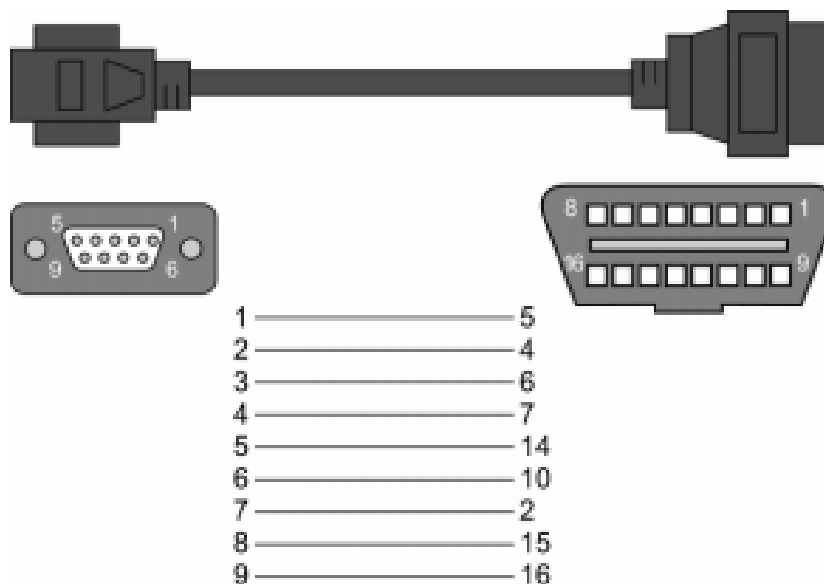
Figura 9 - Gráfico de taxa de transmissão de bits pela distância dos nós



Fonte: Ferreira (2009).

A conexão dos nós ao barramento CAN geralmente é realizada através de conectores DB 9, que por sua vez, se ligam ao conector J1962 de 16 pinos (2x8), como mostra a Figura 10.

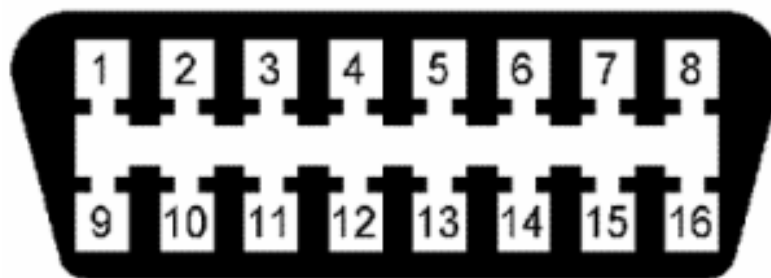
Figura 10 - Ligação entre os conectores DB9 e J1962



Fonte: Machado e Oliveira (2012).

Na Figura 11, pode-se observar o conector OBD, em maior plano, e a respectiva numeração e função dos pinos.

Figura 11 - Conector standard OBD (J1962) e respectivos pinos



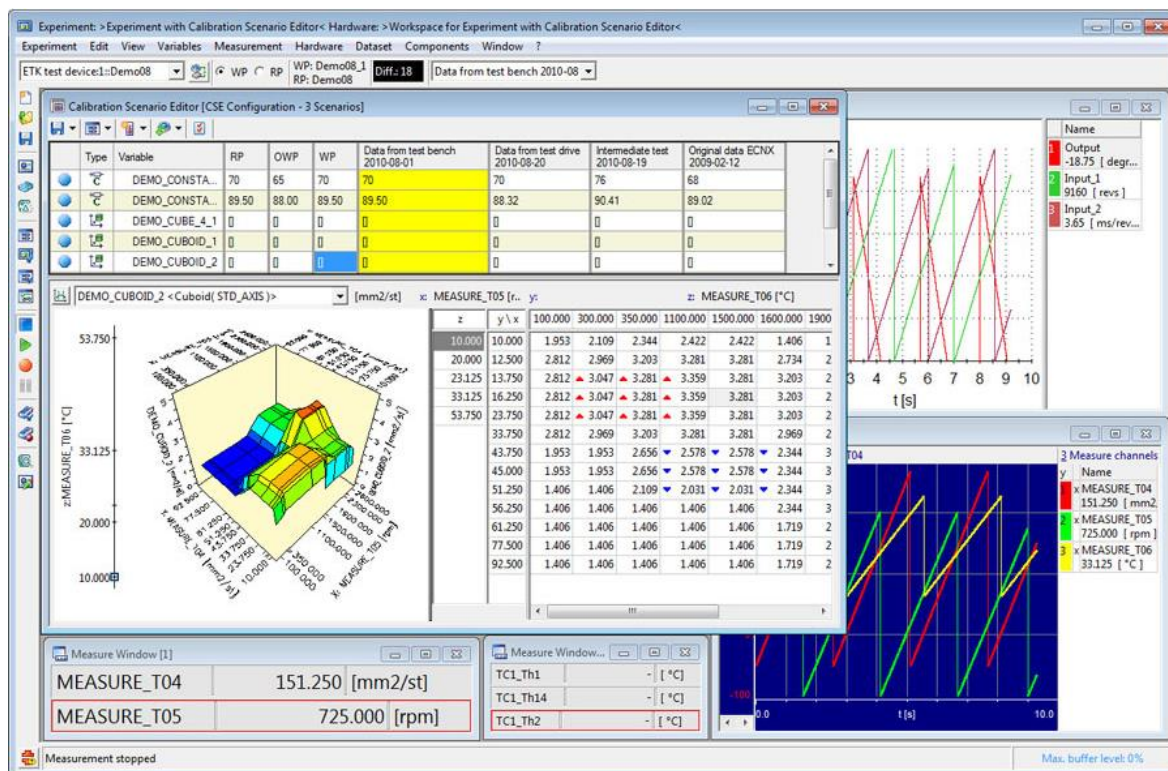
Pino	Descrição
1	Fabricante
2	Bus positive Line of SAE-J1850
3	Fabricante
4	Chassis ground
5	Signal ground
6	CAN high (ISO 15765-4 and SAEJ2234)
7	K line of ISO 9141-2 and ISO 14230-4
8	Fabricante
9	Fabricante
10	Bus negative Line of SAE-J1850
11	Fabricante
12	Fabricante
13	Fabricante
14	CAN low (ISO 15765-4 and SAEJ2234)
15	L line of ISO 9141-2 and ISO 14230-4
16	Battery voltage

Fonte: Machado e Oliveira (2012).

2.4 INTEGRATED CALIBRATION AND APPLICATION (INCA)

A ferramenta *Integrated Calibration and Application* (INCA), apresentada na Figura 12, é um software de medição, calibração e desenvolvido pela ETAS. Com grande aplicação na indústria automotiva, esse software de desenvolvimento é implementado durante todas as fases do desenvolvimento das ECUs e possui programas para medição, calibração e diagnóstico das ECUs.

Figura 12 - Imagem representativa do software INCA



Fonte: ETAS (2018).

Calibrar o software de uma ECU com a ajuda da INCA permite que o usuário adapte o comportamento das funções de controle e diagnóstico para diversos modelos de veículos e variantes, sem necessitar de modificação nos cálculos de rotina. Como parte desse processo, valores característicos de funções de algoritmos são inseridos enquanto simultaneamente são adquiridos sinais das ECUs, dados do veículo e medição de instrumentos. Durante o processo de calibração no INCA, os sinais da ECU são visualizados, o que significa que qualquer mudança que possa ocorrer na ECU pode ser investigada através de dados detalhados para análises do comportamento do sistema. As calibrações podem ser trabalhadas no veículo, no laboratório, nos bancos de testes ou combinado com ambientes de simulação, como o Simulink.

2.4.1 Módulo ES582.1

O módulo ES582.1, apresentado na Figura 13, é um *dual-channel*, compacto e possui uma interface eficiente com a CAN FD. Esse módulo é uma solução com taxa de dados flexível e pode ser conectado no PC ou notebook diretamente no veículo ou na porta CAN da ECU no veículo.

Figura 13 - ES582 - USB CAN FD bus interface



Fonte: ETAS (2018).

O módulo ES582.1 conecta o PC ou notebook através do USB. O módulo é alimentado pelo PC ou notebook e não precisa de fonte externa e alimentação. A instalação e configuração são realizadas de forma simples.

Dados medidos são adquiridos pelo ES582.1 e são registrados com precisão pela INCA com sinais de outras ECUs e outros módulos de medição. Como forma adicional da medição dos sinais da ECU, o INCA pode usar o módulo ES582 para calibrar os parâmetros da ECU, para reprogramar ECUs com memória flash ou para diagnosticar a ECU.

2.4.2 CAN FD

CAN FD (CAN com flexibilidade na taxa de dados) é uma versão melhorada e retro compatível do protocolo CAN, desenvolvido pela Bosch. A principal diferença com relação a CAN consiste em aumentar a taxa de dados por mensagem de 8 para 64 bytes, velocidade de transmissão maior que 8 Mbit/s e um *checksum* mais longo, para uma maior confiabilidade à transmissão. A CAN FD vem de encontro com a necessidade da indústria automotiva por maiores larguras de banda para redes. Ao mesmo tempo, a CAN FD pode ser facilmente integrada a uma infraestrutura de CAN já existente.

Como vantagens desse protocolo, pode-se mencionar:

- Compacta e com bom custo-benefício de canal duplo com interface para PC;
- Atende as duas versões da norma ISO do protocolo CAN FD: ISO-conform e non-ISO-conform (CAN FD V1);
- Conexão simples e direta com o PC via cabo;
- Gravador otimizado para medição de dados, calibração da ECU, diagnóstico e reprogramação Flash;

- Totalmente integrado com o INCA.

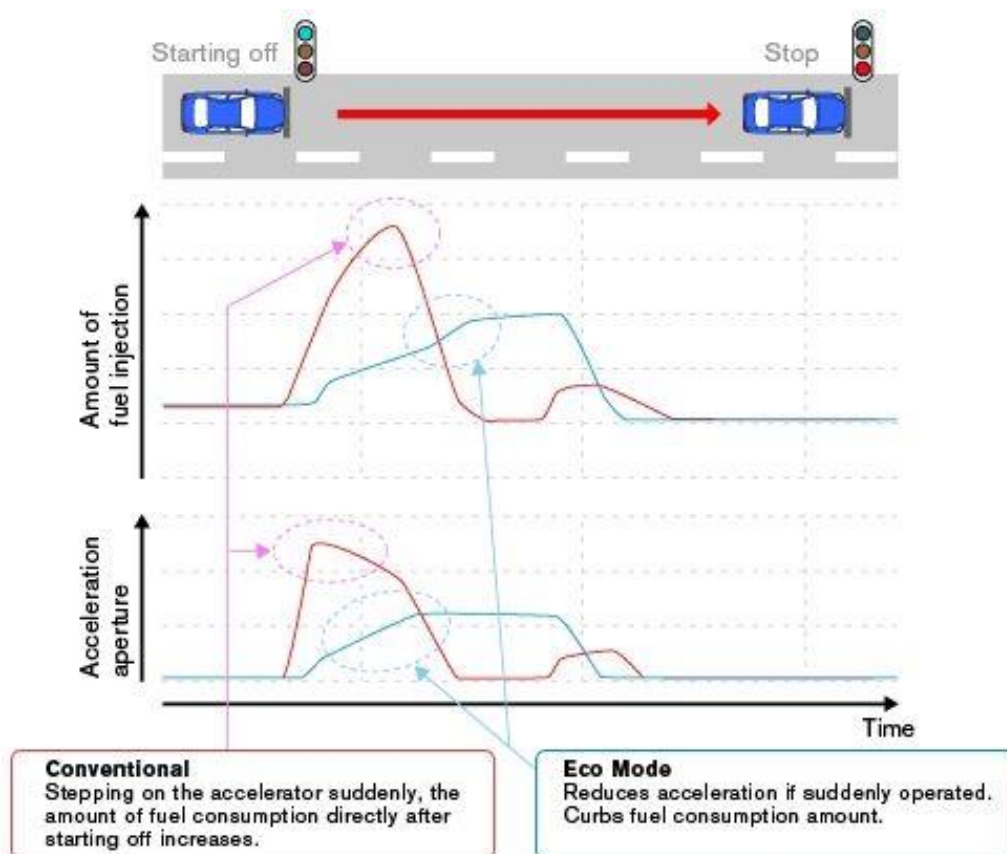
2.5 RECURSOS DE DIREÇÃO ECONÔMICA E ECOLÓGICA

2.5.1 Eco Mode

Para os veículos com motores a combustão interna, ao selecionar esse modo de condução, o objetivo do condutor é reduzir o consumo de combustível, e por consequência, a emissão de gases poluentes. Em um veículo considerado ECO parâmetros específicos são alterados no grupo propulsor (ECM), no sistema do chassi (transmissão automática, direção elétrica etc.) e no sistema de climatização. Na figura 14 são apresentadas as curvas de injeção de combustível e pressão no pedal do acelerador para veículo em modo convencional e no Eco Mode.

Para os veículos elétricos, o objetivo do modo de direção ECO é aumentar a autonomia, com parâmetros específicos no grupo motor e no sistema de climatização (Figura 14).

Figura 14 - Curvas de injeção de combustível e pressão no pedal do acelerador para modo convencional e ECO

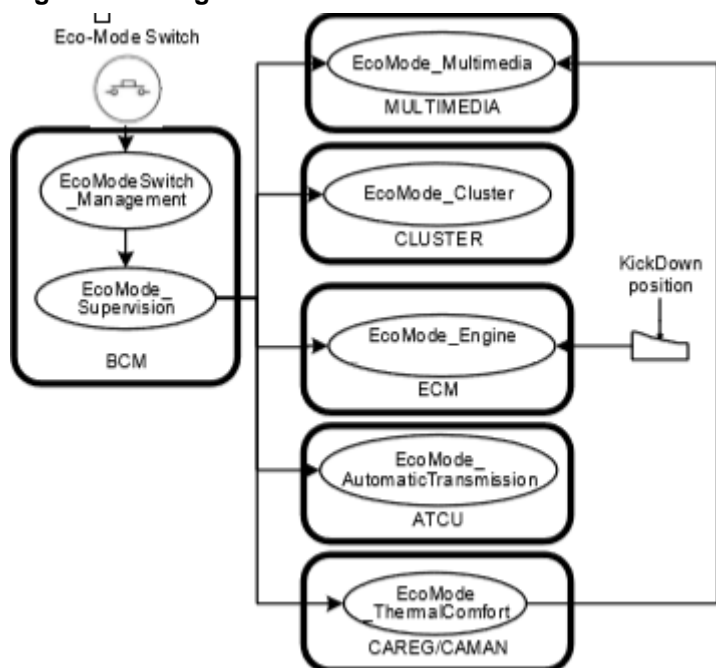


Fonte: Nissan (2018).

Com a função “Modo de Direção ECO” o motorista tem a opção de alternar o modo de direção entre o modo convencional e o modo econômico, através de um botão no console central do veículo.

Interfaces Homem-Máquina (IHM) específicas são associadas a esses veículos no painel de instrumentos e na tela multimídia (Figura 15).

Figura 15 - Diagrama de interface de ECUs em Eco Mode



Fonte: Monnoye (2017).

Ao se inicializar um veículo, ou seja, o momento em que um veículo passa do modo “*sleeping*” para “*awake*”, o modo de direção que se ativa depende da estratégia determinada nas configurações de fábrica.

No modo normal, o cliente pode ativar o modo de direção ECO apertado o botão da central de Direção ECO. Neste caso, um testemunho no painel de instrumentos e uma mensagem na tela de multimídia podem aparecer para informar ao motorista sobre a ativação do modo de Direção ECO. Na Figura 16, é apresentada duas maneiras de ativar o modo de Direção ECO pelo condutor.

Figura 16 - Exemplos de modelos de ativação do Eco Mode

Fonte: Estadão (2010).

Em alguns veículos, o botão é equipado com LED que é aceso quando o modo de Direção ECO é ativado no painel de instrumentos ou na tela multimídia. Em outros veículos essa função pode ser selecionada dentre diferentes tipos de modos de condução: ECO, Normal ou Sport.

Uma vez que o modo de Direção ECO é ativado, o condutor pode voltar ao modo normal apertado o botão novamente ou selecionando outro modo de condução. O testemunho do modo de direção ECO no painel de instrumentos desaparece e na tela multimídia uma mensagem pode ser apresentada com o intuito de informar ao condutor sobre a desativação do modo de direção ECO. Quando o sistema inclui o LED, a luz é desativada.

A informação sobre o status do modo de direção ECO é fornecida para o sistema de supervisão do modo de Direção ECO, responsável por enviar dois pedidos para a rede CAN:

- O pedido de Eco Mode é enviado através do parâmetro *EcoModeRequest* (CAN-V) para as ECUs da Climatização, transmissão automática e injeção.
- O pedido de exibição do Eco Mode é enviado através do parâmetro *EcoModeStatusDisplay* para as ECUs da Multimídia (CAN-M) e do Painel de Instrumentos (CAN-V).

A função “Conforto de Temperatura” em modo de Direção ECO ativa ou desativa o Eco Mode de conforto de temperatura e envia o parâmetro *ClimECOModeStatusDisplay* para a ECU da multimídia.

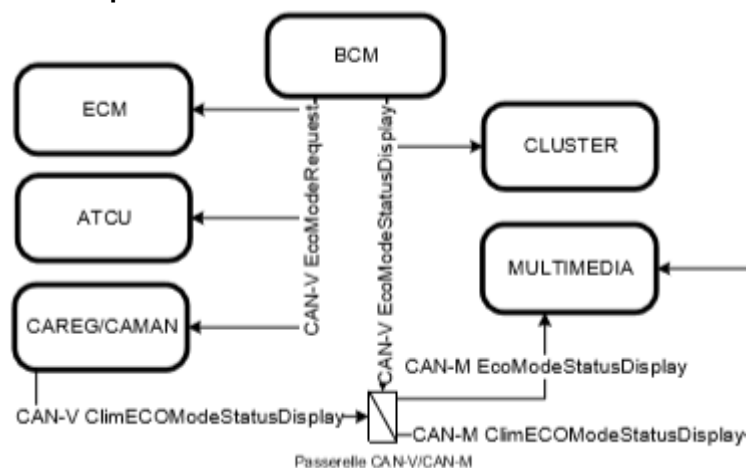
2.5.1.1 Função e atuação do modo de direção ECO

O modo de Direção ECO ativado impacta no funcionamento de diversas ECUs. A seguir será apresentado as principais funções em ECUs e suas atuações:

- *Eco Mode switch management* (BCM): A atuação dessa função permite que, ao apertar o botão de Eco Mode, um frame contendo o estado do seletor do Eco Mode seja enviado para a ECU da BCM.
- *Eco Mode supervision* (BCM): De acordo com o estado do seletor do Eco Mode enviado pela função *Eco Mode switch management* e o valor presente no pedido de modo ECO, um frame da CAN contendo o pedido de Eco Mode é enviado para a ECM, CLIM, ATCU e para a GEPDA/DAE/EPS de uma lado para informar sobre o acionamento (ou não-acionamento) do Eco Mode pelo condutor. Do outro lado um frame da CAN contendo o pedido de exibição do Eco Mode é enviado para as ECUs como IHM, ou seja, o painel de instrumentos e a multimídia.
- *Eco Mode engine* (ECM): O Eco Mode para o motor é ativado ou desativado pelo pedido do Eco Mode. Através disso, a performance do motor é reduzida através da aplicação da cartografia ECO e limitação do torque máximo ou velocidade, por exemplo. O *KickDown* é uma posição do potenciômetro no pedal de aceleração. Quando o motorista aperta fortemente o pedal, como em uma retomada, o *KickDown* pode ser atingido. Nesse caso, por razões de segurança. O Eco Mode é desativado apenas para o motor e a performance padrão é reativada. Essa ação pode ser percebida através do testemunho do Eco Mode no painel de instrumentos, que passa a piscar.
- *Eco Mode thermal comfort* (CLIM): O Eco Mode é ativado ou desativado para o conforto de temperatura via pedido de Eco Mode quando o ar condicionado manual ou digital está ligado. Em alguns veículos, um frame via CAN é enviado para a Multimídia afim de apresentar uma informação sobre o modo de funcionamento do ar-condicionado, por exemplo, modo normal ou ECO.
- *Eco Mode automatic transmission* (ATCU): O Eco Mode para a transmissão automática é ativado ou desativado via pedido de Eco Mode. Dessa maneira, a mudança de marcha ocorre para menores velocidades do motor, quando comparado ao modo normal.

- *Eco Mode powered assisted direction* (GEPDA/ EPS): O Eco Mode para a direção assistida é ativado ou desativado via pedido de Eco Mode. O objetivo é fornecer mais assistência ao motorista, através de um volante mais leve para o consumidor ter uma direção ecológica.
- *Eco Mode cluster*: O testemunho do Eco Mode no painel de instrumentos é ativado pelo pedido de exibição do Eco Mode. O testemunho precisa estar iluminado quando o Eco Mode é ativado e desligado quando o Eco Mode é desativado.
- *Eco Mode multimedia*: Na ativação do Eco Mode, apresentado na Figura 17, o pedido de exibição do Eco Mode é enviado para a ECU da multimídia e uma mensagem é apresentada em primeiro plano na tela durante alguns segundos para informar sobre a ativação do Eco Mode. Para a desativação, outra mensagem é apresentada da mesma maneira.

Figura 17 - Arquitetura do sistema de hardware e software no Eco Mode



Fonte: Monnoye (2017).

A ECU da multimídia recebe também um frame via CAN da CLIM, contendo o pedido de exibição da CLIM e uma mensagem é apresentado durante alguns segundos quando o condutor modifica a temperatura ou ventilação de acordo com o modo: normal, ECO ou Sport.

2.5.2 Eco-Score

Eco-Score é um indicador de modo de condução do motorista. Ele orienta o motorista com relação a forma de condução mais econômica. Algumas montadoras disponibilizam em seus veículos essa ferramenta composta por relatórios com

informações detalhadas sobre percursos realizados, a eficiência da condução em forma de pontuação e algumas orientações para um comportamento de condução seja mais eficiente.

Ao analisa o comportamento do condutor e fornecem uma orientação permanente, o *Eco-Score*, ajuda o condutor a melhorar muito o seu estilo de condução e economizar combustível, além de diminuir a emissão de gases poluentes.

2.5.2.1 Variáveis de análise

Para atestar a eficiência de funcionamento do *Eco-Score*, em um veículo à combustão interna, com caixa de transmissão automática e Flex foram proposto três ensaios com comportamentos de condução distintos, sendo eles: modo convencional, agressivo e econômico.

De acordo com as informações de *Eco-monitoring for ICE vehicle and eco-scoring calculation*, documento que especifica a cálculo dos indicadores que avaliam o modo de direção econômica do condutor de uma montadora X, a nota global ($V_{xx_dspl_eco_mon}$), a qual são atribuídos valores de 0 à 100, é composta pela combinação das notas de aceleração ($V_{xx_dspl_eco_acel_mon}$), *Gear Shift Indicator* (GSI) ($V_{xx_dspl_eco_free_shf_mon}$) e desaceleração ($V_{xx_dspl_eco_ant_mon}$).

a) Cálculo da nota de Aceleração ($V_{xx_dspl_eco_acel_mon}$)

O princípio de funcionamento se baseia através dos valores de velocidade do veículo (V_{xx_vs}) e a aceleração longitudinal ($V_{xx_lg_acel}$) que se obtém do mapa Cmp_eco_acel a nota de aceleração [0-100].

Caso o valor de aceleração do veículo > 0 e valor do pedal do acelerador = 0 %, então a nota de aceleração será igual a 100. Da mesma forma, se o valor do pedal do acelerador for igual a 100%, a nota será igual a 0.

b) Cálculo da nota de Respeito ao GSI ($V_{xx_dspl_eco_free_shf_mon}$)

Esta nota sempre terá o valor 100 para veículos que não sejam manuais (Se $V_{sx_dlin_conf} \sim N_{sx_mgb_conf} \Rightarrow V_{xx_dspl_eco_free_shf_mon} = 100$).

c) Cálculo da nota de Desaceleração/Antecipação ($V_{xx_dspl_eco_ant_mon}$)

A nota de desaceleração é obtida através do cálculo de 3 (três) outras notas: 1) $V_{xx_eco_ant_brk_acel}$, 2) $V_{xx_eco_ant_out}$, e 3) $V_{xx_eco_ant_coup}$.

$$V_{xx_dspl_eco_ant} = [V_{xx_eco_ant_brk_acel} * (V_{xx_eco_ant_out} - 100) + 100] * V_{xx_eco_ant_coup}$$

onde:

1. $V_{xx_eco_ant_brk_acel}$: Penalização por má antecipação. É calculado com base no tempo entre o acelerador não estar mais pressionado e uma frenagem, o valor deste indicador está entre [0-1];
2. $V_{xx_eco_ant_out}$: Com base na velocidade do veículo (V_{xx_vs}) e a aceleração longitudinal ($V_{xx_lg_acel}$) obtém-se do mapa Cmp_eco_ant um valor entre [0 - 100];
3. $V_{xx_eco_ant_coup}$: Penalização no tempo em que o motor esteja no estado 'uncoupled' (V_{xx_coup}). O valor do indicador está entre [0-1].

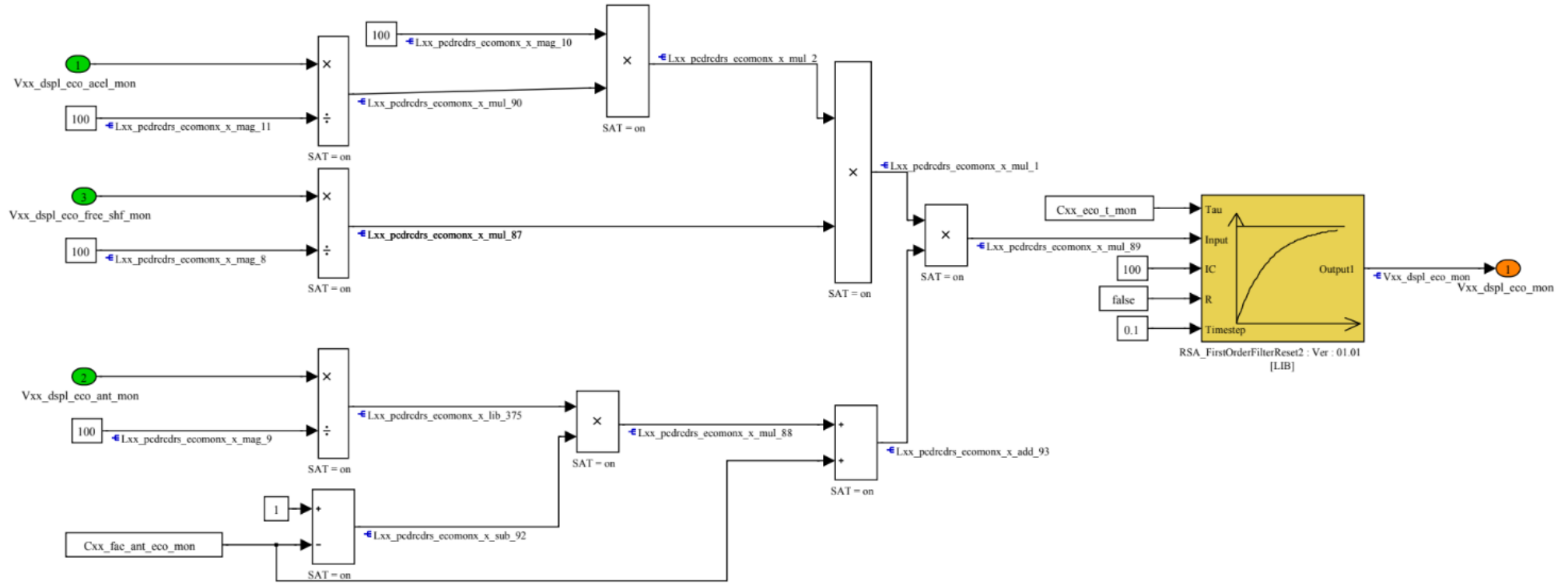
Quando o motor estiver no estado 'uncoupled', $V_{xx_coup} = 8$, tem-se:

- Se o tempo do motor no estado 'uncoupled' $V_{xx_eco_ant_t_coup} < C_{xx_eco_ant_t_coup_min}$ (100 segundos), então $V_{xx_eco_ant_coup}=1$;
- Se o tempo do motor no estado 'uncoupled' $V_{xx_eco_ant_t_coup} > C_{xx_eco_ant_t_coup_max}$ (200 segundos), então $V_{xx_eco_ant_coup}=0$;
- Se $C_{xx_eco_ant_t_coup_min}$ (100 segundos) < Tempo do motor no estado 'uncoupled' ($V_{xx_eco_ant_t_coup}$) < $C_{xx_eco_ant_t_coup_max}$ (200 segundos), então $V_{xx_eco_ant_coup}$ = gradiente linear de 1-0:

$$V_{xx_eco_ant_coup} = [C_{xx_eco_ant_t_coup_max} (200s) - V_{xx_eco_ant_t_coup}] / [C_{xx_eco_ant_t_coup_max}(200s) - C_{xx_eco_ant_t_coup_min} (100 s)] .$$
- Se a velocidade do veículo (V_{xx_vs}) for menor que o *threshold* (definido por $C_{xx_eco_ant_vs_coup_thd} = 100$ km/h), então $V_{xx_eco_ant_coup}=1$.

Essas variáveis fazem parte da estratégia macro para o cálculo do indicador do *Eco-Score* e são apresentadas em formato de diagrama de bloco, apresentado na Figura 18.

Figura 18 - Estratégia macro *Eco-Score*



Fonte: Abala (2014).

3 DESENVOLVIMENTO

Para que fosse possível a aquisição de dados da ECU do motor durante os testes de rodagem para os três modos de condução, foi necessário o uso do equipamento instrumentado ES582.1, com interface com o software de medição INCA, ambos desenvolvidos pela ETAS: Figura 19 e Figura 20.

Figura 19 - Esquema de ligação para aquisição de dados da ECU da ECM



Fonte: Autoria própria.

Figura 20 - Equipamento ETAS utilizado para realizar as medições



Fonte: Autoria própria.

Foram realizados 3 ensaios de modos de condução, com a mesma trajetória, sendo condução de forma econômica, de modo normal e de forma severizada. Foi

realizado o reset de ECU antes de cada ensaio para que as notas fossem reiniciadas, conforme mostra a Figura 21.

Figura 21 - Notas do Eco-Score após reset da ECU



Fonte: Autoria própria.

No local onde os ensaios foram realizados eram necessárias recorrentes frenagens e acelerações em curtos períodos. Acredita-se que melhores resultados de condução econômica seriam possíveis na estrada, visto que a velocidade constante torna a aceleração longitudinal seja próxima a 0 e a aceleração constante beneficia esse tipo de condução.

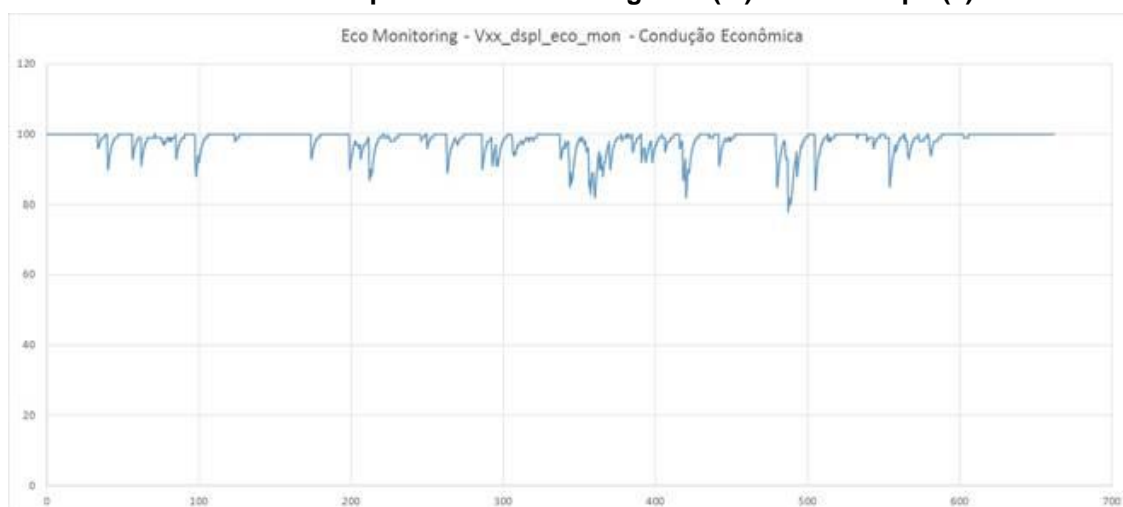
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a análise dos parâmetros da pontuação, foram medidos e coletados pontos durante a trajetória das principais variáveis consideradas para estipular a pontuação no *Eco-Score*. A partir desses valores, gerou-se gráficos, com o auxílio da ferramenta Excel, para que fosse possível a análise, de forma superficial, do comportamento.

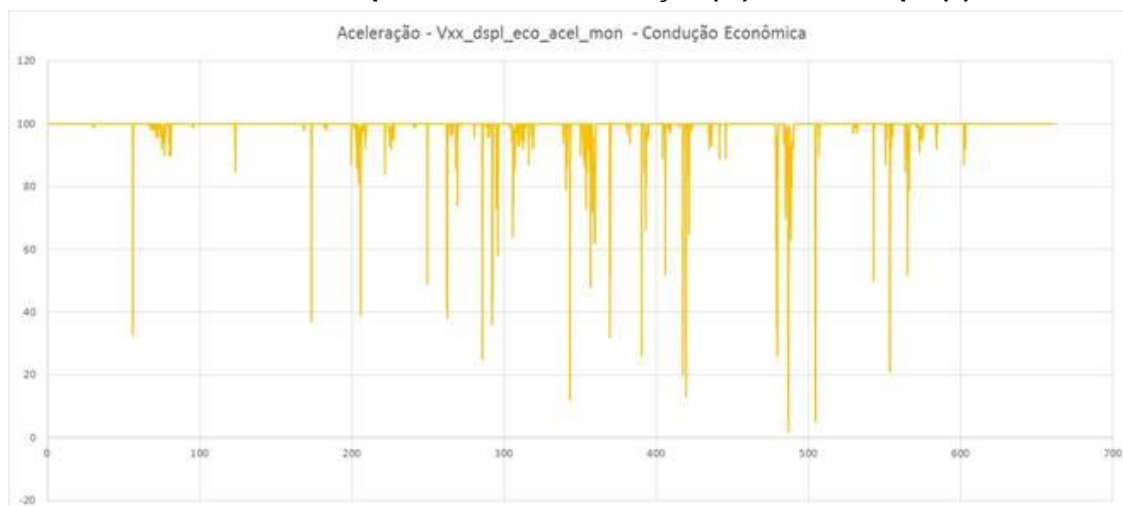
4.1 CONDUÇÃO ECONÔMICA

De acordo com os dados dos pontos coletados durante essa trajetória, a nota global *Vxx_dspl_eco_mon*, apresentada no Gráfico 1, se manteve próxima da nota máxima, 100, com pequenas amplitudes de deméritos. Isso está de acordo com os pontos coletados para a nota de aceleração, *Vxx_dspl_eco_acel_mon*, apresentada no Gráfico 2, onde houve variações devido a intensidade da pressão aplicada no pedal do acelerador, mas, com momentos esparsos durante o tempo para pontos de muita pressão no pedal, representado o bom comportamento para um modo de direção ECO. Também condiz com a nota de antecipação, *Vxx_dspl_eco_ant_mon*, Gráfico 3, onde é possível perceber poucos pontos onde o comportamento do condutor acrescentou deméritos, devido a variações bruscas entre aceleração e frenagem, entre outras condições.

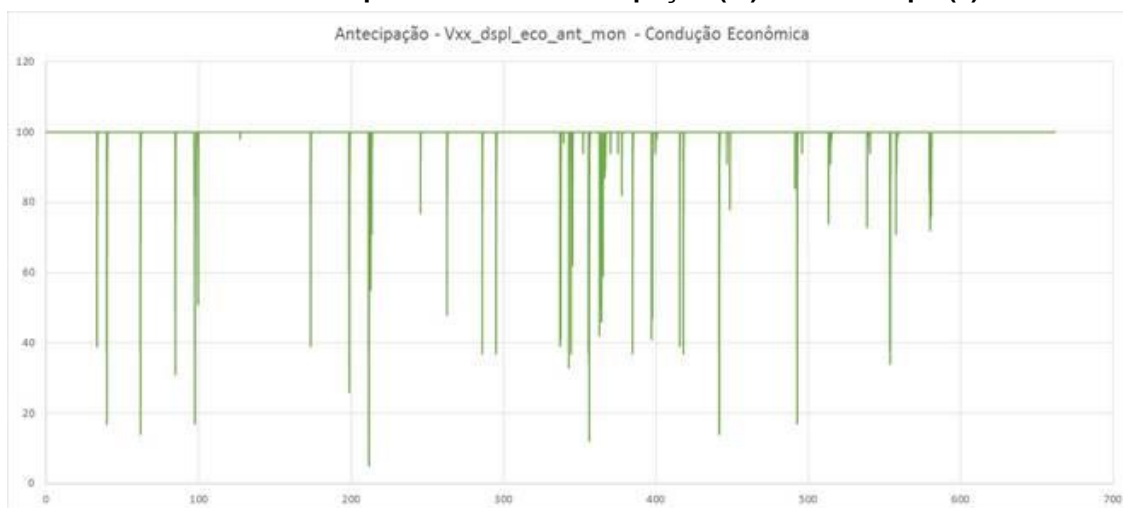
Gráfico 1 - Comportamento da nota global (%) versus tempo (s)



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 2 - Comportamento da aceleração (%) versus tempo (s)

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 3 - Comportamento de antecipação (%) versus tempo (s)

Fonte: Autoria própria.

Para a condução de forma econômica a pontuação no *Eco-Score* atingida foi de 71/100, conforme apresentado na Figura 22, estando dentro da pontuação esperada para esse modo de condução e levando em conta o local do ensaio.

Figura 22 - Resultado do Eco-Score após condução “econômica”

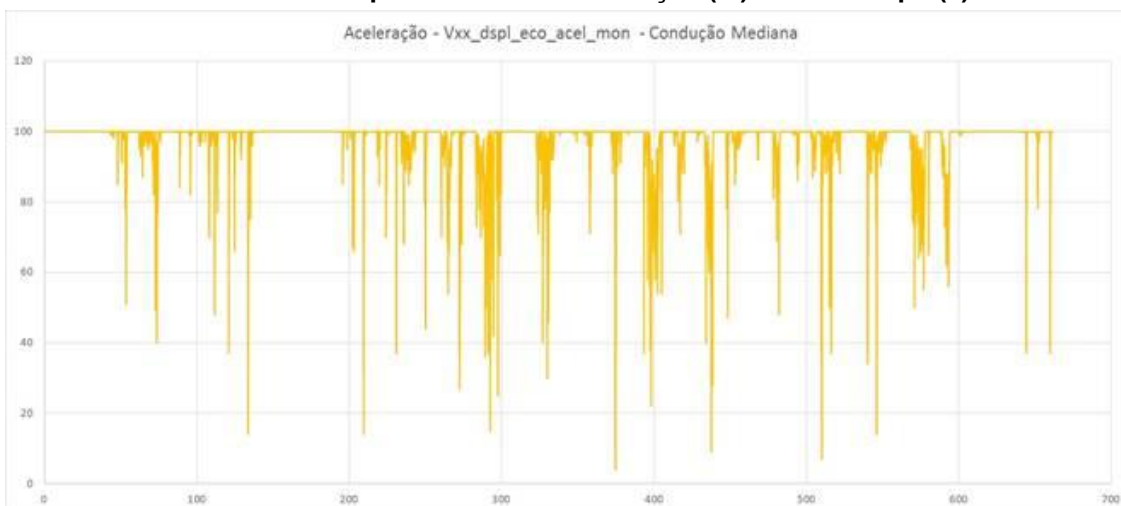
Fonte: Autoria própria.

4.2 CONDUÇÃO NORMAL

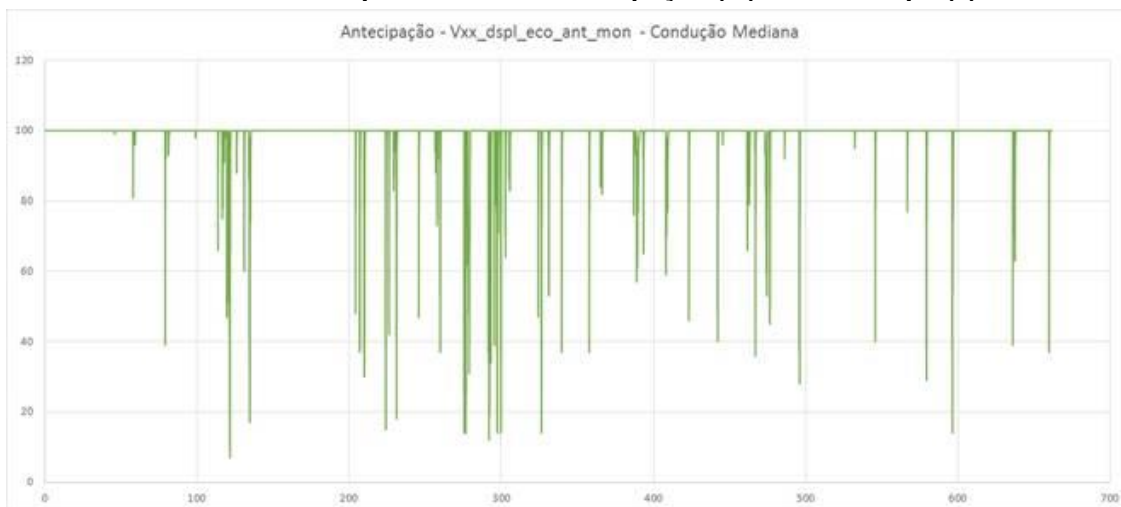
Para os pontos coletados durante essa trajetória, a nota global, $V_{xx_dspl_eco_mon}$, no Gráfico 4, apresentou maior variação quando comparada ainda com o Gráfico 1, já com amplitudes consideráveis de deméritos. Nos pontos coletados para a nota de aceleração, $V_{xx_dspl_eco_acel_mon}$, apresentada no Gráfico 5, houve um aumento perceptível nas variações devido a intensidade da pressão aplicada no pedal do acelerador, com a detecção de mais momentos de muita pressão no pedal. Na nota de antecipação, $V_{xx_dspl_eco_ant_mon}$, Gráfico 6, surgem mais pontos onde o comportamento do condutor acrescentou deméritos, devido a variações buscas entre aceleração e frenagem, entre outras condições.

Gráfico 4 - Comportamento da nota global (%) versus tempo (s)

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 5 - Comportamento da aceleração (%) versus tempo (s)

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 6 - Comportamento da antecipação (%) versus tempo (s)

Fonte: Autoria própria.

Para a condução de forma “normal” a pontuação no *Eco-Score* atingida foi de 50/100, conforme apresentado na Figura 23, estando dentro da pontuação esperada para esse modo de condução.

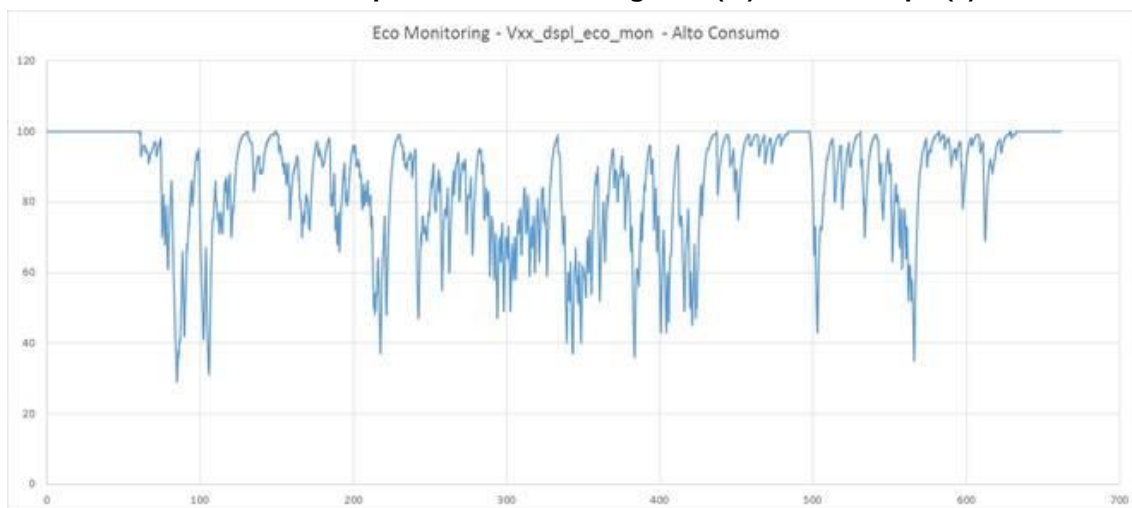
Figura 23 - Resultado do Eco-Score após condução “normal”



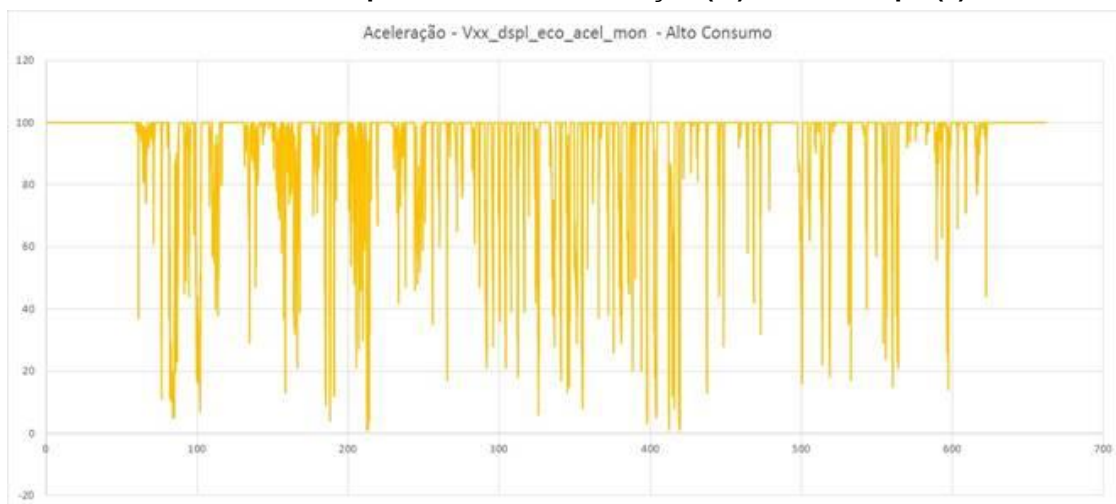
Fonte: Autoria própria.

4.3 CONDUÇÃO AGRESSIVA

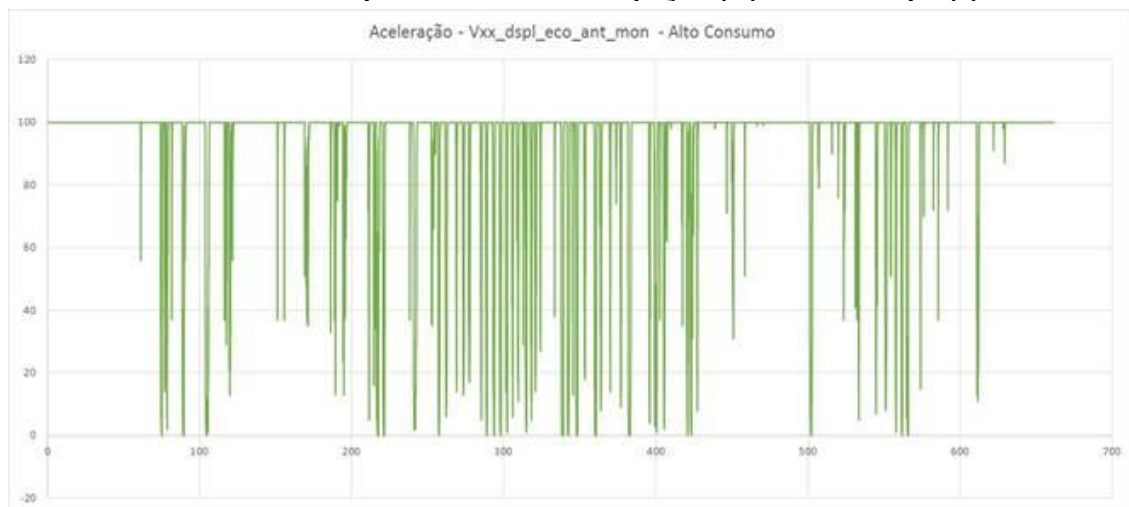
Durante essa trajetória, os pontos coletados para a nota global, $V_{xx_dspI_eco_mon}$, no Gráfico 7, se apresentaram de forma instável e com grandes variações, principalmente quando comparada ainda com os Gráficos 1 e 4. Nos pontos coletados para a nota de aceleração, $V_{xx_dspI_eco_acel_mon}$, apresentada no Gráfico 8, houve grandes intensidades e picos de pressão aplicada no pedal do acelerador de forma contínua, comportamento que condiz que com nota global abaixo da média. Na nota de antecipação, $V_{xx_dspI_eco_ant_mon}$, Gráfico 9, também surgem muitos pontos onde o comportamento do condutor acrescentou deméritos, devido as intensas variações bruscas entre aceleração e frenagem, que, entre outras condições, não favoreceram condução de forma econômica e ecológica.

Gráfico 7 - Comportamento da nota global (%) versus tempo (s)

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 8 - Comportamento da aceleração (%) versus tempo (s)

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 9 - Comportamento da antecipação (%) versus tempo (s)

Fonte: Autoria própria.

Para a condução de forma “severa” a pontuação no *Eco-Score* atingida foi de 35/100, conforme apresentado na Figura 24, estando dentro da pontuação esperada para esse modo de condução.

Figura 24 - Resultado do Eco-Score após condução “agressiva”



Fonte: Autoria própria.

Mesmo o ensaio não sendo realizado nas condições ideais, verificou-se a coerência entre o modo de condução e o *Eco-Score*, comprovando a eficácia desse recurso no auxílio aos motoristas que buscam essa ferramenta para aumentar sua performance para uma condução econômica ou apenas como um registro de trajetórias.

5 CONCLUSÃO

O estilo de direção ECO deu início à um novo conceito de modo de condução e é de grande interesse para todas as partes envolvidas, sejam os motoristas, o governo ou as montadoras.

Os motoristas podem diminuir os efeitos negativos ao meio ambiente e economizar no consumo de combustível ao dirigir em Eco Mode e seguirem orientações através do *Eco-Score* e *coaching*.

Durante a condução desse estudo identificou-se as ECUs envolvidas e seus impactos durante o modo de condução ECO. Também foram apresentadas as variáveis que impactam na pontuação do *Eco-Score*. Foi comprovado que essa ferramenta contribui de forma positiva para orientação do motorista, visto que há a coerência entre o modo de condução e a pontuação apresentada na central multimídia.

Um dos principais objetivos do Rota 2030 está relacionado à sustentabilidade. Através desse programa, o governo passa a incentivar a inovação no país, atraindo mais investimentos para desenvolvimento de tecnologias locais, gerando empregos e incentivando as atividades de Planejamento e Desenvolvimento.

As montadoras se beneficiam ao serem incentivadas pelo governo, através de reduções de impostos, entre outros benefícios, a desenvolverem novas tecnologias, patentes e produtos modernos e que atendem as demandas dos consumidores, cada vez mais exigentes. Isso as torna mais competitivas em um mercado em constante evolução.

Com a contribuição de todas as partes, é possível que haja a exploração mais consciente e eficiente dos recursos disponíveis, priorizando os que se preocupam em contribuir positivamente com as questões ambientais.

REFERÊNCIAS

ABALA, Arnaud. **Eco-monitoring for ICE vehicle and eco-scoring calculation**. Renault, 2014.

DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

DURGAN, Jair. **Design IP for automotive SoCs: Trends and solutions**. Copyright© 1984-2019 Silvaco, Inc., publicado em: 19 abr. 2019. Disponível em: <<https://www.silvaco.com/blogs/categories/sipware/auto-trends-solutions-april-2019.html>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

ESTADÃO. **Novo Lexus muda de humor por botão**. Copyright© 2007-2018 Grupo Estado. Jornal O Estado de S. Paulo (Estadão), Jornal do Carro, publicado em: 09 set. 2010. Disponível em: <<https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/novo-lexus-muda-de-humor-por-botao/>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

ETAS. **INCA base product**. Copyright© ETAS 2018. Disponível em: <<https://www.etas.com/en/products/inca.php>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

FERREIRA, Eduardo Henrique Corrêa. **Automação residencial utilizando protocolo CAN**. 2009. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Curso de Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/28.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2018.

GUIMARÃES, Alexandre de Almeida. **Análise da norma ISO 11783 e sua utilização na implementação do barramento do implemento de um monitor de semeadora**. 2003. 98 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-13082008-161944/pt-br.php>>. Acesso em: 30 out. 2018.

GUIMARÃES, Alexandre de Almeida. **Eletrônica embarcada automotiva**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2007.

MACHADO, António Sérgio Leite; OLIVEIRA, Bruno Rafael Resende. **O sistema OBD (On-Board Diagnosis)**. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Mestrado em Automação e Sistemas, 2012. Disponível em: <http://ave.dee.isep.ipp.pt/~mjf/act_lect/SIAUT/Trabalhos%202007-08/Trabalhos/SIAUT_OBD.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

MONNOYE, Olivier. **System operations Dossier ECO-MODE**. Oliver Monnoye, Engenheiro de Sistemas da Renault, 2017.

NISSAN. **Eco mode**: Technology functionality. Copyright© Nissan Motor Co., Ltd. 2018. Disponível em: <https://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/eco_m.html>. Acesso em: 20 out. 2018.

OLIVEIRA, Leonardo Preseto. **Uma abordagem interativa para auxiliar no diagnóstico automotivo**. 2017. 134 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/3133/1/CT_PPGCA_M_Oliveira%20C%20Leonardo%20Preseto%20de_2017.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.

PAULA, Caésio de Souza; GONÇALVES, Márcio Augusto; COSCARELLI, Bruno Vidigal. **O perfil de publicações sobre sustentabilidade nos eventos da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Administração**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XV SIMPEP (de 10 a 12 de novembro de 2008), Bauru, 2008.

PORTER, Michel E.; LINDE, Class van der. **Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship**. The Journal of Economic Perspectives, v. 9, n. 4, 1995. p. 97-118. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2138392?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 25 nov. 2018.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. **Histórico ambiental: Desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento**. Estudos Avançados, v. 31, n. 89, 2017. p. 271-283. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v31n89/0103-4014-ea-31-89-0271.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

ROHRICH, Sandra Simm; CUNHA, João Carlos da. **A proposição de uma taxonomia para análise da gestão ambiental no Brasil**. Rev. Administração Contemporânea [online], v. 8, n. 4, 2004, p. 81-97. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v8n4/v8n4a05.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

STARON, Miroslav. **Automotive software architectures**: An introduction. 1. ed. Springer, 2017.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 4. ed. São Paulo: Campus Elsevier, 2003.