



SENAI CIMATEC

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM

COMPUTACIONAL E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

Tese de doutorado

**DESENVOLVIMENTO DE UM SCANNER
EDUCACIONAL PARA SIMULAÇÃO DE FALHAS E
TREINAMENTO DE PROFISSIONAIS DA ÁREA
AUTOMOTIVA**

Apresentada por: **Júlio César Chaves Câmara**

Orientadora: **Profa. Dra. Valéria Loureiro**

Co-Orientadora: **Profa. Dra. Lilian Lefol Nani Guarieiro**

Dezembro de 2016

Júlio César Chaves Câmara

DESENVOLVIMENTO DE UM SCANNER EDUCACIONAL PARA SIMULAÇÃO DE FALHAS E TREINAMENTO DE PROFISSIONAIS DA ÁREA AUTOMOTIVA

Tese de doutorado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Curso de Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do Título de **Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

Área do conhecimento: Interdisciplinar

Orientadora: Profa. Dra. Valéria Loureiro
SENAI CIMATEC

Co-Orientadora: Profa. Dra. Lilian Lefol Nani Guarieiro
SENAI CIMATEC

Salvador
SENAI CIMATEC
Ano 2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

C172d Câmara, Júlio César Chaves

Desenvolvimento de um scanner educacional para simulação de falhas e treinamento de profissionais da área automotiva / Júlio César Chaves Câmara. – Salvador, 2016.

128 f.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Valéria Loureiro da Silva.
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Lilian Lefol Nani Guarieiro.

Tese (Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2016.

Inclui referências.

1. Scanner automotivo. 2. Treinamento automotivo. 3. Eletroeletrônica automotiva. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Silva, Valéria Loureiro da. III. Guarieiro, Lilian Lefol Nani. IV. Título.

CDD: 629.1

Nota sobre o estilo do PPGMCTI

Esta Tese de doutorado foi elaborada considerando as normas de estilo (i.e. estéticas e estruturais) propostas aprovadas pelo colegiado do Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial e estão disponíveis em formato eletrônico (download na Página Web <http://ead.fieb.org.br/portal/faculdades/dissertacoes-e-teses-mcti.html> ou solicitação via e-mail a secretaria do programa) e em formato impresso somente para consulta.

Ressalta-se que o formato proposto considera diversos itens das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entretanto opta-se, em alguns aspectos, seguir um estilo próprio elaborado e amadurecido pelos professores do programa de pós-graduação supracitado.

Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, leu e aprovou a Tese de doutorado, intitulada "**Desenvolvimento de um software scanner educacional para aplicação na área automotiva**", apresentada no dia 13 de dezembro de 2016, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial.

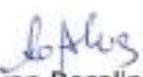
Orientadora:


Prof.^a Dr.^a Valéria Loureiro da Silva
SENAI CIMATEC

Coorientadora:


Prof.^a Dr.^a Lilian Lefol Nani Guarieiro
SENAI CIMATEC

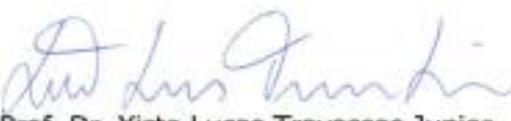
Membro Interno:


Prof.^a Dr.^a Lynn Rosalina Gama Alves
SENAI CIMATEC

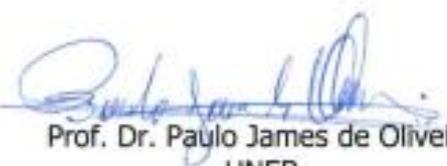
Membro Interno:


Prof. Dr. Roberto Luiz Souza Montelero
SENAI CIMATEC

Membro Externo:


Prof. Dr. Xisto Lucas Travassos Junior
UFSC

Membro Externo:


Prof. Dr. Paulo James de Oliveira
UNEB

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”
Cora Coralina

Agradecimentos

Após alguns anos de dedicação e esforço, é justo aqui agradecer aos que estiveram nessa etapa de minha carreira acadêmica, direta ou indiretamente, me ajudando.

Inicialmente à minha família, pelo incentivo e paciência nessa longa jornada. Minha esposa Juliana em especial, pelo importante e insistente apoio. A meu irmão Luis Gabriel, por fins de semana dispendidos me ajudando a desenvolver testes na garagem com as interfaces e os veículos.

Gostaria de agradecer ao SENAI CIMATEC pelo apoio e estrutura, em especial à equipe da área automotiva, através dos quais obtive colaboração no desenvolvimento dos testes e entrevistas.

Agradeço também ao estagiário, hoje engenheiro da Marinha, Tadeu Cerqueira, pela especial ajuda nos testes iniciais de comunicação e estruturação do algoritmo.

Aos orientadores Valéria e Lillian meu apreço pela ajuda e sempre disposição. Também cito Lucas Travassos, pela orientação inicial do trabalho e pela interessante metodologia de organização de referências, que muito me ajudou no desenvolvimento do trabalho.

Não posso deixar de lembrar de Jorge Cordeiro, com sua sempre disposição, apoiando na identificação de profissionais do mercado para serem entrevistados. Bem como aos próprios entrevistados, que cederam parte de seus atarefados dias para me atender.

Salvador, Brasil
13 de dezembro de 2016

Júlio César Chaves Câmara

Resumo

Nos últimos anos o foco do desenvolvimento dos veículos automotivos tem sido direcionado para diversas tecnologias embarcadas. Dentre estas se pode destacar os sistemas eletroeletrônicos embarcados que tem demandado por sua vez mudanças nas tecnologias de treinamento e disponibilização de informações. Simples manuais técnicos impressos e ferramentas manuais passam a ser substituídos pelo uso de ferramentas computacionais de diagnóstico e acesso a parâmetros de funcionamento, como os *scanners* automotivos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um novo modelo de *scanner* com foco educacional para ser aplicado em treinamentos práticos de sistemas eletroeletrônicos embarcados. Para tanto, foram realizadas inicialmente uma prospecção de informações por meio de entrevistas, verificando as estratégias de ensino aprendizagem utilizadas pelos docentes, bem como os requisitos ideais de um *scanner* para uso em simulações de falhas de sistemas eletroeletrônicos embarcados. Os resultados apontaram para a necessidade de desenvolver uma nova ferramenta computacional, capaz de simular falhas sem alterar fisicamente o veículo, garantindo maior produtividade e segurança às aulas. O *software* desenvolvido finalmente foi testado e validado pelos docentes entrevistados. O escopo dessa pesquisa é multidisciplinar, uma vez que envolve conceitos de engenharia automotiva, desenvolvimento de *software*, eletrônica embarcada e educação.

Palavras-chave: *Scanner* Automotivo, Treinamento Automotivo, Eletroeletrônica Automotiva

Abstract

In the last years, the focus of Automotive Vehicles Development has been directed at several embedded technologies. Among these, we can highlight the embedded electronics systems, which has demanded changes in the technologies related to training and information access. Simple printed technical books and hand tools began to be replaced by computational tools for diagnostic and access to operational parameters such as automotive *scanners*. In this context, the aim of this study was to develop a new *scanner* model with educational focus to be used in electronics embedded systems practical training. For that, interview with professional instructors were carried on to identify the teaching and learning strategies used as well as the the requirements for an ideal educanional scanner for the use in simulation of faults in automotive embedded electronics systems. The results pointed out the need to develop a new computational tool, able to simulate failures without physical changes in the vehicle, ensuring greater productivity and safety in the classroom. Finally, the developed *software* tool was tested and validated by those interviewed teachers. The scope of this research is multidisciplinary, since it involves concepts of automotive engineering, software development, embedded electronics and education.

Keywords: Automotive *Scanner*, Automotive Training, automotive embedded electronic systems

Sumário

Sumário

Introdução.....	1
1.1 Definição do problema	3
1.2 Objetivo.....	5
1.3 Importância da pesquisa	5
1.4 Motivação	6
1.5 Limites e limitações	7
1.6 Questões e hipóteses	7
1.7 Organização da Tese de doutorado.....	8
Revisão da literatura	10
2.1 Evolução da Tecnologia Automotiva	10
2.1.1 Composição do Sistema Eletroeletrônico	10
2.1.2 Desenvolvimento das Redes Automotivas	14
2.1.3 Padronização de um protocolo de comunicação.....	16
2.1.4 Aplicações da comunicação através do protocolo OBD	17
2.1.5 Leitura de dados via protocolo OBD	18
2.2 Treinamento em Tecnologia Automotiva	20
2.2.1 Evolução dos meios de treinamento e acesso a informações	20
2.2.2 Exigências das novas tecnologias.....	21
2.2.3 Ferramentas computacionais para uso em diagnóstico automotivo	22
2.2.4 Treinamento automotivo com uso de ferramentas computacionais	24
2.3 Mapeamento de prospecção tecnológica	25
Metodologia.....	32
3.1 Levantamento de dados científicos através de pesquisas.....	33
3.2 Identificação das ferramentas utilizadas nas atividades de ensino	34
3.3 Atributos de operação e funcionalidade dos scanners.....	35
3.4 Desenvolvimento do software scanner educacional	35
3.5 Validação do software scanner educacional	36
3.5.1 Validação do software e das interfaces.....	36
3.5.1.1 Teste de instalação e configuração	36
3.5.1.2 Teste de Integridade e segurança	36
3.5.1.3 Teste de carga e stress	37
3.5.1.4 Teste de estabilidade	37
3.5.2 Testes funcionais e de usabilidade.....	38
3.5.2.1 Teste de conexão	38
3.5.2.2 Teste de identificação do veículo	40
3.5.2.3 Teste de leitura de parâmetros.....	40
3.5.2.4 Teste do perfil docente	41
3.5.2.5 Simulação de bateria com carga baixa	41

Sumário

3.5.2.6	Simulação de erro no sensor de temperatura do motor	41
3.5.2.7	Modificação de parâmetro que implicaria em riscos de segurança ..	42
3.5.2.8	Capacidade de captar erros.....	42
3.5.3	Validação com os docentes.....	42
3.6	Entrevistas com docentes de montadoras e importadoras	43
Resultados e discussões		45
4.1	Ferramentas utilizadas nas atividades de ensino	45
4.2	Pré-requisitos do software scanner educacional apontados nas entrevistas ..	46
4.2.1	Tipo de Comunicação com o veículo	47
4.2.2	Plataforma e linguagem.....	49
4.2.3	Perfis de uso do programa.....	49
4.2.4	Modificação dos dados lidos via OBD	49
4.2.5	Leitura dos dados	50
4.2.6	Acesso ao VIN do veículo de teste	50
4.2.7	Possibilidade de inserção de novos parâmetros	51
4.3	Desenvolvimento do software proposto.....	52
4.3.1	Atores	52
4.3.2	Especificação de requisitos	52
4.3.2.1	Requisitos Funcionais	53
4.3.2.2	Requisitos não funcionais	53
4.3.2.3	Requisitos de Interface.....	53
4.3.3	Diagramas de caso de uso.....	55
4.3.4	Diagrama de Classes.....	58
4.3.5	Diagramas de Sequência	59
4.3.6	Diagramas de Atividades	60
4.3.6.1	Escolha do Perfil	60
4.3.6.2	Perfil do Professor.....	60
4.3.6.3	Ajuste de parâmetros	61
4.3.6.4	Alterar Senha	61
4.3.6.5	Diagnóstico de Falhas	62
4.3.6.6	Adicionar novo Parâmetro	63
4.3.7	Resumo da operação do software	63
4.3.8	Interação do software com o veículo	64
4.3.8.1	Solicitação e leitura de parâmetros	66
4.3.9	Telas e Interface gráfica do modelo	68
4.3.9.1	Perfis de uso do programa.....	68
4.3.9.2	Ajustes dos parâmetros	68
4.3.9.3	Leitura dos dados.....	69
4.3.9.4	Inserção de novos parâmetros.....	70
4.4	Validação do modelo proposto	70
4.4.1	Teste de Conexão e compatibilidade	72
4.4.2	Teste de identificação do veículo	72
4.4.3	Teste de Leitura de parâmetros	73
4.4.4	Testes do perfil do docente	75

Sumário

4.4.4.1	Simulação de bateria com carga baixa	75
4.4.4.2	Simulação de erro no sensor de temperatura do motor	76
4.4.4.3	Modificação de parâmetro que implicaria riscos de segurança	77
4.4.4.4	Inserção de erros.....	78
4.4.5	Abrangência de simulações possíveis.....	79
4.4.6	Avaliação do scanner educacional pelos docentes	80
4.4.7	Simulações em veículos didáticos reais.....	80
4.4.8	Avaliação do software Scanner automotivo educacional por docentes de montadoras e importadoras de veículos	82
Conclusões.....		88
5.1	Contribuições.....	89
5.2	Oportunidades para pesquisas e desenvolvimentos futuros	90
5.3	Divulgação da pesquisa	91
Referências		93
Bibliografia.....		99
Apêndice A – Dados das pesquisas.....		100
A.1	Roteiro para pesquisa orientada.....	100
A.2	Questionário para docentes de montadoras e importadoras	102
Apêndice B – Recursos Utilizados.....		105
B.1	Recursos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa	105
Apêndice C – Manual do Usuário		106
C.1	Manual do usuário do software Scanner automotivo educacional.....	106
C.1.1	Hardware necessário.....	106
C.1.2	Instalação	106
C.1.3	Utilização do software.....	107
C.1.3.1	Perfis de Usuário.....	107
C.1.3.2	Leitura de parâmetros.....	108
C.1.3.3	Seleção e modificação de parâmetros.....	109
C.1.4	Problemas, erros e soluções	110
Apêndice D – Termos de livre consentimento		112

Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 2.1. Exemplos de Sensores e atuadores acessados pelo sistema OBD	18
Quadro 2.2 – <i>Scanners</i> proprietários e funcionalidades	25
Quadro 2.3 – <i>Scanners</i> universais	26
Quadro 2.3 – aplicativos <i>Scanners</i>	27
Quadro 4.1 – Estratificação das impressões dos docentes sobre as atividades práticas.....	45
Quadro 4.2 – Simulações de falhas elencadas pelos docentes em entrevistas	46
Quadro 4.3 – Limitações da ferramenta <i>scanner</i> e sugestões de melhoria	46
Quadro 4.4 – Requisitos com base nas respostas dos docentes	47
Quadro 4.5 – Matriz de decisão para tipo de interface OBD utilizada.....	48
Quadro 4.7 - Especificação de Caso de Uso para o perfil do aluno. Fonte: Autor.....	57
Quadro 4.8 – Comparativo de medição entre scanner educacional e tradicional	75
Quadro 4.9 - Falhas em motores e suas simulações.....	79
Tabela 4.1 – Tempo de preparação para simulação de falha sensor de temperatura do motor ..	81
Quadro 4.10 – Perfil dos profissionais de concessionárias e importadoras entrevistados.....	82
Quadro 4.11 – Estratificação das impressões dos docentes de concessionárias e importadoras.	83
Quadro 4.12 – Sensores ou falhas simuladas com o uso do <i>scanner</i> tradicional	84
Quadro 4.13 – Impressões dos docentes de concessionárias e importadoras sobre o uso e eficácia da ferramenta proposta para fins didáticos	85
Quadro 4.14 – Comparativo de <i>scanner</i> automotivos	87

Lista de Siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABS (*Antiblockier-Bremssystem*) – Sistema de Freios anti bloqueante

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

CAN (*Controller Area Network*) – protocolo de comunicação em rede automotiva

CESVI - Centro de Experimentação e Segurança Viária

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito

OBD (*On Board Diagnosis*) – Diagnóstico de bordo

OICA (*Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*) – Organização Internacional dos Construtores de Automóveis

ECM (*Electronic Control Module*) – Módulo de Controle Eletrônico

ECT (*Engine Cooling Temperature*) – Temperatura do Motor

GPS (*Global Positioning System*) – Sistema de Posicionamento Global

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial

ISO (*International Organization for Standardization*) - Organização Internacional de Normalização

NBR – Norma Brasileira

PC (*Personal Computer*) – Computador Pessoal

PId (*Parameter Id*) – Parâmetro de Identificação OBD

SAE (*Society of Automotive Engineers*) – Sociedade dos Engenheiros Automotivos

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

VIN (*Vehicle Identification Number*) – Número de Identificação Veicular

Lista de Figuras

Figura 2.1: Veículo com centrais eletrônicas distribuídas e conectadas via rede.....	15
Fig. 2.2 – Aspecto da porta OBD	17
Figura 2.3 - Aspecto da interface veículo – <i>software</i> – usuário.	19
Figura 2.4: Linha do tempo da evolução do acesso a informações automotivas.	21
Figura 2.5 – Tela do aplicativo Simulador de Micrômetro	28
Figura 2.6 - Tela do <i>iCircuit</i> , simulador de circuitos e medições.....	28
Figura 2.7 – Tela do aplicativo <i>Oscilloscope Simulator</i>	29
Figura 2.8 - Tela do aplicativo Autosim.	29
Figura 2.9 – Telas do aplicativo OBD-2 <i>Scanner Simulator Trainer</i>	30
Figura 2.10 – Tela do aplicativo <i>OBD2 Guide Diagnostic Training Software</i>	30
Figura 3.1 – Fluxograma com etapas e métodos da pesquisa	32
Figura 3.2 – Interface <i>WiFi</i> OBD conectada ao veículo de tester	38
Figura 3.3 – <i>Notebook</i> com <i>software scanner</i> educacional conectado ao veículo de teste.....	39
Figura 3.4 – Numeração VIN em baixo relevo do Chevrolet Onix testado	40
Figura 4.1 – Conectores e cabos danificados durante simulações de falhas e	50
Figura 4.2 – Exemplo de composição do VIN (<i>Vehicle Identification Number</i>).....	51
Figura 4.3 – Fluxo de telas do perfil do aluno.....	54
Figura 4.4 – Fluxo de telas do perfil do docente.	55
Figura 4.5 – Diagrama Caso de Uso do <i>Scanner</i> no perfil do professor.	55
Figura 4.6 – Diagrama Caso de uso do <i>Scanner</i> no perfil do aluno.	57
Figura 4.7 – Diagrama de Classe do <i>software Scanner</i> Educacional Proposto.....	58
Figura 4.8 – Diagrama de sequência caso de Uso do perfil do Professor.	59
Figura 4.9 - Diagrama de sequência caso de Uso do perfil do Aluno.....	59
Figura 4.10 – Diagrama de atividade Escolha do perfil	60
Figura 4.11 – Atividade Perfil do Professor.....	61
Figura 4.12 – Atividade Ajuste de parâmetros.....	61
Figura 4.13 – Diagrama de atividade Alterar Senha.	62
Figura 4.14 – Diagrama de Atividade Diagnóstico de Falhas	62
Figura 4.15 – Atividade Adicionar Novo Parâmetro	63
Figura 4.16 - Fluxograma com principais atividades do <i>scanner</i> educacional..	64
Figura 4.17 – Aspecto do funcionamento do modelo.....	65
Fig. 4.18 – Fluxo de troca de informações com Socket	65
Figura 4.19 – Diagrama de bloco micro controlador	66
Fig. 4.20 – Fluxo sintetizado de leitura de um parâmetro exemplo	67
Figura 4.21 – Tela de escolha de perfil de acesso.....	68
Figura 4.22 – Exemplo de tela de ajuste de parâmetros, restrita ao docente.....	69
Figura 4.23 – Exemplo de tela de leitura de dados selecionados.....	69
Figura 4.24 – Tela de inserção de novo parâmetro.....	70
Figura 4.28 – Parâmetros Temperatura do motor e Tensão da Bateria sendo comparados.....	73
Figura 4.29 – Tensão da bateria medida diretamente na bateria com o uso de um multímetro.74	
Figura 4.30 – Inserção de taxa negativa no parâmetro “Tensão da bateria”	75
Figura 4.31 – Parâmetro “Tensão da bateria”	76
Figura 4.32 – Inserção de taxa positiva ao valor de temperatura do motor	76
Figura 4.33 – Temperatura do motor superior à real para a simulação	77
Figura 4.34 – Inserção de valor fixo para velocidade do veículo	77
Figura 4.35 – Perfil do aluno mostrando veículo a 100 km/h	78
Figura 4.36 – Falha no injetor captada pelo <i>scanner</i> educacional	78
Tabela 4.1 – Tempo de preparação para simulação de falha no sensor de temperatura	81
Figura 5.1 – Certificado de artigo apresentado em Workshop.....	91
Figura 5.2 – Registro do <i>Software</i> junto ao INPI	92

Introdução

O mercado mundial de automóveis vem vivenciado até o desenvolvimento desse trabalho um crescimento constante na demanda e oferta de novos modelos. Os volumes de produção, mesmo com as recentes crises de 2008 e 2012, têm sido incrementados notadamente em países emergentes, como Brasil, China e Rússia (OICA, 2015). Obstante a queda de 22% na produção anual com a crise na indústria, o Brasil é importante ator nesse segmento, com uma produção de mais de 2,4 milhões de unidades anuais com um crescimento médio anual entre 2 e 4 pontos percentuais nos últimos 10 anos (ANFAVEA, 2016). Além dos fabricantes de automóveis, uma significativa indústria de veículos comerciais e agrícolas garante ao Brasil uma cadeia automotiva atuante, proporcionando grandes investimentos e geração de impostos, além dos postos de empregos gerados.

Um dos aspectos mais relevantes da indústria automotiva mundial é o rápido desenvolvimento tecnológico dos veículos, com o contínuo surgimento e aprimoramento de tecnologias nas mais diversas áreas do conhecimento (SANTOS, 2010). A contínua busca por uma diferenciação em um ambiente de alta competitividade fomentou um grande investimento em itens de conforto, segurança, redução de emissões e economia de combustível. Nesse aspecto, as inovações em eletrônica embarcada são bastante nítidas. Segundo Santos (2004) a indústria automotiva, que tradicionalmente incorporava novas funcionalidades nos veículos através de sistemas mecânicos, teve essa tendência modificada nas últimas décadas, através da inserção de novos sistemas eletrônicos embarcados.

O uso de computadores e *softwares* embarcados, antes restritos a poucos sistemas de conforto e conveniência de modelos mais sofisticados, se tornou equipamento de série em modelos populares (LEEN, HEFFERNAN, DUNNE, 1999). Este desenvolvimento, por outro lado, determinou um notável aumento na complexidade do sistema e, conseqüentemente, uma maior dificuldade no diagnóstico de falhas (MARQUES, FRANCO, 2004; JIE, 2010).

Nesse cenário, houve um significativo incremento no nível de exigência dos profissionais de manutenção automotiva, acompanhando o incremento tecnológico dos automóveis. A constante atualização tecnológica de ferramentas, literaturas e apresentação de conteúdos em diferentes formatos, passou a exigir profissionais com múltiplas competências (FERREIRA, 2016). A profissão do antigo mecânico foi afetada, com a transformação da mesma em um profissional com necessidade de domínio de maior número de competências. O “aprender fazendo” e a transmissão do ofício de pai para filho, tornou-se não só obsoleta, como inviável, diante das tecnologias envolvidas em um veículo, bem como da variedade de marcas e modelos presentes no mercado (BARBER, 2004). A evolução tecnológica tornou-se desafio

aos profissionais de reparação do mundo inteiro, incluindo os mais de 680.000 profissionais que atuam no setor no Brasil, segundo dados do GMA – Grupo de Manutenção Automotivo do Portal O Mecânico (2015).

Sistemas OBD (*On Board Diagnostics* ou Diagnóstico de bordo) foram criados para monitorar os vários sistemas eletrônicos de controle, bem como seus sensores e atuadores (MARQUES,FRANCO, 2004), e auxiliar a identificação de falhas nos mesmos (JIE, 2010). Técnicos de manutenção automotiva passaram a utilizar ferramentas computacionais, denominadas de *scanners*, para acessar o sistema OBD por meio de um protocolo de comunicação padronizado (SAE, 2006) e obter informações sobre essas falhas (JIE, 2010). A versatilidade do protocolo possibilita diversas aplicações como, por exemplo, o acesso dessas informações pelos computadores de bordo do próprio veículo, por meio de informações básicas no painel de instrumentos; configurações dos acessórios que equipam o veículo no fim de linha de produção; monitoramento das condições de uso do veículo, para estabelecer prazos de manutenção; e acesso remoto dos dados por meio de interface LAN (LEE,KIM,JEON, 2014) e (PARK,LEE, 2012); por computadores pessoais (JIE, 2010) ou dispositivos móveis (NIAZI et. al., 2013;TAHAT,JAOUNI, 2012) e (PARK,LEE, 2012).

Para o correto desempenho de suas atividades, no entanto, não é suficiente ao técnico apenas compreender o *software* de conexão com o veículo. É imprescindível que o mesmo domine as peças do sistema, assim como a interação entre elas, além de possuir conhecimento de como utilizar a ferramenta *scanner* para obter as informações do sistema OBD. Em vista da complexidade do diagnóstico, alguns autores propuseram métodos automáticos de identificação de algumas falhas, como por exemplo, os reportados por Luo et. al. (2010), Namburu et. al. (2006), Vong e Wong (2014) e Chougule, Rajpathak e Bandyopadhyay (2011). Trata-se de uma área ainda em estudo, não sendo possível substituir o técnico mecânico nas ações de reparação, que necessitam de uma base de conhecimento cada vez mais diversa.

Como forma de aumentar a produtividade e confiabilidade de atividades de manutenção automotiva, alguns autores investigaram o uso de realidade aumentada para treinamento desses profissionais (MALVEZZI,DE CAMPOS,NETO, 2009); (BORSCI,LAWSON,BROOME, 2015). No entanto, realidade aumentada ainda é uma tecnologia nova e de adoção incipiente e seu sucesso limitado (BORSCI,LAWSON,BROOME, 2015).

A aplicação do aprendizado baseado na solução de problemas é bastante efetiva no treinamento de tecnologias automotivas (ERSOY,KUÇUK, 2010); (EMADI,JACOBIOUS, 2004; MALVEZZI,DE CAMPOS,NETO, 2009). O método se baseia na proposição de um problema para ser solucionado por uma equipe de estudantes, por meio de dados coletados, observação e consulta à manuais técnicos. No treinamento de profissionais de manutenção, os professores inserem peças defeituosas em um automóvel e usam o *scanner* para leitura do sistema OBD

durante a aula. Esta abordagem limita o número de falhas que podem ser simuladas com segurança e consome um tempo significativo do instrutor na preparação da aula.

O *scanner* de diagnóstico é um equipamento bastante utilizado para identificação de falhas pelos técnicos de reparação e tem sido utilizado também com fins didáticos. Diversos modelos de *scanners* estão disponíveis no mercado, além de diversas patentes de modelos que ainda não chegaram ao mercado. Em comum, os modelos buscam acessar informações dos sistemas eletroeletrônicos dos automóveis, expondo-os em uma tela do próprio aparelho ou na tela de um computador (com um *software scanner* instalado). Conforme posteriormente descrito no item 2.3, não foi identificado, durante a pesquisa de patentes, nenhum modelo de *scanner* que tivesse sido desenvolvido especificamente para fins didáticos.

Ferramentas de simulação de falha para serem utilizadas em aulas práticas são inexistentes ou bastante limitadas. Dessa forma, a melhoria das ferramentas atuais, permitindo a introdução de simulações nas aulas práticas, pode ser um interessante vetor para melhoria da qualidade das aulas práticas em sistemas eletroeletrônicos embarcados.

1.1 Definição do problema

De uma forma geral, pode-se dizer que o mundo automotivo é subdividido em macro processos que, apesar de interagirem entre si, muitas vezes são desenvolvidos por setores diferentes da mesma empresa, por vezes, por empresas diferentes. O papel de cada processo pode ser definido como Clark e Fujimoto (1991) e Rocha (2009):

- **Desenvolvimento:** setor responsável pela criação do automóvel e de todos os seus sistemas, subsistemas e componentes. O projeto é desenvolvido tendo por bases requisitos específicos que englobam anseios dos clientes, dos acionistas da empresa e requisitos legais. Modelos virtuais são criados para simulações e posterior desenvolvimento de testes físicos com sistemas e protótipos;
- **Fabricação:** é responsável por fabricar o produto a partir dos projetos gerados, mantendo o volume, qualidade e custos de acordo com os estabelecidos pela empresa (CARDOSO, 2000);
- **Venda:** responsável por administrar a logística de entrega, marketing, promoções e políticas de preços, bem como administrar a rede de distribuidores;
- **Pós-venda:** deve prover os recursos técnicos e humanos para a manutenção do produto operacional durante sua vida útil. Esse setor transcende os domínios da empresa que projetou o produto, sendo composto por um vasto mercado de empresas, profissionais autônomos e por vezes o próprio cliente consumidor. Abrange esse setor desde os distribuidores autorizados que fazem serviço de

manutenção até pessoas que o fazem por conta própria, por necessidades logísticas, de custo ou por hobby. Um pós venda com excelente qualidade técnica, pode aumentar as vendas em até 30 pontos percentuais após os primeiros anos em que um produto é lançado no mercado (BORCHARDT,SELLITTO, 1998).

Mesmo se forem considerados estanques, cada macro processo demanda profissionais devidamente treinados com relação às novas tecnologias automotivas que vem sendo embarcadas (ABDI, 2009). Podem-se destacar os seguintes profissionais: o projetista para compreender as complexas interações entre os sistemas automotivos e suas implicações nos itens que desenvolve; o operador de manufatura, para compreender as etapas do processo produtivo; o vendedor de carros, que necessita conhecer as características de seus produtos e os da concorrência para realizar uma boa venda e o técnico, que para realizar manutenção necessita conhecer cada detalhe técnico do veículo (CARDOSO, 2000). Em qualquer dos processos a rápida incorporação de novas tecnologias é item marcante, em especial nos países emergentes, que representam a última fronteira em termos de mercado automobilístico (ABDI, 2009).

Nesse sentido, o desenvolvimento de competências tem experimentado evolução, em especial nas décadas de 2000 e 2010. A exigência de conhecimentos em bases tecnológicas específicas, como eletrônica e uso de *softwares* de comunicação, por exemplo, implicou em colocar à margem do mercado muitos profissionais que atuavam com tecnologias automotivas hoje consideradas antigas (CARDOSO,2000). Essa mesma exigência demanda a criação de novas ferramentas e técnicas de disseminação de conteúdo, para viabilizar o desenvolvimento das bases tecnológicas citadas (ANASTASSOVA;BURKHARDT,2009). Essa característica obriga a adequação das fontes de conteúdo, acarretando maior tempo, custo e possibilidade de inserção de erros e desvios inexistentes.

Cabe salientar que num cenário de deficiência de mão de obra qualificada e pouco treinamento, o uso dos métodos tradicionais de treinamento e repasse de tecnologia ainda representa a forma dominante, considerando empresas e profissionais com o perfil e recursos existentes (DE ALMEIDA,2015). Nesse sentido, a inserção de novos métodos e tecnologias enfrenta resistência devido ao desconhecimento dos métodos empregados, limitação dos custos envolvidos, do hardware necessário e das perspectivas pessoais e empresariais de crescimento do mercado (BORSCI;LAWSON;BROOME,2015).

O desenvolvimento de uma nova ferramenta didática computacional, atendendo a critérios de baixo custo e fácil implantação, contribuirá à formação profissional de agentes da cadeia automotiva, desenvolvendo as competências no processo de formação dos técnicos que atuarão com essa tecnologia, em especial no segmento de manutenção. A nova ferramenta também tem potencial de incrementar a produtividade e de formar um perfil profissional mais aderente às necessidades do

setor.

Nesse sentido, a pesquisa visa desenvolver uma nova ferramenta de simulação computacional capaz de atingir aos requisitos levantados juntos aos docentes que atuam com treinamento em sistemas eletroeletrônicos embarcados.

1.2 Objetivo

Objetivo Geral

Desenvolver um *software scanner* automotivo com foco educacional para aplicação em atividades práticas de ensino envolvendo sistemas eletroeletrônicos embarcados na área automotiva.

Objetivos específicos

- Mapear os desafios enfrentados pelos docentes da área automotiva do SENAI CIMATEC e de quatro empresas de venda e manutenção de automóveis, no uso das ferramentas atuais durante os processos de ensino aprendizagem de tecnologias em sistemas eletroeletrônicos embarcados;
- Levantar os requisitos de operação e funcionalidade dos *scanners* automotivos para uma perfeita aderência às necessidades dos docentes entrevistados em atividades de aula prática;
- Desenvolver um modelo computacional de simulação de falhas em sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos com foco educacional;
- Validar o *software scanner* em atividades de ensino aprendizagem de sistemas eletroeletrônicos embarcados de controle de motor e painel de instrumentos.

1.3 Importância da pesquisa

A identificação das limitações nos recursos utilizados para treinamento propiciará um melhor enfrentamento dos desafios na simulação de falhas em sistemas eletroeletrônicos embarcados, subsidiando dados para o desenvolvimento de novas tecnologias educacionais aplicadas a automotiva.

À medida em que essa pesquisa é desenvolvida em um ambiente acadêmico, com acesso às tecnologias educacionais para treinamento na área automotiva, as

aplicações e testes podem ser desenvolvidos com maior proximidade a um ambiente real de uso.

Com os dados levantados será possível o desenvolvimento de uma nova ferramenta computacional, fornecendo subsídios para uma melhoria nos treinamentos, através de ganhos na produtividade das atividades docentes e na segurança da preparação e realização de simulações em ações de ensino aprendizagem.

1.4 Motivação

A formação profissional em tecnologias automotivas é um desafio enfrentado pelas instituições de ensino e docentes que atuam nessa área específica. A busca por formar esses profissionais, incorporando as tecnologias e técnicas de ensino mais modernas disponíveis, é objetivo comum. Alguns exemplos de instituições reconhecidas por instituições internacionais como a ONU, e que atuam nesse segmento específico, são as *Berufsschulen* na Alemanha, a *Universal Technical Institute* nos EUA e o SENAI no Brasil.

O desenvolvimento de uma ferramenta que permita realizar atividades práticas em sistemas eletroeletrônicos automotivos, incorporando produtividade e segurança às ferramentas existentes, permitirá oportunidades para incrementar a qualidade do treinamento em todo o mundo.

A atuação do pesquisador, como docente de engenharia automotiva do SENAI, possibilitou o acesso às técnicas e ferramentas utilizadas durante o processo de ensino aprendizagem da competência automotiva da instituição, permitindo o acesso a dados e o contato direto com os docentes que atuam nesse segmento específico.

Nesse aspecto, o desenvolvimento da pesquisa tem aplicação direta dos resultados e possíveis ferramentas a serem desenvolvidas, incrementando a abrangência e aplicação do tema proposto. Parcerias existentes entre o SENAI e as principais montadoras do país, permitiu levantar algumas demandas didáticas de ensino aprendizagem importantes no que tange os sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos.

A existência de um comitê nacional de docentes do SENAI em tecnologia automotiva, da qual o pesquisador é integrante, discute e estabelece os currículos básicos e literatura dos cursos técnicos ministrados pelo SENAI no Brasil. Esse fator, além da própria atuação do pesquisador como docente de tecnologia automotiva, possibilitam a aplicação direta da pesquisa, bem como permitem maior segurança de sua relevância nacional.

1.5 Limites e limitações

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram selecionados dez docentes, sendo seis que atuam em tecnologia automotiva no SENAI da Bahia e quatro docentes que atuam no treinamento técnico de concessionários de três montadoras instaladas no Brasil e de uma importadora de automóveis. Essa seleção permitiu um melhor controle e verificação das aulas e entrevistas com docentes, bem como a validação prática da ferramenta *software scanner* educacional desenvolvida.

A limitação da amostra dos entrevistados à Bahia tem um impacto limitado, dado a abrangência nacional do Senai e padronização dos cursos profissionais que é efetuado por um comitê nacional do qual o pesquisador faz parte.

Foram selecionados dois sistemas automotivos específicos: o sistema de controle eletrônico de motor e o sistema de painel de instrumentos. Essa limitação teve por base o relato inicial dos docentes, que apontou os dois sistemas como de relevante incremento em sua tecnologia embarcada, além do fato de que já no início dos anos 2000, a totalidade dos veículos comercializados passou a dispor dos mesmos entre seus itens embarcados.

1.6 Questões e hipóteses

Segue abaixo uma lista com questões importantes a serem respondidas ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Questão 1: Como treinar os profissionais de tecnologia automotiva considerando os novos requerimentos e desafios dos sistemas eletroeletrônicos embarcados nos automóveis?

Hipótese 1.2: Os *scanners* de diagnóstico comerciais focam na identificação de falhas e leitura de dados reais, portanto é necessário que os mesmos estejam ocorrendo efetivamente para serem captados ou demonstrados.

Hipótese 1.2: É necessário criar um novo *scanner* capaz de simular falhas durante aulas práticas, onde falhas possam ser diagnosticadas e exploradas sem que fisicamente existam. As simulações devem ser feitas sem que seja necessário modificar os veículos utilizados, tornando as aulas práticas mais seguras e produtivas.

Questão 2: Como identificar os requisitos necessários a uma nova ferramenta de diagnóstico eletrônico, de modo a atender às necessidades dos docentes em aulas práticas de sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos?

Hipótese 2.1: É possível identificar os requisitos através de análise comparativa, entrevistas e observação do uso da ferramenta tradicional.

Hipótese 2.2: As necessidades dos docentes podem ser atendidas por um *scanner* educacional.

Hipótese 2.3: Essa identificação pode ser feita localmente, junto a dez docentes que atuam na área automotiva do SENAI CIMATEC e de concessionários de veículos que atuam na região.

1.7 Organização da Tese de doutorado

Este documento apresenta cinco capítulos, quatro anexos e está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 - Introdução:** Contextualiza o âmbito no qual a pesquisa proposta está inserida. Apresenta, portanto, a definição do problema, objetivos, justificativas da pesquisa e como a Tese de doutorado está estruturada;
- **Capítulo 2 – Revisão da Literatura:** Aborda o crescimento e consolidação das diversas tecnologias empregadas em um automóvel; como o treinamento automotivo evoluiu e as ferramentas de simulação e ferramentas computacionais utilizadas para diagnóstico e treinamento em sistemas eletroeletrônicos embarcados;
- **Capítulo 3 - Metodologia:** aborda os métodos e estratégias utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, entrevistas realizadas, desenvolvimento da ferramenta *scanner* educacional e testes e validação da mesma;
- **Capítulo 4 – Resultados e Discussões:** esse capítulo trata das entrevistas efetuadas e seus resultados; o processo de desenvolvimento da ferramenta proposta e os testes e resultados realizados;
- **Conclusões** – enfatiza os resultados obtidos, relaciona as oportunidades para futuras pesquisas e relata as divulgações realizadas;
- **Apêndices:** complementa o documento com informações importantes
 - **Anexo A – Dados das Pesquisas** – discorre sobre as pesquisas desenvolvidas junto a docentes de sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos, bem como os resultados obtidos.
 - **Anexo B – Recursos utilizados** – lista todos os equipamentos e demais recursos que foram necessários ao desenvolvimento da pesquisa.

- **Anexo C – Manual do Usuário** – documento que descreve os procedimentos para instalação e uso do *Software Scanner* educacional.
- **Anexo D – Termo de Livre Consentimento** – Modelo de Termo de Livre Consentimento, que foram assinados pelos docentes que entrevistados ao longo da pesquisa.

Durante a formatação buscou-se seguir uma ordem lógica adequada à melhor compreensão do desenvolvimento da pesquisa, respeitando-se as normas de formação e modelos utilizados pelo programa de pós-graduação a qual a pesquisa está inserida.

Revisão da literatura

2.1 Evolução da Tecnologia Automotiva

2.1.1 Composição do Sistema Eletroeletrônico

Muitos dos diversos sistemas que compõem um automóvel moderno possuem controle ou supervisão eletrônica. De modelos da década de 70, quando o rádio era praticamente o único sistema eletrônico embarcado, aos automóveis atuais equipados com diversas centrais eletrônicas e sensores, uma revolução tecnológica surgiu no que tange a aplicação de sistemas eletroeletrônicos a um automóvel (SANGIOVANNI-VINCENTELLI, 2005).

Segundo Zurawski (2005) um automóvel atual, por menos sofisticado e equipado que seja, integra diversos sistemas embarcados, muitos dos quais intrinsecamente interligados. Até mesmo sistemas que, em uma primeira interpretação são puramente mecânicos, modernamente incorporam dispositivos ou rotinas de controle ou supervisão, o que demanda aplicações eletrônicas embarcadas. Podemos citar alguns desses sistemas e seus principais requerimentos e aplicações:

- Controle de motor e emissões (BOSCH, 1996): sistema que garante que o motor de combustão interna de automóvel opere de forma eficiente, garantindo menor consumo, emissões conforme a legislação e desempenho e conforto à condução. De todos os sistemas embarcados é o único presente na totalidade dos automóveis modernos e o que representa a maior complexidade, no que tange a variedade e aplicação de sensores e atuadores. Diretamente relacionado com a segurança e a principal funcionalidade de um automóvel: que é permitir que ele se auto locomova, o Controle de motor e emissões passa por constantes atualizações, de forma a manter suas funcionalidades. Com a busca de fontes alternativas de energia, passou a englobar o controle de sistemas de propulsão híbridos (motor de combustão interna + motor elétrico) e propulsão totalmente elétricos, introduzindo tecnologias até então inéditas no setor automotivo, contribuindo ainda mais por acirrar as lacunas entre a mão de obra de reparação e as novas funcionalidades e tecnologias (CHANDLER, WALKOWICK, EUDY, 2002);
- Sistema de informação (RIBBENS, 2008): possibilita a coleta de dados do motor e sistemas agregados, como tanque de combustível e rotação da transmissão, com o intuito de fornecer informações ao motorista através de um painel de instrumentos. Modernamente os fabricantes inserem uma rede

de comunicação entre o sistema de controle de motor e o painel de instrumentos com o intuito de compartilhamento de sensores e informações com nítidas vantagens em redução de complexidade de cabeamento elétrico e peso. A inserção dessa tecnologia demandou que profissionais que atuam na área automotiva, passassem a ter que dominar conhecimentos antes restritos à área de sistemas de informação e de terminologias como *gateway* de dados, velocidade e trânsito de pacotes de dados, protocolos de comunicação, interfaces dentre outros (BONNICK, 2007). A introdução de sofisticados dispositivos antifurto distribuídos na rede automotiva determinou novos procedimentos de montagem e reparação automotiva, exigindo técnicas e equipamentos específicos, uma vez que a simples substituição inadequada de um painel de instrumentos pode paralisar o funcionamento de um veículo, tendo em vista que o sistema antifurto é distribuído em diversos sistemas (KHANGURA,MIDDLETON,OLLIVIER, 1993), (DE SOUZA,DE ANDRADE,TOMIOKA, 2015).

- Sistema de conforto e conveniência: bastante comum em linhas intermediárias e de luxo, o sistema monitora e controla itens de conforto e conveniência do motorista e passageiros (LEEN,HEFFERNAN, 2002), (LEEN,HEFFERNAN,DUNNE, 1999). O sistema possibilita novas funcionalidades, a exemplo da interação entre ações dos sistemas que controla como o fechamento automático dos vidros, acendimento automático e temporizado de faróis e luzes internas a acionamentos dos limpadores quando gotas de chuva atingem o para-brisa (BISHOP, 2005). Esse sistema em questão é um dos que mais experimentam evoluções contínuas, tendo em vista a competição entre as indústrias por oferecer automóveis cada vez mais desejados pelos consumidores.
- Freios Antiblocantes e controles ativos de estabilidade e tração (RIBBENS, 2008): compõem o pacote de segurança ativa de um automóvel, ou seja, aquele que auxilia o motorista a evitar que se envolva em um acidente. São sistemas que interagem com itens de segurança do automóvel, como freios, transmissão e controle da aceleração do motor (KIENCKE,NIELSEN, 2000). Em geral envolvem grande troca de informações e acionamento de atuadores dos sistemas (GIETELINK et. al., 2006). O autor Xie (2006) cita que esses sistemas, por envolverem esse tipo de interação, necessitam de grande investimento em testes e calibrações, além de requisitarem redundância em itens críticos. A implementação de itens de segurança ativa tendem a se disseminar rapidamente, uma vez que estão sendo caracterizados como obrigatórios em diversos mercados. No Brasil, a Resolução 312 do CONTRAN, de 3 de Abril de 2009, estabelece obrigatoriedade do uso de freios Antiblocantes ABS para os veículos nacionais e importados vendidos no Brasil a partir do início de 2014 (CONTRAN, 2009).

- Bolsas infláveis (*air bags*) e sistemas de segurança passivos (DU BOIS et. al., 2004): possibilitam reduzir os riscos aos ocupantes na ocorrência de um acidente. Envolvem desde itens que dispensam controles eletrônicos, como vidros laminados e cintos de segurança, a itens que exigem algoritmos especiais para determinação da necessidade e momento de atuação, como os que controlam o acionamento de bolsas infláveis em colisões. Estudos de Farmer e Jain (2003) avaliam os novos desafios com relação ao sistema, onde normas americanas e europeias exigem a classificação dos ocupantes para determinar, de acordo com estatura e peso, a necessidade e grau de acionamento das bolsas em colisões. Os componentes desse sistema envolvem a atuação de explosivos que, uma vez acionados indevidamente, podem provocar perda no controle do veículo e até ferimentos (HUANG, 2002). Desse modo, na maioria dos sistemas são tratados de forma especial, com cabeamento e rede específicos, exemplificado por Boys (2004). A manipulação de seus componentes exige ferramental e técnicas específicas, uma vez que o acionamento indevido pode provocar graves ferimentos, além de proporcionar danos consideráveis à estrutura do automóvel.

Da mesma forma que que a norma estabelece para os itens de segurança ativa, as bolsas infláveis são itens compulsórios na maioria dos mercados e, especificamente no Brasil, tornaram-se obrigatórios desde 2014, segundo norma ABNT NBR 15300 e a Resolução 311 do CONTRAN, de 3 de Abril de 2009, que regem sobre essa exigência (CONTRAN, 2009).

- Alarme e antifurto (RAMADAN,AL-KHEDHER, 2012): com o nível de violência e criminalidade crescentes e a exigência de consumidores e companhias de seguro, os sistemas de alarme e antifurto experimentaram uma significativa evolução tecnológica. Song (2008) discorre sobre a evolução dos sistemas antifurto automotivos, passando de meros sistemas que provocam sinalização sonora e luminosa em caso de tentativa de furto, aos sistemas atuais que incluem chaves com identificadores de rádio frequência criptografados até modelos que reconhecem a proximidade de cartões para a autorização de abertura e partida do veículo (POSITRON, 2016). O compartilhamento de informações de segurança entre as diversas centrais eletrônicas do veículo possibilita dificultar o furto, mesmo que se realize a substituição de centrais do veículo. De fato, a evolução dos sistemas antifurto reduz o furto de veículo, sendo que a partir dos anos 2000 a maior parte passou a ocorrer na modalidade roubo. Levantamento realizado pelo CESVI (Centro de experimentação e Segurança Viária), conclui que a possibilidade de furto entre modelos mais modernos está sendo contida quando comparada a modelos mais antigos. Mesmo com a elevação de 6,65% da frota, o número de furtos cresceu pouco mais de 4% (CESVI, 2012).

Para incrementar a segurança antifurto, foram incorporadas interações com rastreadores que usam a tecnologia GPS e/ou rede de celular para bloquear e localizar remotamente um veículo furtado ou roubado. Uma resolução do CONTRAN de 2007 torna compulsória a instalação de fábrica de equipamentos rastreadores em todos os veículos comercializados no país. A Resolução ainda não foi aplicada devido a diversos questionamentos realizados pelos fabricantes e por entidades de defesa do consumidor quanto a garantias de preservação da privacidade.

- Direção eletricamente assistida (RIBBENS, 2008): esse sistema constitui um exemplo claro de sistema mecânico que foi substituído por um sistema eletroeletrônico. Bastante utilizado, o sistema de assistência hidráulica, popularmente conhecida como direção hidráulica, vem sendo gradativamente substituído por um sistema que garante assistência elétrica. O mecanismo é composto por um motor elétrico instalado na coluna de direção ou na caixa de direção que, controlado por uma central eletrônica, auxilia o condutor a esterçar a direção para o lado desejado e na velocidade desejada. Segundo Rahman (2003), o sistema possui um sensor de posição e um sensor de torque logo atrás do volante que capta as intenções do motorista. Um algoritmo embarcado em uma central calcula o torque, sentido e velocidade com que o motor elétrico de assistência deve ser acionado, de modo a permitir segurança e conforto ao condutor. Uma vez que envolve um sistema de segurança vital, a assistência elétrica demanda a utilização de sensores e componentes de alta confiabilidade (KIM,SONG, 2002).
- Controle da suspensão (GUGLIELMINO, 2008): normalmente disponíveis em veículos de maior custo, o controle eletrônico da suspensão possibilita níveis de conforto e estabilidade bastante superiores a de um automóvel equipado com suspensão mecânica sem controle eletrônico tradicional. O sistema de suspensão ao ser projetado leva em conta as características do tipo de veículo que equipa e as condições de uso e operação dos mercados a que se destinam: tipos e condições de piso, exigência do consumidor etc (BOSCH, 1996). O sistema é configurado para uma situação média padrão, não sendo auto adaptável as constantes variações que ocorrem no uso cotidiano de um automóvel. De acordo com Ribbens (2008), um sistema com controle eletrônico permite, por exemplo, modificar a rigidez e altura da suspensão ao perceber, através de dados de sensores ou informações do motorista, alterações na qualidade do piso, por exemplo. Agindo assim, é possível incrementar o conforto e a estabilidade do veículo.
- Som, vídeo e entretenimento (SCHMIDT, 2010): item cada vez mais requisitado pelos consumidores, podem variar de um simples sistema de rádio a telas de vídeo com navegação via GPS, discos de estado sólido para guarda de

dados, jogos eletrônicos, espelhamento de smartphones, internet a bordo e monitores extras para os passageiros. Segundo Santos (2004), a presença de sistemas sofisticados de entretenimento exigiu dos fabricantes o desenvolvimento de novas redes automotivas, capazes de lidar com a quantidade expressiva de dados de comunicação requisitadas por esse tipo de funcionalidade. Nesse sentido, a aplicação de leitores de arquivos multimídia e de mapas de GPS evolui constantemente, sendo que alguns veículos dispõem de dispositivos internos de armazenamento de dados de grande capacidade, notadamente os discos de estado sólido. O armazenamento de diversos gigabytes de músicas, vídeos e mapas de forma a torna-los disponíveis em telas multimídia em mais de um ponto no veículo, demanda a disponibilização desses dados em rede, muitas vezes realizando múltiplos e simultâneos acessos a arquivos, normalmente de grande capacidade (NOLTE,HANSSON,BELLO, 2005). Essa funcionalidade específica demandou a inserção de uma rede dedicada para multimídia a bordo, sendo na maioria das vezes em meio ótico (fibra ótica), devido às exigências de velocidade, tráfego e tamanho dos arquivos. O uso desse tipo de rede faz com que alguns veículos sejam equipados com até três tipos de redes diferentes, tendo em vista as características de tráfego, velocidade e confiabilidade (LEEN,HEFFERNAM,DUNNE, 1999). Essas redes são interligadas em um nó de intercomunicação específico, denominado *gateway* da rede.

A integração entre esses diversos sistemas, sejam os eletroeletrônicos sejam os mecânicos, formam o automóvel como um todo. A compreensão de um único sistema de forma isolada pode trazer lacunas importantes à compreensão do funcionamento do veículo inteiro, sendo necessário então o entendimento das interações e interdependências entre esses sistemas (SANTOS, 2010).

2.1.2 *Desenvolvimento das Redes Automotivas*

A inserção de novas tecnologias eletroeletrônicas embarcadas implicou em novos desafios à indústria automotiva (LEEN,HEFFERNAM, 2002). A necessidade de novas centrais de controle e de novos sensores e atuadores aumentaram o nível de complexidade do sistema incorrendo em problemas relativos ao aumento de peso, complexidade de cabos e conexões, dificuldade de instalação, diagnóstico, manutenção e incremento no custo. O autor Hansson et. al. (1997) relata também que novos sistemas eletroeletrônicos embarcados determinaram um aumento na complexidade para o sistema de controle e gerenciamento global.

Como enfrentamento desses problemas, a indústria automotiva passou a inserir nos automóveis uma solução já bastante aplicada em sistemas de automação em chão de fábrica e em computadores pelos setores de Tecnologia de informação: o

uso de redes (SANTOS, 2004). A conexão de diversos sistemas permite o compartilhamento de informações e tarefas, otimizando a aplicação de sensores e cabeamento elétrico, reduzindo a complexidade e peso do sistema. Essa solução, demonstrada na Figura 2.1, emprega na maioria dos casos padrões e protocolos de comunicação escolhidos em comum acordo entre os diversos fabricantes, de forma a facilitar e expandir o uso de sistemas desenvolvidos por fornecedores parceiros. Um exemplo é o protocolo de comunicação CAN (*Controller Area Network*), que foi introduzido pela Bosch em 1986 e é padronizado por órgãos mundiais, como a SAE e ISO (PERIER, 1998).

Com as diversas centrais de controle dos variados sistemas dispostos em um barramento de dados, é possível que um mesmo sensor sirva a mais de um sistema, com nítidas vantagens em termos de custo, confiabilidade, montagem, diagnóstico e manutenção. Cada componente do sistema eletroeletrônico pode agora ser conectado a central de controle mais próxima, que fica responsável por tratar o sinal e dispor o mesmo na rede, em caso de sensor, ou de comandar um atuador, através de driver de saída específico. Esse tipo de arquitetura, denominada distribuída (SANTOS, 2004), é a utilizada pelos automóveis atuais, o que garante significativa redução na quantidade de cabos, conectores e sensores.

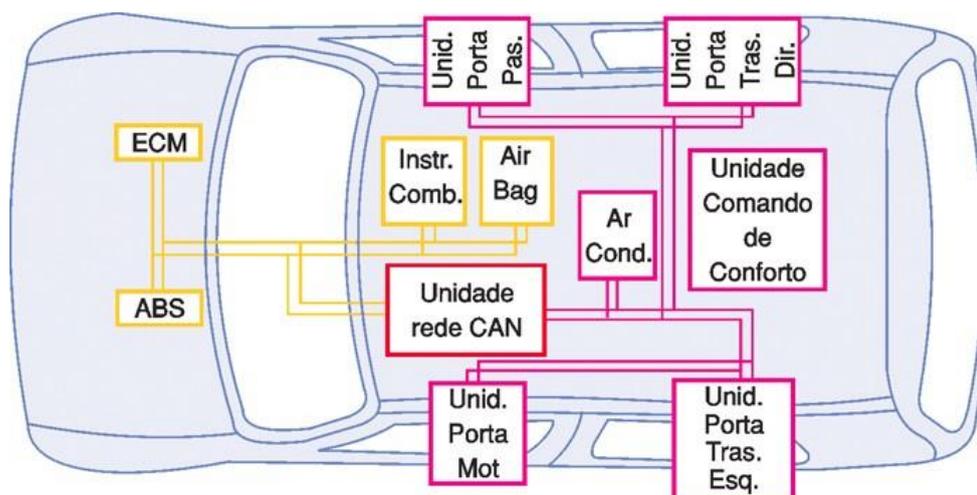


Figura 2.1: Veículo com centrais eletrônicas distribuídas e conectadas via rede. (SANTOS,2010)

Outra funcionalidade permitida pelo uso de redes automotivas em uma arquitetura distribuída, é a grande facilidade de inserção de inter-relacionamentos até então inviáveis, de implementação difícil e de custo elevado. Diversas funcionalidades presentes nos automóveis de hoje devem a sua existência à presença das redes automotivas (LEEN,HEFFERNAM, 2002). Desde o simples ato de um vidro que baixa automaticamente ao abrir uma porta para facilitar seu fechamento, a sofisticados sistemas que detectam e classificam os passageiros para determinar o seu peso e a configuração de acionamento de sistemas de segurança em casos de acidente (NAVET, 2005).

A aplicação e expansão do uso dos diversos sistemas eletroeletrônicos embarcados citados demandam conhecimentos, ferramentas e técnicas específicos. É imperativo que os profissionais que atuam nesse ramo tenham as competências necessárias, seja para compreender seu funcionamento, seja para realizar operações fundamentais de instalação e manutenção (ANASTASSOVA, BURKHARDT, 2009).

Essas competências possuem como principal característica a constante atualização tecnológica requerida, fato inerente a um mercado com constantes lançamentos de inovações tecnológicas, melhoramento de tecnologias já maduras e ao mesmo tempo um mercado altamente competitivo e ávido por lançamentos. O profissional para atuar nesse setor, com um discernimento mínimo, precisa dominar diversas tecnologias, estar preparado para utilizar das diversas ferramentas disponíveis pela indústria, bem como estar disposto a manter-se constantemente atualizado com os novos lançamentos e tendências de mercado (ANASTASSOVA, BURKHARDT, 2009).

Essas constantes mudanças e o conteúdo tecnológico das inovações aplicadas criam terreno fértil para o uso de novas tecnologias de ensino e aprendizagem (DE ALMEIDA, 2005). Além desses aspectos, há o crescente interesse dos alunos pelo uso de novas tecnologias em sala de aula. Simuladores, *softwares* de diagnóstico e outras ferramentas computacionais quando aplicadas durante a aula fomentam o maior interesse dos alunos pelo conteúdo abordado, o que pode facilitar o processo de ensino aprendizagem, mas que, por outro lado, demandam capacitação e preparação do docente e do ambiente de aprendizagem para essas novas ferramentas.

2.1.3 Padronização de um protocolo de comunicação

Para permitir que a comunicação entre equipamentos de diagnóstico e os veículos fosse padronizada, a SAE – Sociedade dos Engenheiros Automotivos – estabeleceu os padrões para um protocolo de comunicação, denominado OBD – *On Board Diagnosis*. Esse padrão é detalhado na norma SAE J1979 (SAE, 2006), sendo aplicado por todos os fabricantes de automóveis do mundo.

A norma estabelece como se dá a comunicação entre as diversas centrais de controle eletrônico de um automóvel, bem como estabelece as características de um conector padrão, de sorte a permitir que essa comunicação seja acessada externamente através de um computador ou dispositivo eletrônico, denominado *scanner* automotivo (BELO, 2003). Um *software* embarcado nesse dispositivo, desde que alinhado com os procedimentos estabelecidos na norma, permite a comunicação entre o dispositivo externo e os sistemas eletroeletrônicos presentes no veículo.

O acesso ao mundo externo é feito por intermédio de um conector padronizado, representando a porta de comunicação eletrônica do automóvel. Esse plugue é a porta de entrada da rede CAN automotiva, que é o tipo de rede mais utilizado pela indústria automotiva, conectando as diversas centrais de controle e permitindo compartilhamento de informações, dos diversos sensores e atuadores instalados em um veículo (JIE, 2010).

O aspecto desse conector pode ser visualizado na Figura 2.2.

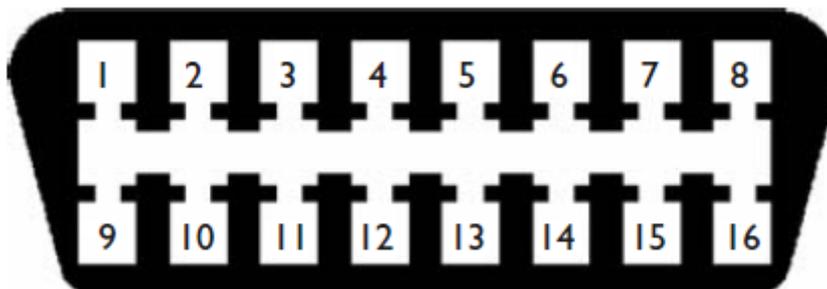


Fig. 2.2 – Aspecto da porta OBD (DENTON, 2012)

O estabelecimento desse padrão universal permitiu o desenvolvimento de diversas aplicações, entre os quais o objeto dessa pesquisa.

2.1.4 Aplicações da comunicação através do protocolo OBD

A interface de comunicação OBD permite diversas utilizações. A conexão externa ao conector OBD permite o carregamento do primeiro firmware de um sistema embarcado, atualizá-lo, bem como acesso a rotinas pré-estabelecidas, como verificações e teste dos sistemas presentes no veículo (NIAZI et. al., 2013).

A versatilidade do protocolo permite o acesso a informações das centrais eletrônicas pelos computadores de bordo do próprio veículo, através de informações básicas no painel de instrumentos; configurações dos acessórios que equipam o veículo no fim de linha de produção; monitoramento das condições de uso do veículo, para estabelecer prazos de manutenção e acesso remoto dos dados através de interface LAN (LEE,KIM,JEON, 2014).

Outra aplicação bastante comum, e alvo desse trabalho, é o acesso a informações com o intuito de facilitar diagnósticos de falhas e leitura de dados eletrônicos com vista a operações de manutenção preventiva e corretiva (JIE, 2010).

Listamos no Quadro 2.1 alguns exemplos de sensores e atuadores acessados pelo sistema OBD (SAE, 2006).

Quadro 2.1. Exemplos de Sensores e atuadores acessados pelo sistema OBD

Sensores	Atuadores
Temperatura do ar de admissão	Eletro injetores de combustível
Temperatura da água de arrefecimento do motor	Válvula de purga de canister
Posição do pedal do acelerador (2 sensores)	Bobinas de ignição
Posição da borboleta de aceleração (2 sensores)	Motor da borboleta do acelerador
Sensor de detonação	Relê do compressor do a/c
Pressão no coletor de admissão	Relê do ventilador do radiador
Pressão do refrigerante do a/c	Interruptor de acionamento do a/c
Vazão de ar de admissão Relê da bomba de combustível	Luz de advertência de falha
Sensor de oxigênio	Relê da bomba de combustível

O acesso a esses dados pela interface pode permitir o seu uso para fins didáticos, viabilizando o desenvolvimento de novas ferramentas para aplicação em situações de ensino aprendizagem.

2.1.5 Leitura de dados via protocolo OBD

O processo de comunicação entre o veículo e um dispositivo externo como um PC, por exemplo, é ilustrado na Figura 2.3, onde se visualiza os itens envolvidos: o veículo e sua porta de comunicação OBD, uma interface de comunicação e o PC com respectivo *software* que opera o protocolo estabelecido pela SAE (BELO, 2003).

Os códigos usados para requerimento de um dado da rede CAN são denominados OBD-II PIDs (*Parameter IDs*) e são enviados através dos pinos do conector OBD-II. Esses parâmetros são definidos pelo protocolo estabelecido na norma SAE J/1979 (SAE, 2006).

Com o uso de um software de comunicação, por exemplo, é possível o envio desses códigos e leitura das respectivas respostas enviadas pelo veículo. De posse das tabelas existentes na norma, o código enviado como resposta pode ser transformado em um valor medido, juntamente com a unidade de medida correspondente (BELO, 2003).



Figura 2.3 - Aspecto da interface veículo – *software* – usuário. Fonte: Autor.

A cada parâmetro corresponde um código de acesso e uma fórmula para leitura / interpretação. Limitado a uma velocidade de leitura entre 25 e 55 milissegundos, é possível listar uma série de parâmetros e obter a leitura dos mesmos (JIE, 2010), (SAE,2006). A depender da interface do *software* do *scanner*, essa leitura pode ser exposta na forma de uma tabela, gráfico ou comparativo entre valor medido e faixa de leituras esperada.

As características do protocolo, com acesso a parâmetros de sensores e atuadores em um veículo de teste pode, além de todas as aplicações citadas, servir de base para ferramentas computacionais de ensino e aprendizagem, mantendo inclusive uma estreita relação com ferramentas de diagnóstico de cunho profissional já existentes no mercado.

Alguns autores sugerem o uso do protocolo e de modelos computacionais de funcionamento do veículo, para a identificação e diagnóstico automáticos de falhas. O modelo desenvolvido em experimentos utiliza-se de captura de dados de motores em dinamômetro e de veículos em campo. A inserção de falhas mais comuns permite o aprendizado dos sintomas mais comuns, permitindo a automação da detecção de falhas (NAMBURU et al,2006). O estudo dessa aplicação do protocolo ainda requer a

necessidade do profissional de reparação para confirmação do diagnóstico e execução dos reparos correspondentes.

2.2 *Treinamento em Tecnologia Automotiva*

2.2.1 *Evolução dos meios de treinamento e acesso a informações*

Torres (2011) apresentou um estudo que trata da evolução tecnológica e o impacto na socialização das informações técnicas e nos profissionais de tecnologia automotiva. De fato, até meados da década de 90, todas as informações técnicas de um automóvel podiam ser dispostas em alguns poucos livros, sendo que a maior parte das informações, por assim dizer, fazia parte do conhecimento prévio adquirido pela experiência dos profissionais do setor (FERREIRA, 2016). A parte eletroeletrônica dos automóveis era disposta em alguns poucos diagramas elétricos impressos que podiam facilmente ser consultados, uma vez que não existia ainda uma complexidade maior dos itens envolvidos.

Os fabricantes, por sua vez, muito raramente desenvolviam qualquer alteração significativa nessas informações até que um novo modelo fosse lançado no mercado. Eventuais desvios e ajustes eram implementados através de circulares técnicas emitidas em páginas impressas que eram devidamente agregadas às pastas existentes (ROBINSON, MCDONALD, 1991).

No mercado brasileiro, a abertura das importações e o surgimento de novos modelos e tecnologias possibilitou o acirramento da concorrência, permitindo um incremento nas tecnologias empregadas nos automóveis (CARVALHO, 2005). A popularização de novos modelos ao longo da década de 90 e o surgimento de novas marcas determinou uma disseminação maior dos manuais de reparação impressos.

Já no final da década de 90, a quantidade de sistemas embarcados, em especial os eletroeletrônicos passaram a ter um incremento considerável em quantidade e sofisticação (FERREIRA, 2016). Nesse novo cenário, foi necessária a digitalização de todas as informações, que passaram a ser disponibilizadas em mídia ótica.

Na virada desse século, a tecnologia foi elevada a níveis até então inéditos (FILHO, 2009). A quantidade de mapas, diagramas, textos explicativos e especificações técnicas conseqüentemente aumentou (PTC, 2008). Dessa forma, uma simples mídia ótica revelou-se insuficiente para atender aos novos propósitos de fornecer informações técnicas corretas e atualizadas. A quantidade de *softwares* embarcados cresceu em conjunto com a quantidade de sistemas que passaram a ter controle eletrônico, exigindo dos fabricantes um rígido controle sobre as versões instaladas no campo (VANDERMERWE, RADA, 1988).

A atualização e disponibilização de informações passaram a ser diária e por vezes, em diversos momentos de um mesmo dia, novas informações precisam ser atualizadas e repassadas (PTC, 2008). Os automóveis passaram a exigir uma conexão com equipamento de troca de informações conectada à internet, de forma que pudessem ser identificadas necessidades de atualizações e dispostas todas as informações necessárias de acordo com o modelo. Esse procedimento, ao passo que aumentou a confiabilidade no acesso às informações, exigiu um novo patamar tecnológico (STONE, 2005).

A Figura 2.4 ilustra de forma sucinta as etapas de evolução que o conhecimento automotivo experimentou e experimenta.

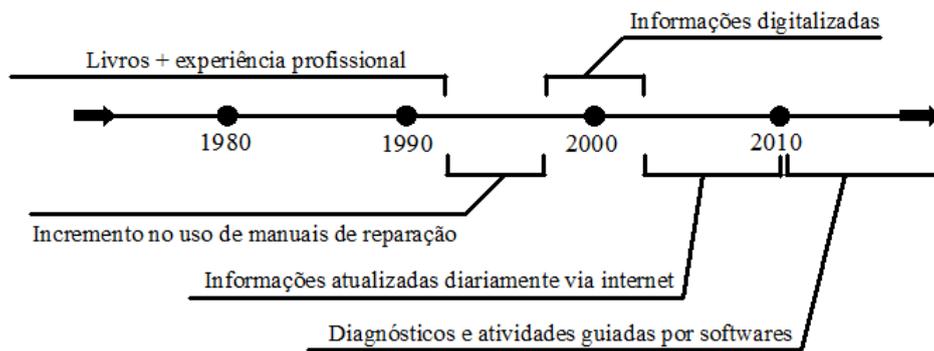


Figura 2.4: Linha do tempo da evolução do acesso a informações automotivas. Fonte: Autor.

Nesse ambiente, operações simples de manutenção e verificação passam a exigir a consulta dos procedimentos adequados à sua operação, sendo que em muitos casos, etapas específicas exigem que o operador do sistema entre com informações do veículo e da peça ou sistema que está sendo manuseado (PTC, 2008). Essa espécie de roteiro de atividades consegue demonstrar todas as etapas envolvidas, tornando a operação de manutenção de um automóvel algo que exige ainda mais a aplicação de técnicas de diagnóstico seguindo as etapas estabelecidas pelo fabricante. A figura do técnico experiente - que tinha praticamente todos os conhecimentos de como fazer cada reparo em sua memória - passou a ser algo inviável, tal a quantidade de informações e velocidade com que novas atualizações são implementadas (ANASTASSOVA, BURKHARDT, 2009).

2.2.2 Exigências das novas tecnologias

Da mesma forma que o meio de disponibilização das informações sofreu significativas evoluções, a própria tecnologia demanda novos meios de visualização e interpretação (BORSCI, LAWSON, BROOME, 2015).

Anteriormente, a própria simplicidade dos sistemas automotivos e sistemas

eletroeletrônicos embarcados tornavam a tarefa de compreendê-los e interpretá-los mais simples e direta. Com a pouca ou nenhuma interação entre os sistemas eletroeletrônicos que equipavam um automóvel, essa tarefa poderia ser resumida ao estudo de cada sistema de forma individual, uma vez que o todo era representado pela soma de cada um desses sistemas até então vistos de forma isolada e estanque (SANTOS, 2010).

A incorporação de novas funcionalidades ao automóvel, atendendo requisitos de segurança, legais ou mesmo exigência dos consumidores, tornou os sistemas embarcados mais integrados, notadamente com a inserção de sistemas de redes de comunicação e o uso de arquiteturas distribuídas, onde diversas centrais eletrônicas passaram a compartilhar informações e tarefas (PERIER, 1998).

Nesse cenário atual, para compreensão e interpretação efetiva dos diversos tipos de sistemas que compõem um automóvel, com partes mecânicas, eletroeletrônicas e software, não é mais possível examinar cada sistema embarcado como um item isolado e estanque do todo. O autor Sangiovanni-Vincentelli (2005) descreve que a quantidade e complexidade dos sistemas embarcados automotivos tornaram a análise manual algo demasiadamente complexo e passível de erros. De fato, uma parte significativa dos itens de funcionalidades do automóvel passou a existir apenas devido á interação entre os diversos sistemas, algo difícil ou até mesmo inviável quando se tem apenas sistemas atuando de forma isolada (PERIER, 1998).

2.2.3 Ferramentas computacionais para uso em diagnóstico automotivo

O técnico automotivo atual tem que lidar não só com as ferramentas manuais tradicionais, mas com computadores e equipamentos de testes eletrônicos, sem os quais muitos das falhas não podem ser identificadas e reparadas (FERREIRA, 2016). Como exemplo desses equipamentos, podemos citar: multímetros, osciloscópios, medidores eletrônicos, alinhadores, balanceadores, equipamentos de leitura de dados (*scanners*) e computadores para conexão e verificação de informações (DENTON, 2012).

Dos equipamentos citados, o *scanner* é o que representa o maior salto em termos de qualidade e profundidade na coleta de informações (GUO, 2000). O equipamento foi introduzido na indústria automotiva para o diagnóstico dos primeiros sistemas eletroeletrônicos embarcados, em especial os sistemas de controle de motor, que se tornaram populares a partir da década de 70 na Europa e nos Estados Unidos e a partir do início da década de 90 aqui no Brasil (DENTON, 2012; FERREIRA, 2016).

O equipamento consta de uma pequena tela com teclado ou um computador com *software* adequado instalado. As centrais eletrônicas embarcadas são acessadas pelo *scanner* através de um conector interligado à rede do veículo (DENTON, 2012).

No início, os *scanners* eram exclusivos do fabricante do veículo que estava sendo diagnosticado (MCCORD, 2011). O elevado custo e a restrição de venda mantinham seu uso restrito as oficinas autorizadas. Os procedimentos de uso, bem como o *software* que consistia o sistema operacional do aparelho eram restritos aos fabricantes dos veículos que estavam sendo diagnosticados.

Com o tempo no mercado e o estabelecimento de padrões mínimos de protocolo de comunicação, começaram a surgir equipamentos de uso geral, de forma a poder atender aos veículos que realizassem a manutenção fora da rede autorizada (SAE, 2006). O desenvolvimento desse tipo de *scanner* foi necessário devido ao aumento da frota de veículos com tempo maior de fabricação e, portanto, fora do período de garantia. Uma parcela significativa dos consumidores deixa de realizar as manutenções periódicas em seus veículos em oficinas autorizadas assim que a garantia dos mesmos termina, por questões de custo ou pela maior comodidade do uso de um mecânico ou oficina de confiança (SOUZA, 1999).

Os *scanners* universais, como são assim chamados pelo mercado, possibilitam o acesso às principais informações necessárias ao diagnóstico. No entanto, algumas rotinas específicas de diagnóstico, bem como rotinas de atualizações de firmware os fabricantes, são restritas aos *scanners* homologados pelos fabricantes dos veículos (MCCORD, 2011).

O surgimento do *scanner* possibilitou uma maior produtividade e exatidão no diagnóstico e reparo. Rotinas incluídas de identificação de problemas podem ser acessadas pelo técnico, tais como componentes eletrônicos defeituosos ou valores medidos inconsistentes ou fora do padrão estabelecido pelo fabricante (MCCORD, 2011).

Obstante a facilidade de uso e aparentes rotinas autoexplicativas, o *scanner* demanda um grande conhecimento específico para que seu uso se dê de forma plena, correta e segura. A simples leitura das falhas indicadas pelo equipamento, sem uma interpretação da causa / efeito pode levar a diagnósticos errados, substituição indevida de peças e a não solução de problemas (FERREIRA, 2014).

Situação ainda mais grave ocorre quando o equipamento *scanner* informa que o sistema está sem falha, mas se percebe nitidamente que uma falha está presente, seja pela inoperância do sistema, seja pelo comportamento errático de seu funcionamento. Um técnico despreparado passa a substituir peças na base da tentativa e erro e ignora as valiosas informações disponibilizadas pelo *scanner* (FERREIRA, 2015). Um técnico com a competência adequada interpreta os valores mostrados, buscando localizar um conjunto de dados que apresente valores não condizentes com aquela realidade de operação (FERREIRA, 2014).

A popularização do uso do *scanner* em diagnóstico de veículos passou a demandar do técnico reparador a aquisição de novas competências para a realização de suas atividades. Não basta apenas atenção aos itens mecânicos e elétricos básicos, muito embora esses respondam por parcela considerável dos inconvenientes em um automóvel. É preciso a compreensão dos diversos parâmetros envolvidos na operação de um sistema eletroeletrônico automotivo, de forma a entender as informações disponibilizadas pela nova ferramenta de diagnóstico (FERREIRA, 2015).

Apesar dessa necessidade maior de capacitação, infelizmente muitos técnicos focam no conhecimento da simples operação do equipamento de diagnóstico, relevando ao segundo plano o alicerce técnico necessário a essa operação (FERREIRA, 2015). De fato, em um bom curso de formação em tecnologia automotiva, o uso do *scanner* tem como pré-requisito as competências fundamentais de interpretação dos dados fornecidos pelo equipamento (MCCORD, 2011).

2.2.4 Treinamento automotivo com uso de ferramentas computacionais

O aumento da complexidade da tecnologia automotiva fomentou a utilização de ferramentas computacionais, inclusive no processo de ensino aprendizagem. O desafio tecnológico teve reflexo na área de ensino, impondo novas tecnologias para tornar as aulas mais produtivas para os docentes e interessantes aos alunos (BORSCI, LAWSON, BROOME, 2015).

Além de tecnologias bastante utilizadas em outras áreas, como treinamento a distância e vídeo aulas pela internet, procurou-se inserir ferramentas virtuais de treinamento, substituindo algumas aulas práticas envolvendo sistemas e equipamentos reais (CUBAN, 1986). Simuladores de equipamentos de medições elétricas - tais como multímetros e osciloscópios - e de equipamentos de metrologia passaram a fazer parte do dia a dia de docentes e alunos de tecnologia automotiva.

Para práticas de diagnóstico e correção de falhas eletroeletrônicas, os tradicionais multímetros e osciloscópios passaram a ser substituídos por *softwares* com a mesma função, através de interfaces com o computador do docente (ERSOY, KUÇUK, 2010). Aliar o computador à aula prática permite incorporar na mesmo meio os slides das aulas, ferramentas de diagnóstico, literatura técnica e dados disponíveis em portais, otimizando a aula e estimulando o aluno à busca por informações.

O *scanner* automotivo de diagnóstico também é ferramenta diária em aulas práticas. Com ele o docente consegue demonstrar leitura de dados e falhas, através

de modificações prévias efetuadas nos veículos de teste. (ERSOY,KUÇUK, 2010).

De fato, mesmo com a inserção de ferramentas virtuais, a aula prática com peças, sistemas e veículos reais continua sendo bastante importante e requisitada por docentes e alunos. Nesse sentido, a aplicação de ferramentas computacionais aliado a sistemas reais revela-se importante, pois combina as vantagens das ferramentas virtuais com a motivação e incremento das habilidades manuais do uso de ferramentas reais em uma aula prática (MALVEZZI,DE CAMPOS,NETO, 2009).

2.3 Mapeamento de prospecção tecnológica

Foram levantados os principais equipamentos e *softwares* que realizam diagnóstico em sistemas eletroeletrônicos automotivos ou que possuem algum potencial para aplicação em treinamento ou simulações.

O Quadro 2.2 ilustra os principais *scanners* proprietários das montadoras.

Quadro 2.2 – *Scanners* proprietários e funcionalidades

Scanner	Montadora	Fabricante	Funcionalidade
MDI	Chevrolet	ETAS – sistemista de sistemas embarcados	Leitura de dados, Diagnóstico e atualização
IDS	Ford, Mercury, Lincoln e Mazda	Motorcraft, divisão FORD de peças e pós venda	Leitura de dados, Diagnóstico e atualização
Star Diagnosis	Mercedes Benz	SD Connect, fornecedora interfaces CAN	Leitura de dados, literatura técnica, diagnóstico e atualização
iCarSoft	Renault, Nissan, BMW e Mini	iCarSoft, fabricante de equipamentos de diagnóstico	Leitura de dados, literatura técnica, catálogo de peças, diagnóstico e atualização
VAG	Volkswagen, Audi	VAG, fabricante de equipamentos de diagnóstico	Leitura de dados, Diagnóstico e atualização
EDI NG	Fiat, Lancia e Ferrari	Actia, empresa de diagnóstico e telemetria automotivos	Leitura de dados, Diagnóstico, atualização, literatura técnica, telemetria e gravação de parâmetros
Denso IT2 Tester	Toyota, Lexus, Suzuki e Subaru	Denso, sistemistas de autopeças e sistemas	Leitura de dados, Diagnóstico e atualização
HDS Scan	Honda e Acura	Honda	Leitura de dados, Diagnóstico e atualização

Com relação a equipamentos que funcionam como *scanners* automotivos, foram identificados modelos exclusivos de montadoras, modelos universais e

softwares scanners também universais. Em comum os dispositivos ou *softwares* acessam os sistemas eletroeletrônicos do veículo por intermédio do protocolo OBD e permitem a leitura de parâmetros e indicação de falhas gravadas no sistema. Os grandes fabricantes de veículos possuem o seu *scanner* ou *software scanner* proprietário, sendo comum o desenvolvimento do mesmo ser confiado a uma empresa sistemista que detém parte dos sistemas embarcados de sua linha.

Para os modelos de *scanner* universal, foram identificados alguns modelos patenteados que são vendidos para o mercado de reparação. O Quadro 2.3 ilustra os resumos dessas informações. A característica comum a esses modelos é a possibilidade de acesso a rotinas básicas de sistemas de fabricantes diversos, mediante a aquisição de pacotes específicos.

Quadro 2.3 – *Scanners* universais

Scanner	Fabricante	Funcionalidade
Bosch KTS	Bosch	Leitura de dados e diagnóstico
Kaptor	Alfatest	Leitura de dados, Diagnóstico e atualização
Rasther	Tecnomotor, fabricante de ferramentas e equipamentos de diagnóstico	Leitura de dados, literatura técnica e diagnóstico
Sun PDL	Snap On, ferramentas e equipamentos de teste e diagnóstico	Leitura de dados e diagnóstico
Autoaid	Autoaid, fabricante de equipamentos de diagnóstico	Leitura de dados e diagnóstico
Launch CRP	Launch Tech USA, fabricante de equipamentos de diagnóstico	Leitura de dados e diagnóstico
Autel MaxiDAS	Autel, fabricante de equipamentos de diagnóstico	Leitura de dados e diagnóstico

A popularização do uso de computadores portáteis, tablets e telefones celulares também fez surgir modelos de aplicativos que atuam como *scanners* quando utilizados com interfaces que garantam a conexão entre o conector OBD do veículo e o dispositivo que tem o *software* instalado. Nesse sentido, lojas de aplicativos dos respectivos sistemas operacionais dispõem desses *softwares*. Alguns grupos de reparadores e entusiastas de automóveis também desenvolveram aplicativos de uso semelhante, visando o diagnóstico de falhas ou a simples leitura de dados.

As funcionalidades dessas ferramentas foram pesquisadas e algumas, mais relevantes do ponto de vista de abrangência de veículos ou número de instalações, foram testadas.

Dos aplicativos testados, merece menção mais detalhada o ForScan. O aplicativo foi desenvolvido por uma comunidade russa de proprietários de veículos da marca Ford e disseminado em código aberto de cooperação através de um fórum. Com acesso a veículos FORD, Mazda, Mercury e Lincoln, o aplicativo permite funcionalidades normalmente restritas a *scanners* proprietários das montadoras – como rotinas de calibração de transmissão automática e programação de chaves.

O Quadro resumo 2.4 ilustra alguns desses aplicativos e suas funcionalidades.

Quadro 2.4 – Aplicativos *Scanners*

Scanner	Desenvolvedor	Funcionalidade
ForScan	Fórum de origem russa, código aberto com desenvolvimento em colaboração	Leitura de dados, diagnóstico, modificação de parâmetros de calibração
Carrorama	Multilaser	Leitura de dados e de código de falhas
Torque PRO	Ian Hawkins	Leitura de dados, medição de desempenho
OBD Car Doctor Pro	PNN Soft	Leitura de código de falhas
DashCommand	Palmer Performance Engineering	Medição de desempenho
Smart Control	Smart Apps4Me	Leitura de dados e de código de falhas
OBD Logic Lite	Speed Logic <i>Software</i>	Leitura de dados e de código de falhas
OBD Auto Doctor	CreoSys Ltd	Leitura de dados e códigos de falha
BlueDriver OBD2 Scan Tool	Lemur Vehicle Monitors	Leitura de dados e de código de falhas

No que tange as ferramentas computacionais aplicadas ao ensino e aprendizagem de tecnologias automotivas, foi feito um levantamento das mais relevantes. Estão listadas a seguir algumas, que são inclusive utilizadas no ambiente de aprendizagem de aulas de sistemas eletroeletrônicos automotivos.

- Simuladores de equipamentos de metrologia – permitem que os alunos se familiarizem com o uso de paquímetros, micrômetros, relógios comparadores e outros equipamentos de medição (BRAWIJAYA, 2016). O método diminui o tempo de preparação da aula e reduz custos com equipamentos e manutenção – Figura 2.5.

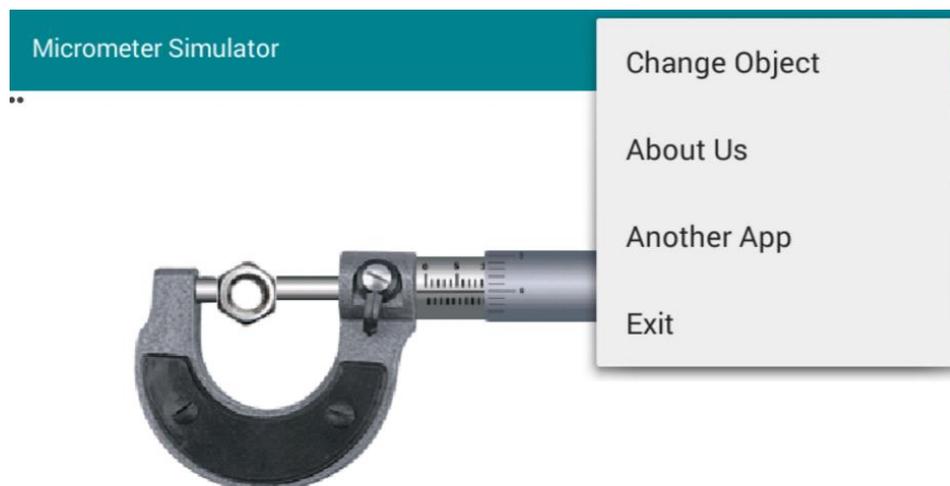


Figura 2.5 – Tela do aplicativo Simulador de Micrômetro (BRAWIJAYA, 2016)

- Simuladores de medições elétricas – permitem ao docente e aluno montar pequenos circuitos elétricos e realizar medições básicas. O seu uso prepara o aluno para atividades reais de medição em um automóvel ou sistema eletroeletrônico embarcado, sem necessidade de instrumentos, peças e riscos. Temos como exemplo o *iCircuit*, mostrado na Figura 2.6 (KRUEGER, 2016).

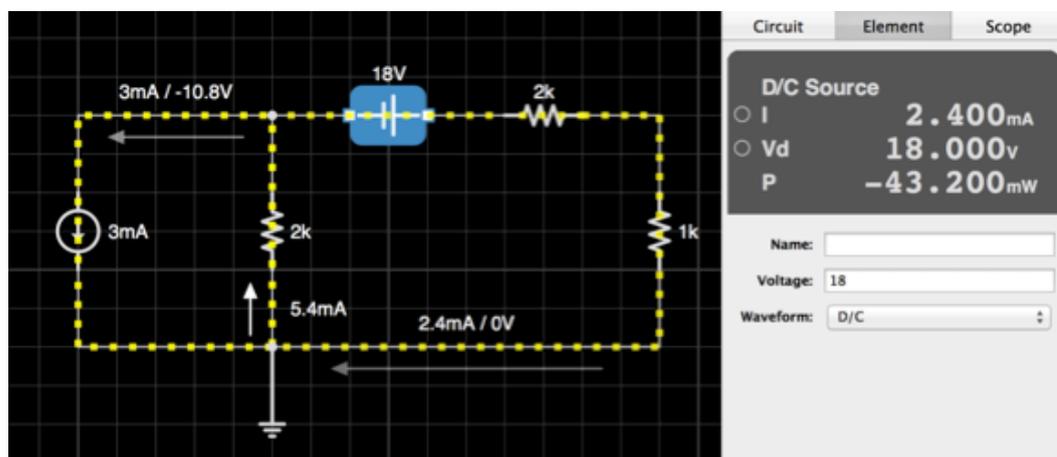


Figura 2.6 - Tela do *iCircuit*, simulador de circuitos e medições (KRUEGER, 2016).

- Simuladores de osciloscópio – de forma semelhante ao item anterior permitem treinar o uso do osciloscópio por intermédio de simulação de sinais e dos ajustes de medição (www.virtual-oscilloscope.com). Esse tipo de simulador substitui um equipamento caro e sensível e que é bastante requisitado para testes e simulações em sistemas eletroeletrônicos automotivos. Exemplo na Figura 2.7.

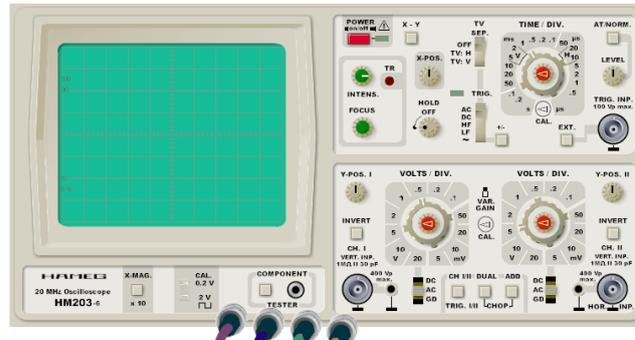


Figura 2.7 – Tela do aplicativo *Oscilloscope Simulator* (site: www.virtual-oscilloscope.com)

- Simuladores de sinais de sensores e atuadores – são *softwares* que permitem emular sinais dos principais sensores e atuadores de um veículo (www.ecutool.com). Permitem que os docentes mostrem os sinais esperados de componentes em bom estado e de componentes defeituosos, sem necessitar de peças físicas, como ilustrado a tela na Figura 2.8.

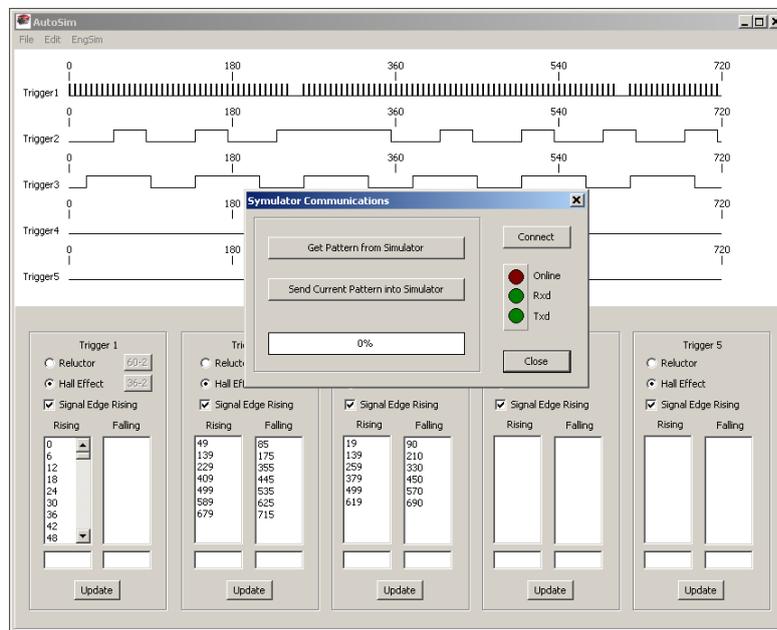


Figura 2.8 - Tela do aplicativo Autosim, que permite emular sinais típicos de sensores e atuadores automotivos (www.ecutool.com).

- Simulador de OBD para treinamento – permite que se simulem falhas de sensores defeituosos, bem como leitura de códigos de falha também simulados – Figura 2.9. O aplicativo roda em ambiente *Windows®* e permite diversos

testes virtuais que devem ser elaborados pelo docente e demonstrado aos alunos (www.autodiagnosicsandpublishing.com). Embora tenha um objetivo bem interessante, o aplicativo é 100% virtual, ou seja, não permite conexão com um veículo real.



Figura 2.9 – Telas do aplicativo OBD-2 Scanner Simulator Trainer. Site: www.autodiagnosicsandpublishing.com

- *Scanners* guiados – tratam-se de aplicativos que atuam como *scanner* automotivo tradicional, mas que possuem em seu banco de dados informações relativas ao significado e aplicação de cada parâmetro e falha acessados (www.aa1car.com). O *software* se conecta ao veículo por intermédio de uma interface OBD e permite o acesso às informações básicas disponibilizadas pelo protocolo. Uma conexão com a internet é exigida para que o *software* busque as informações adicionais das falhas e parâmetros em um portal disponibilizado pela empresa desenvolvedora da ferramenta. Um exemplo pode ser visto na Figura 2.10.



Figura 2.10 – Tela do aplicativo OBD2 Guide Diagnostic Training Software site: www.aa1car.com

Nos bancos de patentes brasileiro (INPI – Instituto Nacional de Propriedade Intelectual), europeu (Espacenet – *European Patent Office*), norte americano (USPTO – *United States Patent and Trademark Office*) e japonês (JPO – *Japan Patent Office*) é possível identificar 21 patentes de *softwares* e ferramentas que utilizam modelagem computacional com o fim de treinamento em sistemas eletroeletrônicos embarcados. Dentre estas, pode-se destacar três, por representar ferramentas próximas à ideia objeto dessa pesquisa.

- *Automobile sensor signal simulation training device* (patente CN203134173 (U) de 14/08/2013) – é composto por um hardware com *software* embarcado que permite conexão com um veículo pela porta OBD, ao mesmo tempo em que simula sinais para sensores e atuadores através de conectores e cabos conectados aos mesmos. A ferramenta permite simular falhas e leituras de dados inconsistentes através da simulação física desses dados, ao mesmo tempo em que os resultados dessas intervenções são demonstrados na parte do equipamento que atua como *scanner*. O dispositivo dispensa o docente de substituir peças do veículo para simular falhas, mas não dispensa de promover alterações físicas no veículo.
- *Handheld Automotive Diagnostic Tool with VIN Decoder and Communication System* (patente US 20090276115 A1) – pequeno *scanner* automotivo que consegue acessar o código VIN de qualquer veículo para identifica-lo. O equipamento não garante realizar leituras ou diagnósticos, servindo apenas para identificação.
- *Method and device for online teaching of whole automobile* (patente CN 103035147 A) – uma maleta simula diversos sensores e atuadores permitindo simular falhas quando conectada substituindo os componentes que se deseja simular. O mesmo equipamento descrito na patente permite conectar-se ao veículo como um *scanner* e replicar as informações pela internet a outra maleta idêntica em outro ambiente de aprendizagem. O dispositivo permite usar um mesmo veículo para aulas à distância, mas não dispensa o docente de preparar as falhas e modificar o veículo de teste para simular falhas.

Não foi possível identificar, na base de dados de patentes, hardware ou *software* que possibilitasse um uso focado do *scanner* automotivo como ferramenta didática, permitindo simular falhas sem alterações físicas nos veículos. Embora existam vários *softwares scanners*, alguns inclusive em código aberto de colaboração, não foi identificado desenvolvimento com foco nas atividades de ensino aprendizagem de sistemas eletroeletrônicos automotivos. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi desenvolver um novo modelo de *software scanner* com foco educacional, permitindo desenvolver essas atividades acadêmicas.

Metodologia

O desenvolvimento do presente trabalho foi realizado de acordo com o fluxograma da figura 3.1, onde estão sintetizados os métodos e estratégias para o desenvolvimento da pesquisa.

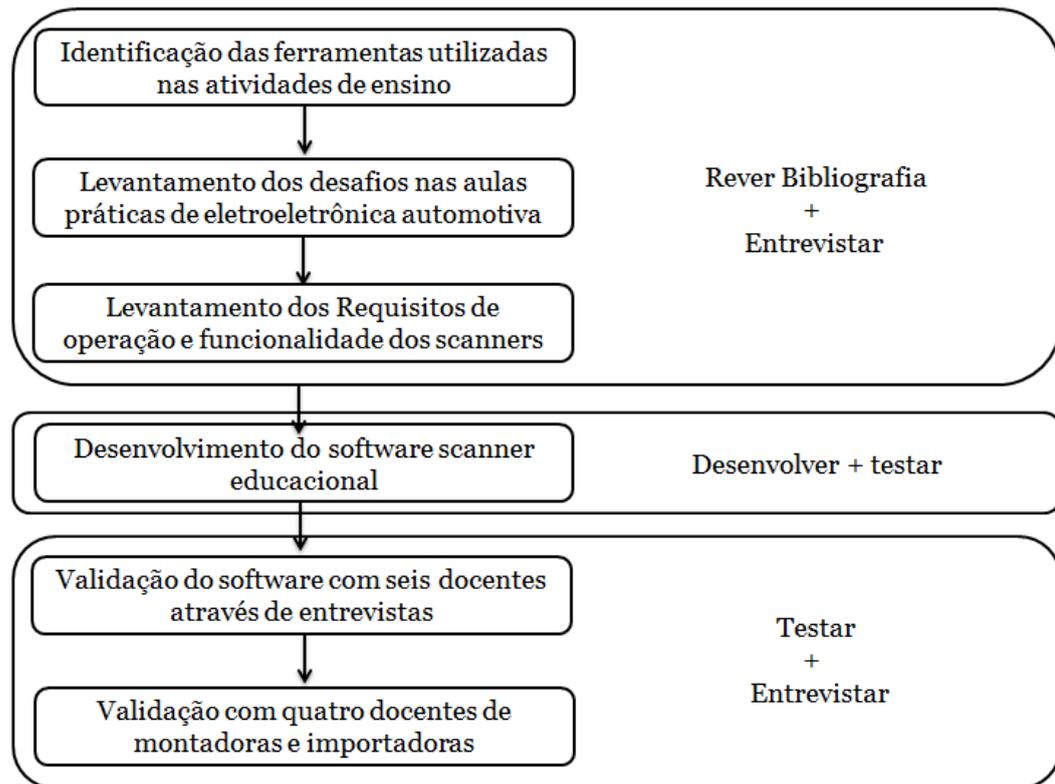


Figura 3.1 – Fluxograma com etapas e métodos da pesquisa

A pesquisa foi baseada em uma análise histórica do desenvolvimento da tecnologia automotiva, bem como o uso das ferramentas existentes, seja para reparação seja para o treinamento e desenvolvimento. O foco dessa avaliação foram os sistemas eletroeletrônicos automotivos e suas tecnologias atuais. Com o intuito de identificar os desafios enfrentados com o rápido desenvolvimento tecnológico, aliado a ausência de ferramentas adequadas para o treinamento e formação da mão de obra com o nível de especialização requerido, foi desenvolvida uma primeira etapa de entrevistas, envolvendo seis docentes que ministram aulas de tecnologia automotiva. O foco do estudo foi o uso do *scanner* automotivo em salas de aula. Trata-se de uma importante ferramenta de diagnóstico que promove a conexão eletrônica com o veículo, visando identificação de falhas e leitura de parâmetros eletrônicos dos sistemas.

A maior parte das entrevistas e testes foi desenvolvida no laboratório de

tecnologia automotiva da faculdade SENAI CIMATEC. Os testes de compatibilidade de veículos e as entrevistas com docentes e montadoras, por questões logísticas, foram realizados em concessionárias e na garagem da casa do pesquisador.

Todos os docentes entrevistados durante a pesquisa assinaram um termo de Livre Consentimento, cujo modelo está disponível no Anexo D.

3.1 Levantamento de dados através de pesquisas

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram realizadas entrevistas com dez docentes, na modalidade entrevista semiestruturada. Diversos autores relacionam os cuidados e características ao se fundamentar os levantamentos de dados empíricos através de entrevistas. O autor Manzini (2003) segrega as entrevistas em três tipos:

- Estruturada: nesse modelo, um roteiro de perguntas pré-estabelecido é desenvolvido, por esse motivo esse tipo de entrevista também é chamado de fechada;
- Semiestruturada: nesse tipo, um conjunto de perguntas básicas é desenvolvido com o entrevistado, sendo que as respostas podem conduzir ou não à realização da pergunta seguinte, uma vez que as mesmas não seguem alternativas pré-estabelecidas. O roteiro de perguntas básicas deve ser elaborado de forma a que a entrevista atinja o seu objetivo, incentivado o levantamento dos dados;
- Não estruturada: é conhecida também como aberta ou não diretiva, onde não existe um roteiro pré-estabelecido, sendo facultado ao entrevistado decidir-se pela melhor forma de construir a resposta (MATTOS, 2005).

Segundo Dias (2005), a entrevista semiestruturada é mais adequada quando se deseja estimular o próprio pensamento científico, por meio da concepção mais aprofundada do problema levantado, possibilitando o desenvolvimento de ideias e hipóteses a serem desenvolvidas e implementadas em pesquisas futuras. De fato, as entrevistas desenvolvidas buscaram identificar falhas no modelo atual e as ideias que possam ser elencadas para aperfeiçoar as ferramentas educacionais existentes ou no desenvolvimento de novas pesquisas.

Em uma segunda etapa de pesquisas, foi escolhido a abordagem por escuta sensível (BARBIER,2002), onde os docentes puderam utilizar o *software* livremente, ao passo em que o entrevistador questionava pontos chave ao mesmo tempo em que registrava os comentários.

3.2 Identificação das ferramentas utilizadas nas atividades de ensino

O processo de identificação das ferramentas didáticas utilizadas pelos docentes foi baseado no resultado de entrevistas. Essa atividade, que envolveu seis docentes, possibilitou identificar os principais desafios no ensino de tecnologia em sistemas eletroeletrônicos embarcados, notadamente no desenvolvimento de aulas práticas. Também foram abordadas nessa etapa as dificuldades encontradas com o uso de equipamentos diagnóstico – que originalmente foram concebidos para a reparação – em um laboratório de aulas práticas com um automóvel real. Essa primeira etapa de entrevistas foi do tipo semiestruturada. As entrevistas desenvolvidas buscaram identificar falhas no modelo atual e as ideias que possam ser elencadas para aperfeiçoar as ferramentas educacionais existentes ou no desenvolvimento de novas pesquisas.

Foi estabelecido um roteiro para a entrevista (Apêndice A), com os assuntos e questionamentos a serem abordados, de forma a que os docentes fossem estimulados a abordar os itens desejados (MANZINI, 2003).

Os seis docentes entrevistados nessa etapa possuem formação compatível em áreas afins da tecnologia automotiva e compõem um grupo de profissionais que atuam no ensino técnico automotivo do SENAI, com uma média de 8 (oito) anos de experiência profissional no desenvolvimento de atividades teóricas e práticas com veículos, sistemas e componentes equiparados aos mais modernos existentes no mercado, além da disponibilidade de acesso às informações técnicas com os fabricantes de veículos e sistemas existentes. Esses docentes têm, como desafio diário, o desenvolvimento de cursos e treinamentos para alunos de perfis bastante distintos, os quais poderíamos assim estratificar:

- Profissionais que já atuam na área automotiva, sendo apontados como alunos com boa experiência adquirida na vivência profissional em oficinas autorizadas de fabricantes de veículos;
- Iniciantes sem nenhuma experiência anterior ávidos por adentrar no mercado da reparação automotiva;
- Pessoas que frequentam o curso apenas para adquirir conhecimentos para cultivar um antigo hobby, sem nenhuma pretensão de aplicar o conhecimento como sustento financeiro.

Os resultados apurados contribuíram para identificar as atividades diárias de preparação e execução de aulas práticas em sistemas eletroeletrônicos embarcados, notadamente as que se utilizam do *scanner* automotivo. Esses resultados constituem

um alicerce para o levantamento de informações complementares buscando cobrir as carências apontadas.

Cabe salientar que a instituição SENAI tem seus cursos técnicos, tanto com relação ao conteúdo programático tanto quanto aos roteiros de atividades práticas, padronizados através de um itinerário nacional único, definido por um comitê de especialistas do qual o pesquisador autor dessa pesquisa participa. Essa padronização permite que os dados levantados junto aos seis docentes do SENAI CIMATEC tenha uma relevância nacional.

3.3 Atributos de operação e funcionalidade dos scanners

Uma segunda etapa de entrevistas realizada permitiu coletar dados relativos ao *scanner* de diagnóstico, ferramenta bastante utilizada em aulas práticas. Os docentes apontaram como usam a ferramenta, suas funcionalidades, efetividade de uso e facilidades e desafios encontrados. Essas informações foram importantes para dar origem aos atributos do modelo computacional para desenvolvimento de um *scanner* automotivo educacional.

Os requisitos apontados pelos docentes focam no uso da ferramenta de forma produtiva, segura e lúdica durante uma aula prática envolvendo sistemas eletroeletrônicos automotivos. Com essas características, os docentes acreditam que conseguem uma maior efetividade nas aulas, despertando maior interesse por parte dos alunos e contribuindo para a redução no tempo de preparação das aulas, na maior segurança dos alunos e na preservação da integridade dos veículos utilizados na aula.

Para o desenvolvimento de testes foram adquiridas quatro interfaces OBD, sendo duas *WiFi*, uma *Bluetooth* e uma *USB*. Foram utilizados nos experimentos oito veículos de modelos distintos: Chevrolet Onix 2013; Renault Sandero 2013; Renault Duster, Volkswagen Gol 2011; Ford Focus 2014; Ford Ecosport 2015; Honda Fit 2015 e Hyundai HB20 2015.

3.4 Desenvolvimento do software scanner educacional

Uma vez levantados e classificados os requisitos, foi iniciado o desenvolvimento do *software* propriamente dito. O modelo proposto teve sua criação iniciada após a realização de alguns testes com veículos, buscando consolidar o conhecimento na funcionalidade e comunicação estabelecido entre o *software* e o veículo através de uma porta de comunicação.

O desenvolvimento se deu na linguagem JAVA, e permitiu a um computador ter as funcionalidades de um *scanner* tradicional, incorporando requisitos extras para torná-lo mais adequado para uso didático.

3.5 Validação do software scanner educacional

O modelo desenvolvido foi submetido a uma série de testes de compatibilidade, de conexão e do próprio *software*, antes de ser submetido a um teste com os docentes.

3.5.1 Validação do software e das interfaces

Antes de iniciar os testes funcionais e de usabilidade do *software* scanner automotivo, foram realizados alguns procedimentos de testes de *software* citados por Rios e Moreira (2006).

3.5.1.1 Teste de instalação e configuração

Para esse teste foram utilizadas duas interfaces OBD/*WiFi* de fornecedores e modelos diferentes; o *software* scanner educacional foi instalado em dois computadores - 1 *Notebook* HP i3 4 Gb de RAM com *Windows*® 8.1 e em um Sony Vaio Celerom *Windows*® 7 com 2 Gb de RAM; e três veículos - 1 Ford Ecosport, 1 Hyundai HB20 e 1 Honda Fit.

Foram feitos procedimentos de conexão e leitura de parâmetros com todos os veículos, computadores e interfaces, totalizando 12 testes.

3.5.1.2 Teste de Integridade e segurança

Foram conectadas duas interfaces OBD/*WiFi* em veículos diferentes - 1 Hyundai HB20 e 1 Honda Fit. Com os veículos em funcionamento foi utilizado um computador para acesso ao Honda Fit. Durante a leitura de parâmetros foram abertos outros aplicativos em segundo plano do computador - editor de vídeos, reprodutor de vídeos e editor de textos.

Foi verificado se a conexão com a interface correta permanecia estável, bem como se os parâmetros lidos eram atualizados corretamente ao se modificar as condições de operação do motor do automóvel testado.

Ao mesmo tempo, foi solicitado a um auxiliar que tentasse a conexão com a interface OBD/*WiFi* em uso por intermédio de um tablet *Windows*[®].

3.5.1.3 Teste de carga e stress

O procedimento adotado nesse teste foi selecionar todos os parâmetros possíveis para a leitura, ao mesmo tempo em que se impõe à rede automotiva tráfego de dados.

Durante a observação dos parâmetros sendo exibidos online, foram efetuadas as tarefas no veículo FORD Ecosport que envolvem tráfego de dados na rede CAN automotiva.

- Acionamento dos vidros e travas elétricos;
- Acionamento dos limpadores de para-brisas e acionamento da marcha á ré;
- Acionamento e desligamento intermitente das luzes;
- Download de contatos de telefone via bluetooth;
- Reprodução de músicas via USB;
- Programação de velocidade pelo controlador de velocidade.

O procedimento foi desenvolvido com o apoio de três pessoas para o acionamento dos diversos sistemas do automóvel.

3.5.1.4 Teste de estabilidade

O veículo Hyundai HB20 foi mantido com a ignição ligada, motor parado e conectado com o *software scanner* educacional por longo período até se verificar a perda de conexão. Foram monitorados os parâmetros online, com especial atenção à tensão da bateria.

Durante o teste o computador permaneceu conectado em alimentação externa e a interface permaneceu alimentada pelo próprio veículo.

Após a conclusão e êxito desses testes, foram desenvolvidos testes funcionais e

de usabilidade.

3.5.2 Testes funcionais e de usabilidade

Para verificar se o *software* desenvolvido funcionava corretamente e atendia aos atributos previstos, foram desenvolvidos uma série de testes em condições bastante próximas do uso real.

3.5.2.1 Teste de conexão

Nos testes de conexão e compatibilidade, foi utilizada uma interface OBD/WiFi OBD, conforme a Figura 3.2.



Figura 3.2 – Interface *WiFi* OBD conectada ao veículo de teste. Fonte: Autor

Para verificar o desempenho do *software* no que tange a estabilidade de conexão e compatibilidade, foram desenvolvidos testes de identificação do VIN do modelo e leitura de parâmetros básicos em alguns veículos disponíveis, de modelos e fabricantes variados. O procedimento adotado foi o descrito a seguir:

- O veículo foi posicionado em um local ventilado, devido aos gases de exaustão gerados pelo motor;
- Posicionamento do *notebook* com o *scanner* automotivo educacional em uma mesa a cerca de 2 metros do veículo;

- Instalação da interface OBD – *WiFi* no conector OBD do veículo de teste;
- Acionamento do Motor do veículo;
- Localização e conexão com a Rede *WiFi* criada pela interface;
- Execução do *Scanner* no perfil “Aluno” selecionando três parâmetros básicos de leitura, a saber: Tensão da bateria, rotação do motor e temperatura do motor;
- Checagem do VIN com a numeração gravada no Vidro e verificação da plausibilidade dos três parâmetros medidos;
- Acelerar o veículo e checar se parâmetros são modificados;
- Sair do modo de leitura;
- Desligar o veículo e remover interface;
- Checagem do veículo quanto a eventuais falhas e erros eletroeletrônicos indicados através de luzes de advertência.

A Figura 3.3 ilustra o processo de teste sendo realizado.



Figura 3.3 – *Notebook* com *software scanner* educacional conectado ao veículo de teste. Fonte: Autor

O teste foi repetido em oito veículos de cinco fabricantes distintos, a saber:

- Chevrolet Onix 2013;

- Renault Sandero 2013;
- Renault Duster 2013;
- Volkswagen Gol 2011;
- Ford Focus 2014;
- Ford Ecosport 2015;
- Hyundai HB20 2015;
- Honda Fit 2015.

Os testes dessa etapa foram realizados no laboratório da área automotiva do SENAI CIMATEC e na residência do pesquisador.

3.5.2.2 Teste de identificação do veículo

Durante esse teste, foi verificado se o veículo é corretamente identificado pelo *scanner*. A identificação se dá pelo VIN (*Vehicle Identification Number*) do veículo. Foi desenvolvida uma comparação entre a capacidade de identificar o VIN de um *scanner* tradicional – no caso o modelo PDL 4000 da fabricante norte-americana Sun – e do *scanner* educacional desenvolvido. Um Chevrolet Onix teve seu VIN acessado pelos dois *scanners* e o dado encontrado comparado ao valor impresso em baixo relevo na estrutura do veículo – Figura 3.4.



Figura 3.4 – Numeração VIN em baixo relevo do Chevrolet Onix testado. Fonte: Autor.

3.5.2.3 Teste de leitura de parâmetros

No teste de leitura de parâmetros foram efetuadas leituras de quinze parâmetros eletrônicos em veículo Chevrolet Onix, quantidade que corresponde ao máximo suportado pela tela de exibição. Os dados foram acessados pelo *scanner* educacional em estado puro, ou seja, sem qualquer modificação efetuada nos valores

através do perfil docente. Depois os mesmos parâmetros foram acessados com o uso de um *scanner* tradicional para checar se as medidas estavam corretas. O objetivo deste teste foi verificar se os valores medidos estavam coincidindo entre si, ou seja, se o *scanner* educacional estava de fato lendo os parâmetros de maneira correta.

Para uma checagem ainda mais segura foi verificado, através de uma medição com o uso de um multímetro, se o parâmetro “tensão da bateria” estava coincidindo entre o multímetro, o *scanner* tradicional e o *scanner* educacional.

3.5.2.4 Teste do perfil docente

Nessa etapa foi acessado o perfil docente do *scanner* educacional e foram modificados alguns parâmetros medidos, de forma a informar no perfil dos alunos valores alterados para simulação de falhas. Foram realizadas diversas medições, com diferentes parâmetros selecionados e constantes distintas de modificação, com intuito de verificar se as constantes estavam devidamente representadas nas leituras. As constantes de modificações foram anotadas para posterior checagem se foram adequadamente aplicadas, bem como as opções de “fixar” valores.

3.5.2.5 Simulação de bateria com carga baixa

Foi inserida uma taxa negativa de 30% no parâmetro “Tensão da Bateria”. Esse tipo de simulação representa uma condição de bateria sem carga suficiente para operar os sistemas eletrônicos do veículo (TOYOTA, 1997).

Após a inserção, no perfil do aluno, foi verificado se a tensão da bateria exibida correspondia a um valor 30% menor que o valor real de 11,8Volts das condições do teste

3.5.2.6 Simulação de erro no sensor de temperatura do motor

Para essa simulação foi adicionado, pelo perfil do docente do *software scanner* educacional, um incremento de 99% ao valor real medido pelo sensor de temperatura do motor. A simulação objetiva mostrar valores inconsistentes de leitura, com o objetivo de instigar nos alunos a investigação para um diagnóstico correto.

3.5.2.7 Modificação de parâmetro que implicaria em riscos de segurança

Uma simulação bastante rara de ser feita didaticamente é a de valores de velocidade do veículo, uma vez que a mesma normalmente exige que o veículo esteja em movimento. Nesse caso, foi inserido um valor fixo uma vez que o veículo se encontrava parado no laboratório. Foi verificado, após a inserção do valor fixo, se o mesmo era representado na leitura de parâmetro correspondente.

3.5.2.8 Capacidade de captar erros

Para checar a capacidade do *software* de captar erros reais existentes, foi inserida uma falha no sistema de controle do motor e verificado se a leitura de códigos de falhas estava operacional.

A falha foi provocada através do desligamento intencional do eletro injetor do primeiro cilindro, condição que determina a gravação de código de erro correspondente. Os informes de erros captados são devidamente padronizados pela SAE1979 (SAE, 2006) e devem ser captados pelo *software scanner* educacionais através da Aba “Diagnóstico de Falhas”.

Para confirmar a captura, foi verificado se o código de erro correspondente foi indicado na tela de Falhas ao mesmo tempo em que se checou o acendimento da luz de alerta de avaria.

3.5.3 Validação com os docentes

Durante testes em diversas situações práticas do cotidiano do docente, foi desenvolvida outra etapa de entrevistas com seis docentes do SENAI. O foco nesse momento foi avaliar o modelo desenvolvido, em aplicações reais, buscando identificar os pontos positivos da ferramenta e oportunidades de melhoria. Nessa etapa foi utilizada a abordagem por escuta sensível, onde o entrevistador deixa o entrevistado opinar livremente, com interferências pontuais (BARBIER, 2002).

A avaliação do *scanner* educacional foi feita após o treinamento dos docentes para uso do *scanner*. O treinamento consistiu de uma sessão de aproximadamente dez minutos, na qual as funcionalidades do *scanner* foram demonstradas aos docentes, seguida de um período de cerca de 15 minutos para eles vivenciarem o *scanner* e tirarem dúvidas. Durante este processo, foram registrados comentários

feitos pelos docentes relativos ao uso do *scanner* educacional.

Após a etapa inicial de conhecimento da ferramenta, foi solicitado aos docentes para simular uma falha no sensor de temperatura do motor utilizando um *scanner* tradicional e o *scanner* educacional. A simulação de falha foi executada com o uso de um Chevrolet Onix. O sensor de temperatura do motor é integrante do sistema eletrônico de controle do motor, que no modelo testado era do fabricante Bosch. Este sensor foi escolhido por ser comum a todos os automóveis, de falha relativamente comum e impacto significativo no desempenho do motor, sendo, corriqueiramente, alvo de testes e simulações nos treinamentos, sendo indicado nas entrevistas com os docentes. A simulação com o *scanner* tradicional envolveu modificação física do sensor, enquanto a simulação com o *scanner* educacional foi desenvolvida através de modificação do parâmetro lido no *software*. Ambos os *scanners* utilizaram uma interface OBD/*WiFi*, propiciando uma comparação mais efetiva pela similaridade de interfaces.

O *scanner* tradicional utilizado foi o MDI, da General Motors, adequado para esta comparação por poder utilizar o mesmo tipo de interface *WiFi* e mesmo computador com *Windows*® utilizado pelo *scanner* educacional.

Para quantificar a comparação, foram medidos os períodos necessários para desenvolver as atividades de teste do sensor de temperatura de gerenciamento do motor, com o uso do novo *scanner* e com o uso da metodologia tradicional.

3.6 Entrevistas com docentes de montadoras e importadoras

A etapa final do desenvolvimento do *software* verificou se as impressões coletadas dos docentes do SENAI possuíam similaridade com quatro docentes que atuam em outras empresas do ramo automotivo.

Foi desenvolvido um questionário (Apêndice A.2) e aplicado a profissionais que atuam junto a montadoras e importadoras de veículos com o intuito de validar as entrevistas realizadas com os docentes do SENAI.

O Questionário trata do perfil do entrevistado e da sua atuação do profissional no que tange o treinamento em tecnologias automotivas e uso de ferramentas computacionais durante duas atividades.

Após o questionário, o docente foi convidado a experimentar o uso do *scanner* educacional. O objetivo dessa etapa foi verificar se as impressões de profissionais que atuam em treinamento de grandes empresas possuíam impressões semelhantes aos docentes do SENAI, que foram abordados nas entrevistas iniciais dessa pesquisa.

Os testes foram executados nas concessionárias e importadoras onde os docentes estavam atuando no momento da entrevista, utilizando-se um veículo Hyundai HB20 2015, do pesquisador.

Foram entrevistados quatro profissionais de quatro montadoras diferentes, sendo que três possuem fábricas no Brasil e uma quarta atua como importadora.

Resultados e discussões

4.1 Ferramentas utilizadas nas atividades de ensino

Antes de preparar e executar as aulas práticas em sistemas eletroeletrônicos embarcados, os docentes entrevistados planejam suas atividades. Em entrevista foram verificados os principais aspectos e desafios do planejamento e execução dessas atividades práticas.

A totalidade dos docentes entrevistados utiliza o *scanner* no dia a dia de suas atividades, bem como outras ferramentas de teste e diagnóstico sendo que o multímetro foi apontado pela totalidade como ferramenta bastante comum do docente em aulas práticas.

O Quadro 4.1 apresenta as principais observações apontadas pelos docentes nas suas atividades práticas com os alunos.

Quadro 4.1 – Estratificação das impressões dos docentes sobre as atividades práticas

Resposta / Observação	%
Utilizo o <i>scanner</i> no dia a dia das aulas	100
O multímetro também é utilizado	100
Modificar o veículo para simular falhas causa desgaste no mesmo	100
Determinadas modificações são facilmente identificáveis pelos alunos, reduzindo a efetividade da atividade	100
Usar o <i>scanner</i> motiva os alunos	100
Algumas falhas são difíceis de simular por falta de peças defeituosas	100
Preparar uma simulação de falha para uma aula prática demanda tempo, muitas vezes maior que a própria simulação em si.	100
Instalo peças defeituosas ou insiro resistências ou fios para simular falhas	83
Algumas falhas, se simuladas, podem trazer riscos de segurança ou danificar o veículo, como sensor de velocidade ou situações de superaquecimento	83
O <i>scanner</i> não foi inventado para ser didático e sim uma ferramenta profissional. O ideal seria se ele permitisse simular falhas.	83
Utilizo manuais de reparação nas aulas	67
Não utilizo o <i>scanner</i> para simular falhas, pois demanda tempo excessivo e causa muitos danos aos veículos. Uso apenas para demonstração.	17

Os docentes apontaram também, os tipos de simulações de falha que mais efetuam em práticas de sistemas eletroeletrônicos. A preferência das simulações foi fundamentada, segundo os docentes entrevistados, pela frequência em que ocorrem

na prática, dificuldade de diagnóstico, interesse dos alunos e viabilidade de execução. As simulações elencadas podem ser visualizadas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Simulações de falhas elencadas pelos docentes em entrevistas

Sensor / falha	%	Observação
Sensor de temperatura do motor	100	-
Sensor da borboleta	100	-
Sensor de rotação	50	Alguns docentes consideraram essa simulação complexa ou passível de inviabilizar o funcionamento do motor
Sonda lambda	33	Alguns docentes não consideram viável simular falha desse sensor com o <i>scanner</i> . Seria necessário usar um gerador de sinais.

Os docentes relataram que o *scanner* de diagnóstico automotivo utilizado na reparação não consegue atender em sua plenitude as atividades docentes. Quando utilizados para fins didáticos, os *scanners* automotivos apresentam limitações. Essas limitações foram relatadas nas entrevistas e estratificadas no quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Limitações da ferramenta *scanner* e sugestões de melhoria

Resposta / Observação	%
O <i>Scanner</i> tem Acesso restrito a determinados modelos e versões, mesmo os modelos ditos “universais”	100
Equipamento não permite simular defeitos ou inserir variáveis que não sejam os reais	100
Há uma vasta variedade de modelos: necessidade de diferentes estratégias de aula, bem como restrição a algumas atividades práticas	83
Equipamento tem custo elevado: superior a dois mil dólares	83
A tela é pequena e há restrições para conexões a projetor multimídia ou monitor externo de vídeo	83
Algumas operações exigem que o veículo esteja desligado ou completamente parado, o que restringe o uso educacional	67

4.2 Pré-requisitos do software *scanner* educacional apontados nas entrevistas

Com base nas entrevistas efetuadas, foram levantados os requisitos para o desenvolvimento do *software scanner* automotivo educacional. Por requisitos, entendem-se as funções, objetivos, propriedades, restrições que o sistema deve possuir para satisfazer as necessidades apontadas pelos docentes (PRESSMAN, 2009). O Quadro 4.4 estratifica os requisitos levantados a partir das respostas das

entrevistas com os docentes.

Quadro 4.4 – Requisitos com base nas respostas dos docentes

Resposta / Observação	%
Possibilidade de comunicação com o veículo via interface serial, USB, Wi-fi ou Bluetooth	100
Interface de comunicação padrão OBD	100
Identificação do VIN (<i>Vehicle Identification Number</i>) do veículo	100
Dois perfis de acesso - docente e aluno - permitindo configurar dados	100
Possibilidade de simular falhas, através da alteração dos dados exibidos e inserção de códigos de falha inexistentes, de forma produtiva e segura	100
Dados exibidos em tela de fácil visualização	83
Uso semelhante a um <i>scanner</i> tradicional	83
<i>Software</i> leve e de fácil instalação e utilização, de modo a permitir ampla difusão e uso	67
<i>Software</i> para plataforma <i>Windows</i> ® através de um PC ou tablet / smartfone	50

Com os dados levantados foi possível detalhá-los, desdobrando os requisitos nos atributos definidos nos próximos itens.

4.2.1 Tipo de Comunicação com o veículo

Para que um dispositivo externo se comunique com um veículo através da sua porta OBD, algumas opções de interface estão disponíveis no mercado. A função da interface é conectar a porta ao PC, tablet ou dispositivo externo.

Pesquisando no mercado, foram identificados os seguintes tipos:

- Interface OBD – USB: permite que a comunicação ocorra através de um cabo USB, bastando instalar um driver que é fornecido com o cabo;
- Interface OBD – *Bluetooth*: cria a comunicação através de rádio frequência, dispensando fios. Exige que o dispositivo externo tenha conexão *Bluetooth*;
- Interface OBD – *WiFi*: esse modelo cria uma rede *WiFi* específica para conexão, também utiliza rádio frequência, dispensando fios. Exige que o dispositivo externo tenha conexão *Wifi*.

Com o intuito de definir o melhor tipo de conexão para o projeto, foram adquiridos exemplares das três opções de conexão e realizados alguns testes de alcance e praticidade. Após esses testes, foi criada uma matriz de decisão, tendo como base as vantagens e limitações de cada opção. Essa matriz pode ser visualizada no

Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Matriz de decisão para tipo de interface OBD utilizada

Tipo de conexão	Alcance	Custo (US\$)	Praticidade
USB	3 metros (limitado ao tamanho do fio)		Estável, mas limita mobilidade
<i>Bluetooth</i>	10 metros	20,00	Requer conexão Bluetooth, libera porta USB para recarga ou osciloscópio
<i>WiFi</i>	30 metros	32,50	Requer conexão WiFi, libera porta USB para recarga ou osciloscópio

Para teste da interface, foi utilizado o aplicativo em código aberto ForScan. Com o uso de *iPad* e de um PC foram testadas as diversas interfaces. No teste foi utilizado um Ford Ecosport 2015, onde foram acessados os parâmetros do motor e do câmbio automatizado.

Embora com o custo maior, a interface *WiFi* mostrou-se mais adequada, pelos motivos elencados abaixo:

- Interface *WiFi* é sem fios e com grande alcance, permitindo ao docente posicionar seu PC ou dispositivo externo mais distante do veículo que está sendo testado, melhorando a visualização e permitindo conexão com monitores ou projetores, por exemplo;
- Interface *WiFi* em PCs e Tablets é comum: de fato desde modelos de PC de baixo custo já possuem incorporados placas de rede sem fio (WiFi), ao passo que a conexão Bluetooth já é mais restrita a modelos mais caros;
- Não utiliza a porta USB do dispositivo externo: alguns dispositivos, em especial os tablets, possuem uma única conexão USB que por vezes é utilizada como ponto de recarga, o que limitaria o uso à carga remanescente nas baterias. Outro fator importante é a liberação da conexão USB para outras aplicações didáticas, como osciloscópios com conexão USB e impressoras, por exemplo.

4.2.2 Plataforma e linguagem

De acordo com dados levantados nas entrevistas, o *scanner* automotivo educacional deve ser uma aplicação que funcione em um microcomputador sem maiores exigências de especificação, de preferência o próprio *notebook* que o docente utiliza em sala de aula para projetar seus slides e acessar as informações técnicas que necessita.

A utilização de um PC com sistema operacional *Windows*® foi o escolhido devido à sua ampla utilização. A linguagem escolhida foi o Java, por sua simplicidade. O programa foi desenvolvido de forma que possa também ser instalado em tablets, desde que na plataforma *Windows*®.

O programa tem um executável de cerca de 6 MB, sendo leve e rápido, permitindo seu uso mesmo em um PC com configuração modesta. O PC utilizado para os testes foi um HP equipado com processador Intel i3 com 4Gb de memória RAM e *Windows*® versão 8.1.

4.2.3 Perfis de uso do programa

Um *scanner* com aplicação didática requer que se escolha quem irá operar, a depender de suas prerrogativas. A escolha permite que o docente prepare atividades as simulações que deseja efetuar, antes que o aluno inicie a atividade programada com o uso da ferramenta:

- Docente - permite configurar as falhas e alterações de dados a serem simulados;
- Aluno – permite acesso aos dados e falhas simuladas, sem ter conhecimento das modificações feitas no perfil do docente.

Para viabilizar isso, o operador deve ter a seu alcance uma tela onde o mesmo se identifica como professor ou aluno. O professor, mediante uma senha, escolhe os parâmetros que deverão ser mostrados e se deseja alterar ou suprimir algum.

As telas do *software* são comentadas na seção 4.3.10.

4.2.4 Modificação dos dados lidos via OBD

Esse requisito é o principal diferencial de um programa *Scanner* Automotivo educacional. Tal funcionalidade permite ao docente escolher o que será mostrado ao

aluno, além de possibilitar se alterar o valor medido por um percentual inserido ou até mesmo fixar o valor em determinada quantia. Essa característica permite simular falhas ou determinar valores inconsistentes para uma determinada condição de operação do veículo, sem a necessidade de alterações físicas nos sistemas eletroeletrônicos e com total segurança.

Modificar o veículo para simular falhas é, de acordo com as pesquisas realizadas, causador de desgastes nos veículos usados nas práticas, com danos em cabos e conectores e consequente redução na vida útil. Durante os experimentos foram constatados danos nos veículos usados nas práticas, conforme pode ser observado na figura 4.1.

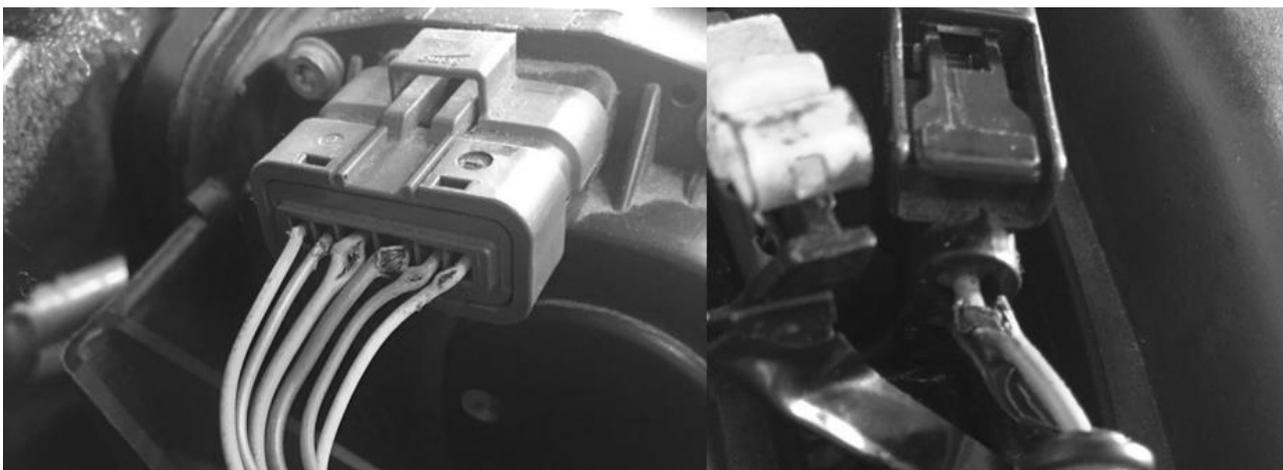


Figura 4.1 – Conectores e cabos danificados em aulas práticas durante simulações de falhas em sistemas eletroeletrônicos embarcados. Fonte: Autor.

4.2.5 Leitura dos dados

Uma tela deve demonstrar todos os dados que foram selecionados, bem como valores e unidades de medida. Devem ser frequentes as atualizações nas medições, de sorte a se ter medições o mais próximo do tempo real possível.

O tempo de atualização é dependente do tráfego da rede automotiva do veículo de teste, bem como depende da quantidade de parâmetros que está sendo acessado ao mesmo tempo. O tempo de resposta e atualização depende desses fatores e também é estabelecido pela norma SAE J1979 (SAE, 2006).

4.2.6 Acesso ao VIN do veículo de teste

Um requerimento citado nas entrevistas foi a possibilidade do *scanner* acessar o Número de Identificação do Veículo. O VIN (*Vehicle Identification Number*), é um código padronizado internacionalmente, popularmente chamado “número de chassi do veículo”. O código é dividido em cinco partes (SAE, 1981), como exemplificado na

figura 4.2:

- Fabricante e Localização Geográfica – indica qual o país onde o veículo foi fabricado, bem como o fabricante do mesmo;
- Fábrica – identifica entre as diversas fábricas presentes no país, qual a que fabricou o modelo;
- Modelo de veículo;
- Versão – características do modelo de veículo, como tipo de carroceria, motorização etc.;
- Sequencial – indica ano de fabricação e sequência.

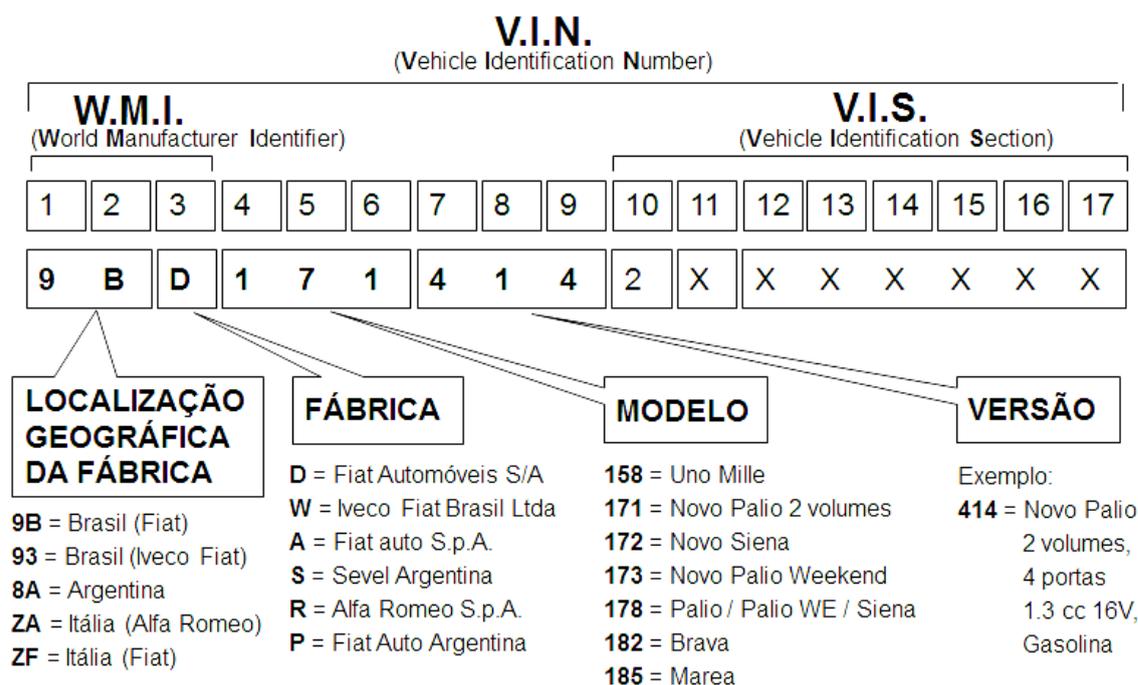


Figura 4.2 – Exemplo de composição do VIN (*Vehicle Identification Number*)

A importância da identificação desse número decorre do acesso a determinadas especificações técnicas, que muitas vezes diferem em função do VIN. O acesso a esse código diretamente na tela, além de facilitar o trabalho do docente, fomenta nos alunos a prática da consulta correta a manuais de serviço.

4.2.7 Possibilidade de inserção de novos parâmetros

Uma rotina de inserção de novos parâmetros permite que o docente atualize o scanner automotivo educacional com novos parâmetros que SAE venha a padronizar no futuro.

Com as informações de identificação do parâmetro disponibilizado na norma SAE J1979 – denominado PID (*Parameter Id*), o *scanner* pode acessar novos parâmetros. Essa funcionalidade permite ao *scanner* automotivo educacional manter-se atualizado enquanto a norma SAE do protocolo OBD permanecer válida. Os *scanners* tradicionais exigem que se instalem novas versões, o que muitas vezes implica em custos elevados de aquisição de novas licenças.

4.3 Desenvolvimento do software proposto

O modelo computacional proposto, designado como *scanner* automotivo educacional será apresentado nessa seção, de forma a compreender sua operação e relação com o veículo, alunos e professor. Os principais elementos a serem utilizados são diagramas, fluxogramas e descritivos, de sorte que a operação e funcionamento da ferramenta possam ser entendidos corretamente pelo leitor, independentemente do seu conhecimento na linguagem de programação utilizada pela ferramenta (LARMAN, 2002).

4.3.1 Atores

No modelo proposto, podemos citar os seguintes atores:

- Professor – Escolhe os parâmetros eletroeletrônicos que serão acessados do veículo; configura como esses parâmetros serão demonstrados, se em valores reais, ou valores modificados para simular falhas;
- Aluno – acessa e interpreta os parâmetros mostrados pelo sistema;
- *Software scanner* automotivo educacional – depois de configurado, solicita as informações dos parâmetros selecionados ao veículo, decodifica-os e os dispoem na tela;
- Veículo – servidor que, uma vez solicitado através de comunicação via conector OBD, fornece os dados dos parâmetros requeridos.

4.3.2 Especificação de requisitos

Requisitos são os objetivos ou restrições estabelecidas por clientes e usuários do sistema que definem as diversas propriedades do *software scanner* educacional. Esses requisitos se dividem em funcionais e não funcionais.

4.3.2.1 Requisitos Funcionais

Descrevem as diversas funções que o *software* deve oferecer para atender aos docentes que os utilizarão. Esses requisitos são:

- O *software* deve se comunicar com veículo equipados com porta de comunicação padrão OBD por intermédio desta interface;
- O *software* deve permitir a leitura de dados dos sistemas eletroeletrônicos embarcados de acordo com a norma SAE J1979;
- O *software* deve permitir a leitura de eventuais falhas existentes que foram captadas pelo sistema eletroeletrônico do veículo;
- O *software* deve permitir acesso prévio do docente, para modificação e exclusão de dados que serão disponibilizados posteriormente aos alunos;
- O *Software* deve permitir atualização dos parâmetros de leitura, de acordo com a forma estabelecida pela norma SAE.

4.3.2.2 Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais definem as qualidades globais do *software*, tais como propriedades e restrições do sistema. De forma geral, possuem referência com os requisitos funcionais descritos anteriormente. Os requisitos não funcionais do *software scanner* educacional são:

- O *software* deve se comunicar com o veículo através de uma interface padrão OBD / *WiFi*;
- O *software* deve se comunicar com o veículo para obter dados e falhas respeitando os requisitos descritos na norma SAE J1979;
- O acesso ao perfil do docente no *software* deve ser por intermédio de senha.

4.3.2.3 Requisitos de Interface

A Interface gráfica do *software* desenvolvido é padrão *Windows*[®], com abertura de janelas com os diversos perfis e telas e utilização de mouse para escolha de itens, menus e submenus. A interface inicial do *software* terá o campo de definição do IP para estabelecer a comunicação com o veículo por intermédio da interface OBD / *WiFi*. Após a definição do IP, o *software* solicita o tipo de perfil de uso – docente ou aluno, sendo solicitada senha para a primeira opção.

A depender do perfil escolhido, o usuário terá acesso a diferentes telas, conforme se pode visualizar nos *Wireframes* descrito nas figuras 4.3 e 4.4, respectivamente alunos e docente.

- Interfaces de Hardware: O hardware é composto por um PC com *Windows*® e um cabo interface OBD / *WiFi*. O computador deverá ser capaz de se comunicar com o veículo via interface OBD e realizar leitura de dados e códigos de falha atendendo os requisitos da norma SAE J1979.
- Interface de Comunicação: A comunicação com o veículo é estabelecida via *WiFi* com um cabo adaptador OBD *WiFi*. O IP e porta da interface OBD deverão ser inseridos na tela inicial do *software* - Figura 4.3.

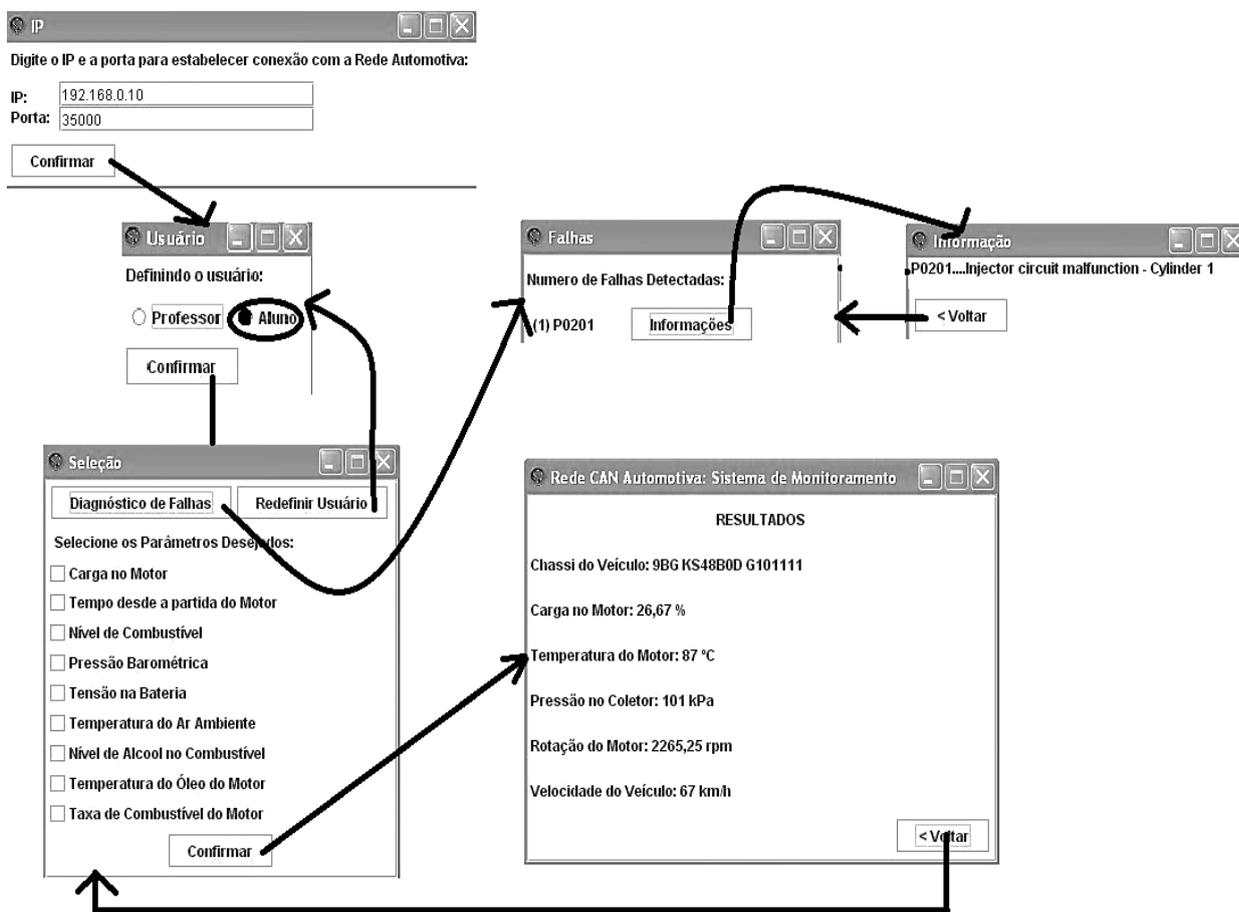


Figura 4.3 – Fluxo de telas do perfil do aluno. Fonte: Autor

Para o perfil do docente, o fluxo de telas pode ser visualizado na Figura 4.4.

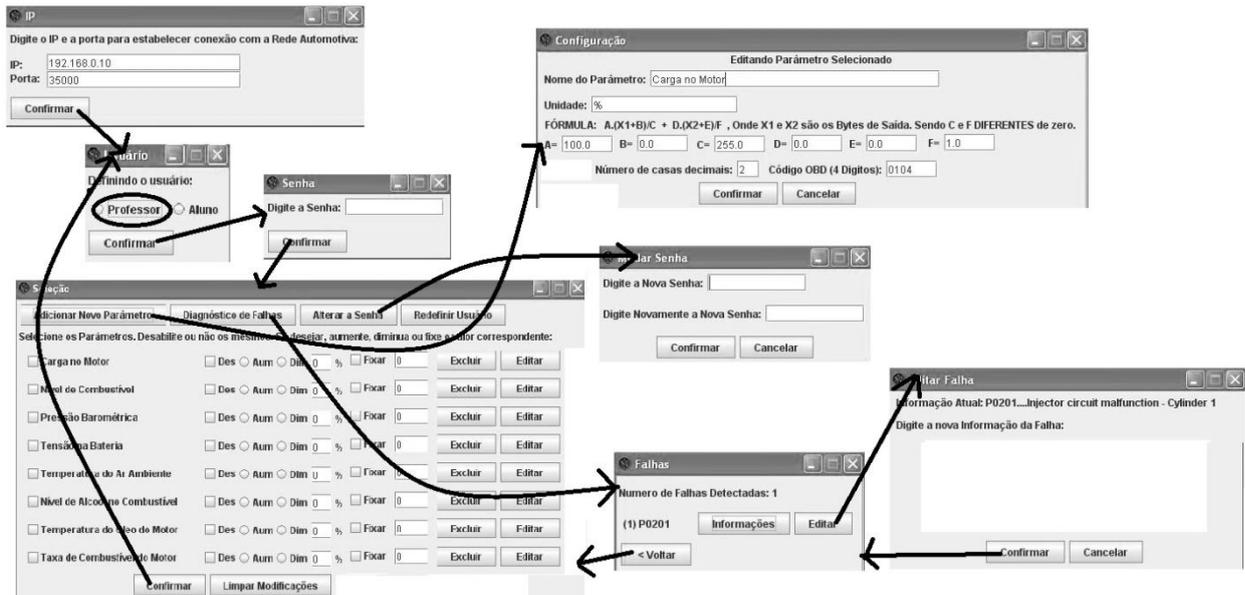


Figura 4.4 – Fluxo de telas do perfil do docente. Fonte: Autor.

4.3.3 Diagramas de caso de uso

Nesse diagrama são identificados os atores que de alguma forma interagem com o *software*, bem como os serviços, ou seja, as opções que o sistema disponibilizará aos atores, conhecidas neste diagrama como Casos de Uso. A Figura 4.5 apresenta esse o diagrama de caso de uso do *scanner* automotivo educacional para o perfil do professor.

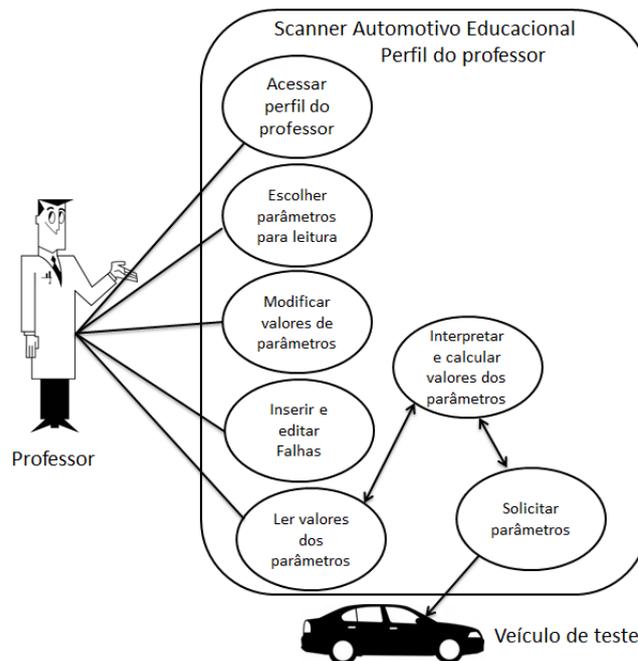


Figura 4.5 – Diagrama Caso de Uso do *Scanner* no perfil do professor. Fonte: Autor.

A especificação do Caso de Uso do *Scanner* Educacional proposto para o perfil do professor pode ser visualizada no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Especificação de Caso de Uso para o perfil do professor. Fonte: Autor.

Especificação de Caso de Uso Perfil do Professor		
Professor	Sistema	Veículo
	Apresenta Escolha de perfil	
Seleciona o perfil do Professor		
	Solicita senha do docente	
Inserir a senha		
	Apresenta Tela de seleção e alteração de parâmetros	
Modifica valores dos parâmetros		
	Solicita parâmetros ao veículo	
		Envia parâmetros Solicitados
	Interpreta e calcula parâmetros conforme modificações do professor	
Seleciona adicionar novo parâmetro		
	Apresenta tabela, solicitando dados do novo parâmetro a ser inserido	
Preenche tabela com dados do novo parâmetro		
	Inserir novo parâmetro	
Solicita diagnóstico de falhas existentes		
	Apresenta falhas existentes e aguarda edição para inserção de novas falhas	
Inserir ou não novas falhas		
	Memoriza falhas que devem ser apresentadas	

Para definir o perfil do aluno, o Diagrama de Caso de uso está ilustrado na Figura 4.6.

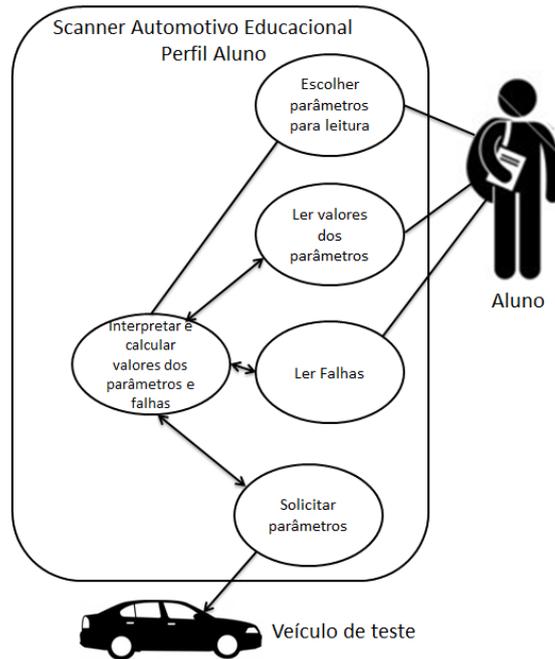


Figura 4.6 – Diagrama Caso de uso do Scanner no perfil do aluno. Fonte: Autor.

A especificação de uso para esse caso de uso, pode ser visualizada Quadro 4.7.

Quadro 4.7 - Especificação de Caso de Uso para o perfil do aluno. Fonte: Autor.

Especificação de Caso de Uso Perfil do Aluno		
Aluno	Sistema	Veículo
Escolhe parâmetros que deseja ler		
	Solicita parâmetros	
		Envia parâmetros
	Interpreta e apresenta parâmetros calculados	
Lê valores dos parâmetros apresentados		
Solicita lista de códigos de falha		
	Solicita lista de falhas	
		Envia lista de falhas
	Interpreta e apresenta lista de falhas de acordo com ajustado pelo professor	
Lê lista de falhas apresentadas		

O aluno escolhe os parâmetros que deseja acessar para desenvolver a sua prática. Ao confirmar a escolha, o sistema envia ao veículo as solicitações de

parâmetros traduzidas na forma de PID's (*Parameter Id*). O veículo retorna os parâmetros solicitados, sendo que o sistema os receberá, submetendo-os aos cálculos para expor na tela. Cabe finalmente ao aluno ler e interpretá-los como parte de sua atividade prática.

Outra possibilidade ao aluno, é solicitar códigos de falha dos sistemas eletroeletrônicos embarcados. O sistema envia a solicitação, o veículo devolve a lista solicitada para ser tratada conforme ajustado previamente pelo professor. O sistema então apresenta as falhas para que seja lida pelos alunos.

4.3.4 Diagrama de Classes

O diagrama que demonstra as diversas relações existentes no *software* pode ser visualizado na Figura 4.7.

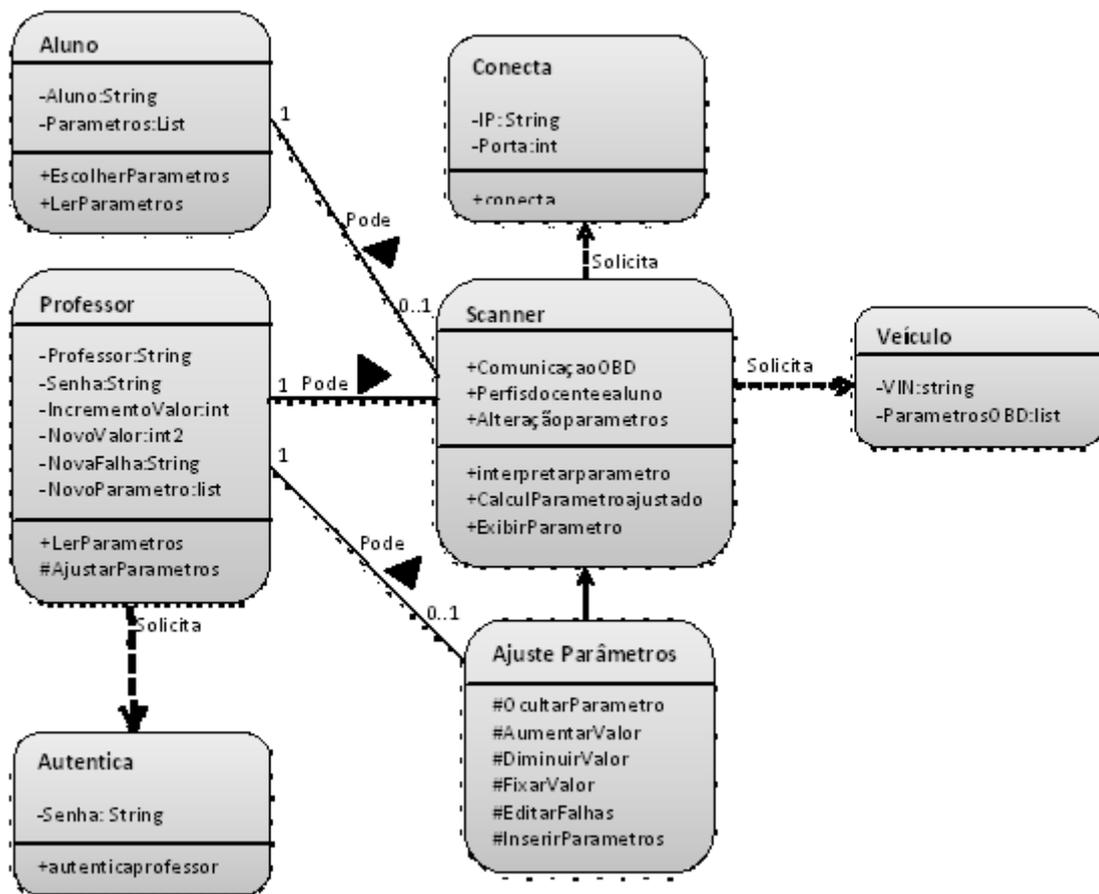


Figura 4.7 – Diagrama de Classe do *software* Scanner Educacional Proposto

O diagrama representa a estrutura do *software*, representando os vários tipos de objetos no sistema e o relacionamento entre eles (LARMAN, 2002). Podemos ver os atores e as atividades macro do sistema, inclusive suas relações externas de solicitação de parâmetros e conexão com interfaces. Atividades restritas ao professor, como o ajuste de parâmetros, é representado bem como a solicitação de senha para

esse acesso.

4.3.5 Diagramas de Sequência

Os diagramas de sequência detalham como objetos colaboram para implementar os cenários de caso de uso descritos anteriormente (LARMAN, 2002). Da mesma forma que nas descrições anteriores, como correspondem a acessos e atividades distintas, os diagramas foram divididos em perfil do professor e perfil do aluno, como podem ser visualizados respectivamente nas Figuras 4.8 e 4.9.

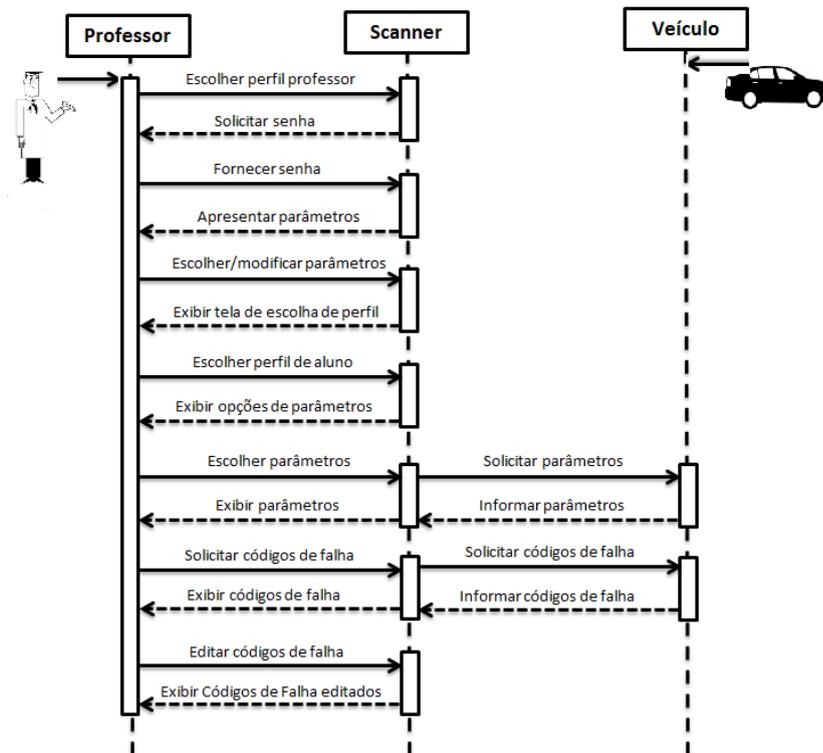


Figura 4.8 – Diagrama de sequência caso de Uso do perfil do Professor. Fonte: Autor.

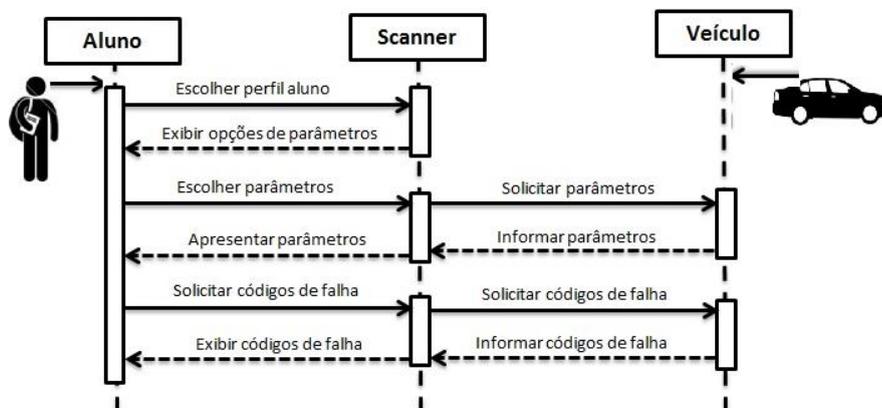


Figura 4.9 - Diagrama de sequência caso de Uso do perfil do Aluno. Fonte: Autor.

4.3.6 Diagramas de Atividades

Um diagrama de atividade é a representação onde se mostram as atividades que compõem um processo do sistema e seu fluxo de controle. O objetivo do diagrama de atividades é decompor o processo em suas atividades, demonstrando como uma atividade é dependente da outra (LARMAN, 2002).

4.3.6.1 Escolha do Perfil

Na escolha de perfil, o usuário do sistema se identifica como Aluno ou Professor, sendo que para continuar como professor é necessário inserir uma senha. O perfil do professor dá acesso a uma atividade de ajuste de parâmetros, ao passo que o Aluno é conduzido diretamente para a atividade “Mostrar parâmetros”. O diagrama dessa atividade pode ser visualizado na Figura 4.10.

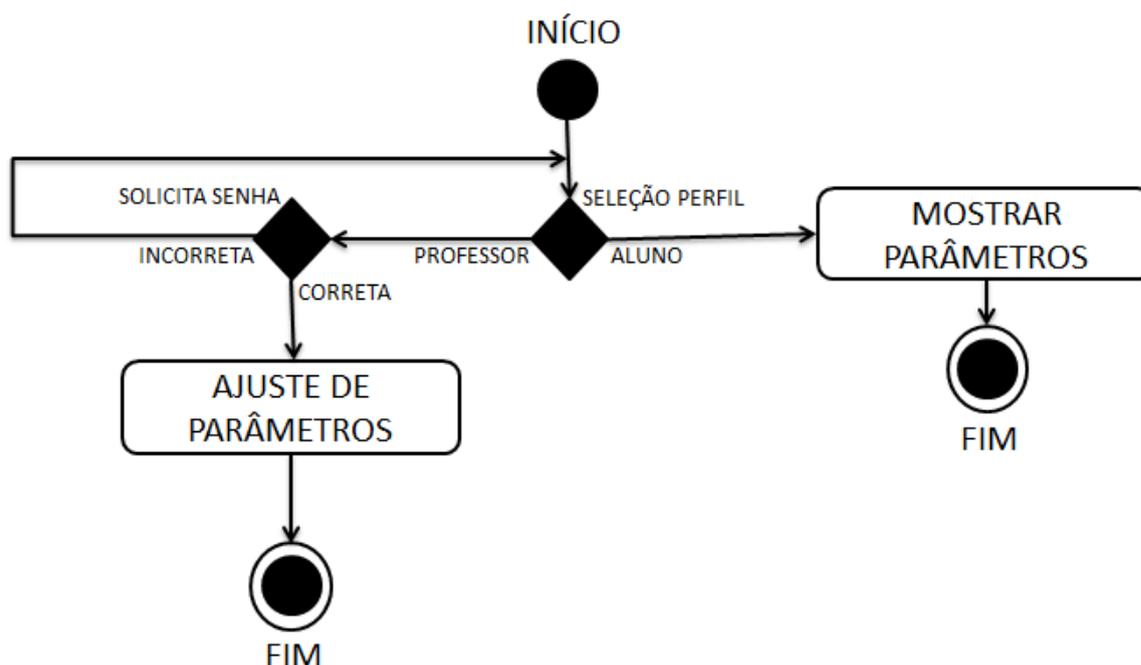


Figura 4.10 – Diagrama de atividade Escolha do perfil. Fonte: Autor.

4.3.6.2 Perfil do Professor

O professor tem três atividades disponíveis na atividade Perfil do professor, respectivamente Ajuste de parâmetros, Alterar Senha e Diagnóstico de Falhas. Essa

atividade pode ser visualizada na Figura 4.11.

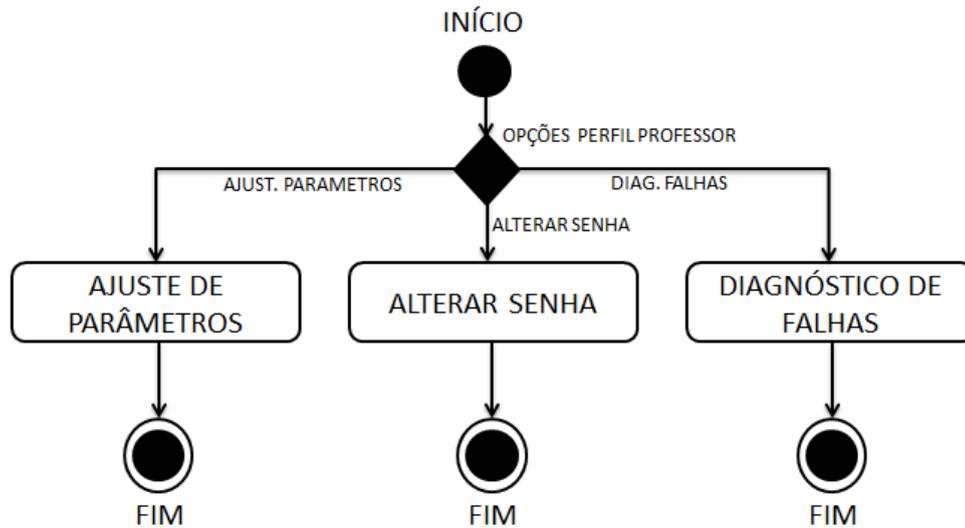


Figura 4.11 – Atividade Perfil do Professor. Fonte: Autor.

4.3.6.3 Ajuste de parâmetros

Na atividade Ajuste de parâmetros, o professor pode selecionar o parâmetro que será exibido na atividade Amostra de Parâmetros, bem como lhe é possível alterar os valores exibidos, tal como mostra a Figura 4.12.

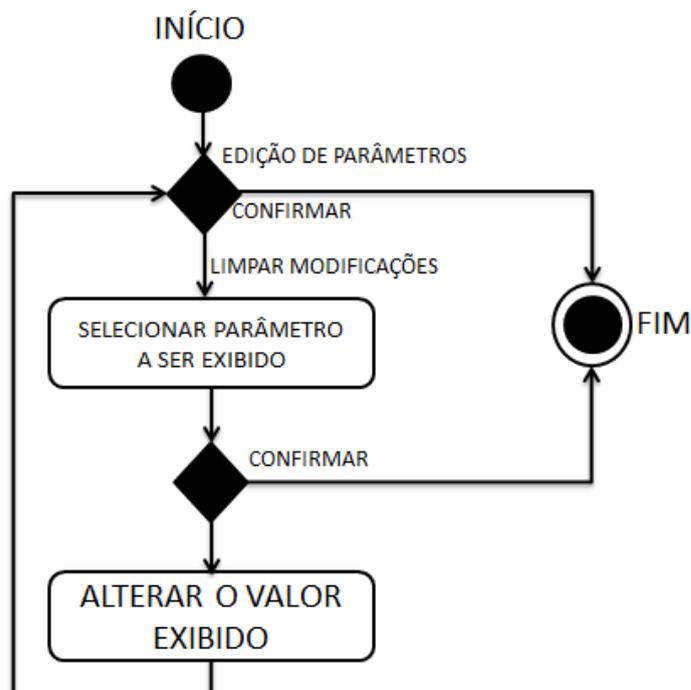


Figura 4.12 – Atividade Ajuste de parâmetros. Fonte: Autor.

4.3.6.4 Alterar Senha

Na atividade de alteração de senha, o professor possui autorização, clicando na

aba correspondente, para modificar sua senha de acesso à atividade Ajuste de parâmetros. Essa atividade pode ser visualizada na Figura 4.13.

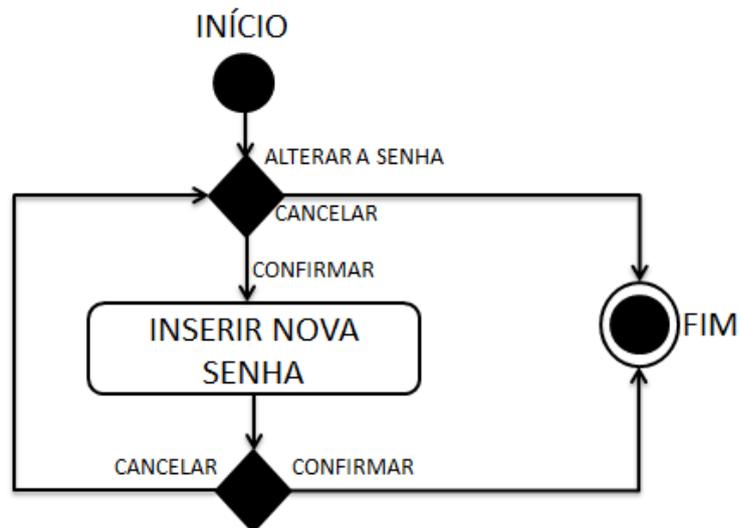


Figura 4.13 – Diagrama de atividade Alterar Senha. Fonte: Autor.

4.3.6.5 Diagnóstico de Falhas

Na atividade Diagnóstico de Falhas, o docente consegue visualizar os códigos de falas reais e simulados do veículo de teste e, caso lhe seja conveniente, insere nova falha que passa a ser visualizada. Essa atividade tem seu diagrama demonstrado na Figura 4.14.

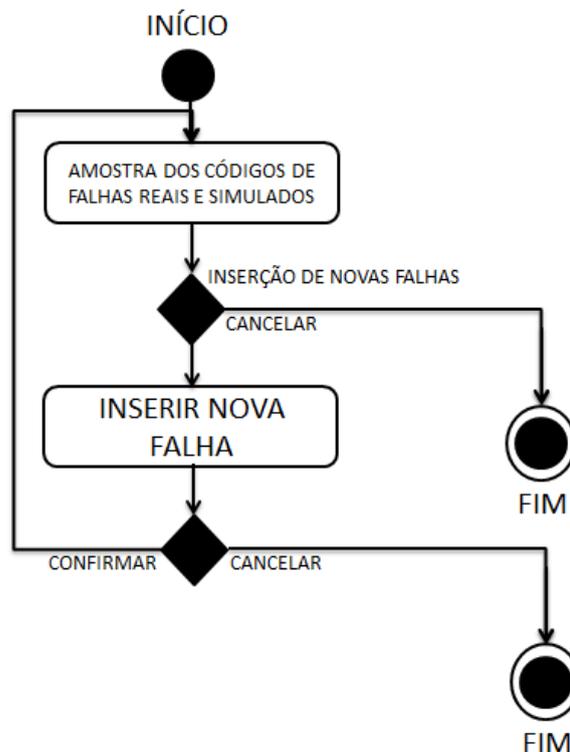


Figura 4.14 – Diagrama de Atividade Diagnóstico de Falhas. Fonte: Autor.

4.3.6.6 Adicionar novo Parâmetro

Na atividade adicionar novo parâmetro, é permitido ao docente inserir um parâmetro novo, tendo por base as informações do mesmo constantes na norma SAE (SAE, 2006). Essa atividade tem seu diagrama demonstrado na Figura 4.15.

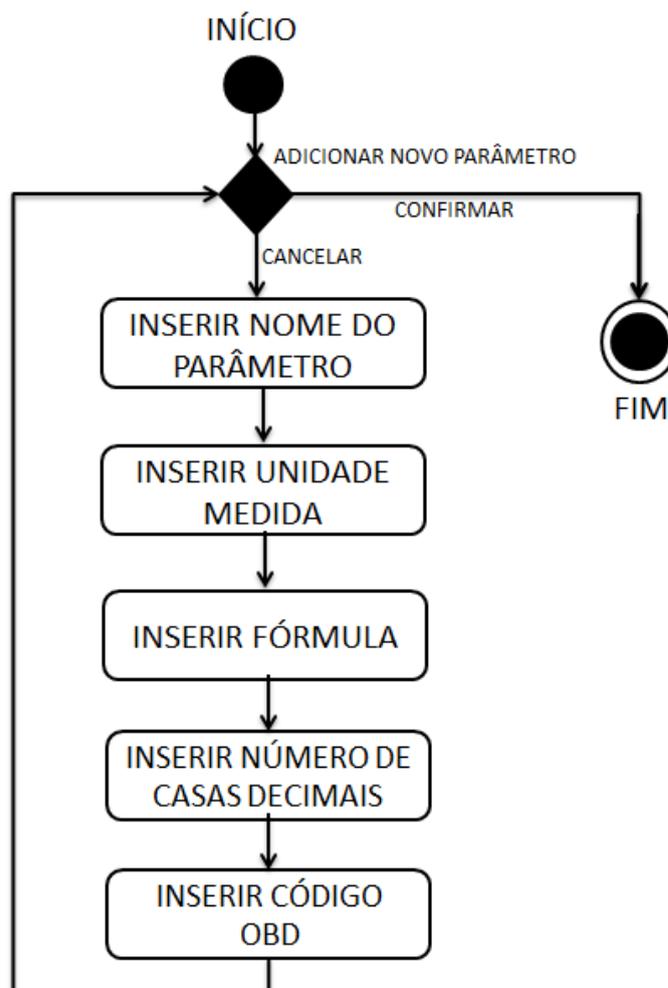


Figura 4.15 – Atividade Adicionar Novo Parâmetro. Fonte: Autor.

4.3.7 Resumo da operação do software

Podemos resumir a operação do modelo proposto a duas atividades principais: a leitura de parâmetros pelos alunos e acesso aos parâmetros pelo docente, com o intuito de selecioná-los e modifica-los.

A ilustração 4.16 demonstra essas atividades básicas, com respectivos fluxos que representam as operações de cada ramo – docente ou aluno, bem como os pontos de retorno ou saída de cada rotina. O ramo do lado direito (leitura dos parâmetros pelo aluno) teve seus detalhes tratados na seção 4.3.3.

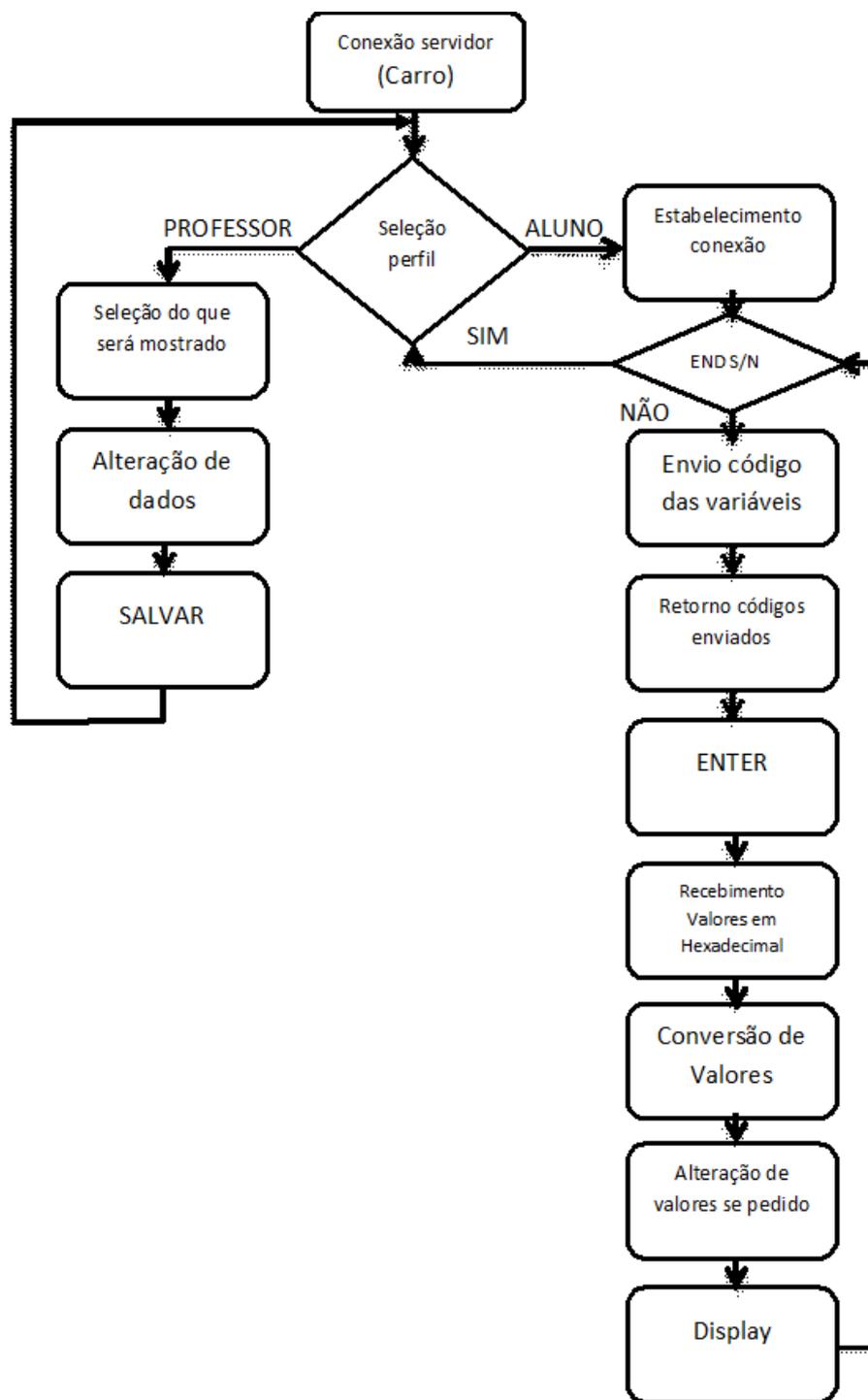


Figura 4.16 - Fluxograma com principais atividades do *scanner* educacional. Fonte: Autor.

4.3.8 Interação do software com o veículo

O *scanner* automotivo educacional deve se comunicar com o veículo através do conector OBD existente no mesmo. O procedimento adotado para efetuar essa

comunicação é através da comunicação entre o PC e o veículo ocorre como demonstrada na Figura 4.17.



Figura 4.17 – Aspecto do funcionamento do modelo. Fonte: Autor.

Para conectar o computador à rede CAN via WIFI é utilizado um mecanismo de comunicação de dois sentidos, denominado Socket, que permite estabelecer uma comunicação com protocolo TCP/IP pelo JAVA, tendo-se em mãos o IP e porta do servidor que se quer estabelecer conexão. Um *software* em JAVA que utiliza sockets normalmente é composto por uma parte servidora e uma parte cliente. Na figura 4.18, pode-se ver o fluxo básico, que ocorre quando um cliente solicita determinado serviço ao servidor, o servidor processa a solicitação e devolve a informação ao cliente. Ocorre uma constante troca de dados até que se encerre a conexão.

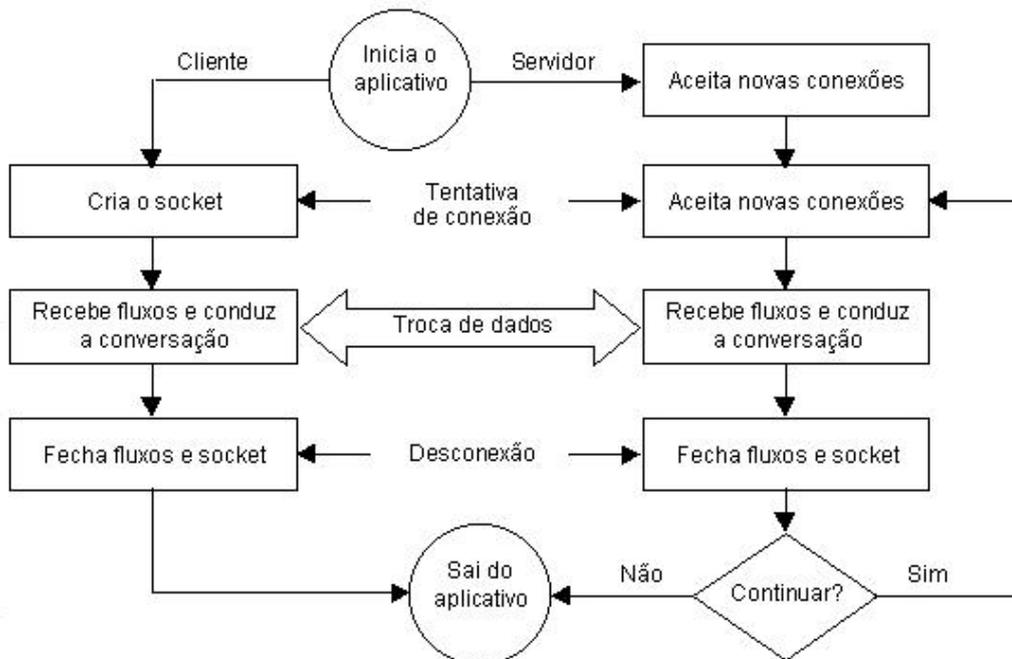


Fig. 4.18 – Fluxo de troca de informações com Socket. Fonte: Autor

O hardware utilizado (interface OBD-WiFi) cria na rede WiFi um IP 192.168.0.10 e porta 35000. O estabelecimento da comunicação para troca de informações foi então desenvolvida.

O hardware é constituído de um cabo que possui embarcado um micro controlador (ELM327, 2015). O dispositivo, que tem seu diagrama de bloco exposto na Fig. 4.19, atua como ponte entre o protocolo OBD e protocolos de comunicação com PC, tais como RS232, USB, Bluetooth ou *WiFi*. O seu uso permitiu a conexão onde foi construído o código do que se chama de “cliente” e assim é feita a comunicação “Cliente-Servidor”.

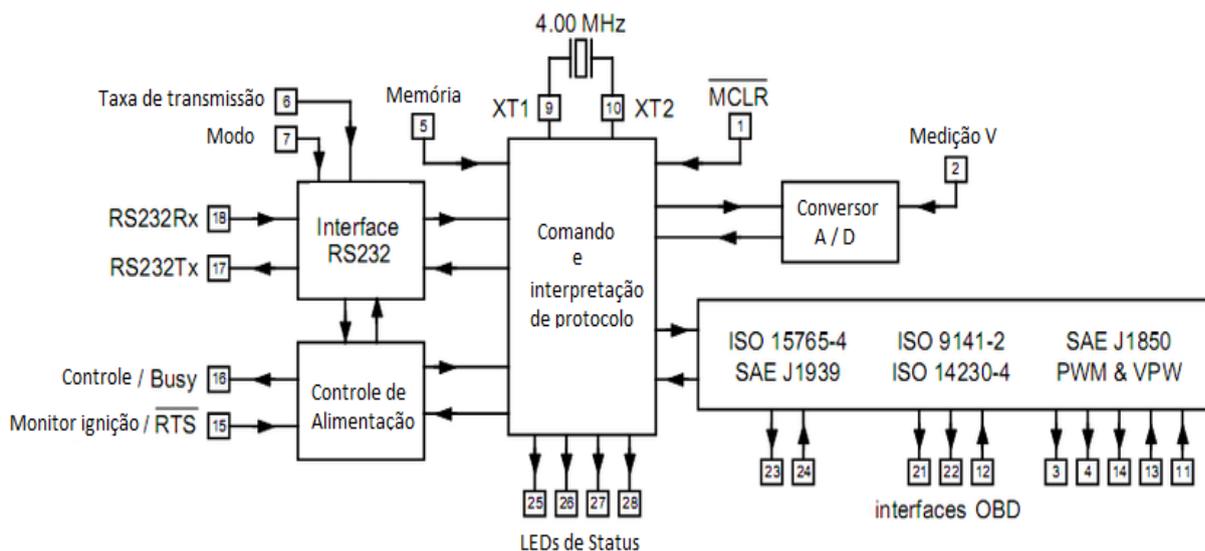


Figura 4.19 – Diagrama de bloco micro controlador (ELM327, 2015)

Uma vez tendo sucesso na conexão, é criado um fluxo de dados para permitir o envio e recebimento de informação do Servidor.

4.3.8.1 Solicitação e leitura de parâmetros

Para leitura de determinado parâmetro escolhido, são enviados ao veículo 2 Bytes (*mode*+PID). A Central endereçada responde via CAN através de 1 ou 2 Bytes (A e B). De posse dos Bytes A e B realiza-se o cálculo da medida, utilizando-se da fórmula padronizada para aquele parâmetro na SAEJ/1979.

De forma simplificada, o processo de leitura pode ser compreendido através do exemplo da Fig. 4.20.

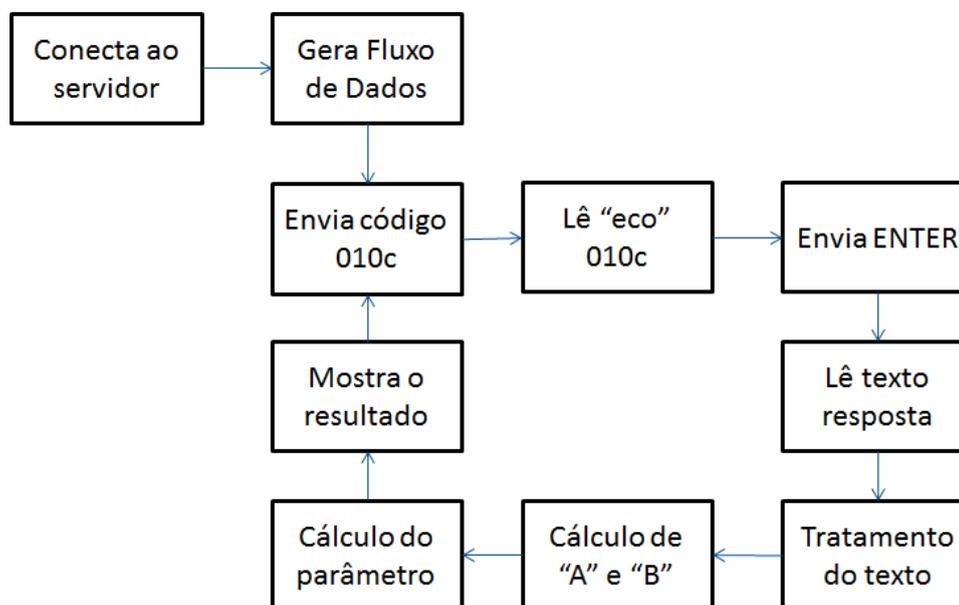


Fig. 4.20 – Fluxo sintetizado de leitura de um parâmetro exemplo. Fonte: Autor

Considerando um exemplo: a requisição do parâmetro “rotação do motor”. O fluxo descrito abaixo é realizado pelo software, onde os dados são enviados e recebidos na forma de texto (*string*):

- O comando “010c” (Rotação do Motor) é enviado à rede CAN;
- O servidor envia o “eco” da informação, retornando “010c”;
- O caractere ENTER é enviado ao servidor, que corresponde ao Decimal “13”;
- Com isso, o servidor envia a seguinte texto para o cliente: {0D}41 0C xx xx {0D}{0D}>
- {0D} corresponde ao caractere ENTER e xx são os caracteres que irão determinar o valor da rotação;
- O caractere “>” indica que o servidor terminou o envio de dados para o cliente;
- Exemplo: {0D}41 0C 12 20 {0D}{0D}>
- A=12 e B=20 (Hexadecimal) e a fórmula é $Rotação = (A * 256 + B) / 4$;
- A=12(Hex)=18 e B=20(hex)=32, com isso podemos calcular o valor: Parâmetro de rotação lido = $(18 * 256 + 32) / 4 = 1.160$ rpm.

O valor captado é submetido à outra fórmula, a que determina o que será exibido na tela. Caso o docente mantenha inalterado o valor desse parâmetro na

interface do usuário docente, o 1.160 é exibido, caso não, o valor exibido será correspondente ao resultado 1.160 submetido à fórmula de modificação determinada pelo docente.

4.3.9 Telas e Interface gráfica do modelo

O modelo proposto apresenta como interface gráfica algumas telas, disponíveis a depender do perfil e função escolhida.

4.3.9.1 Perfis de uso do programa

Telas que permitem a opção do perfil, sendo que ao se confirmar o perfil professor, uma tela com solicitação de senha é exibida, conforme se pode visualizar na Figura 4.21.

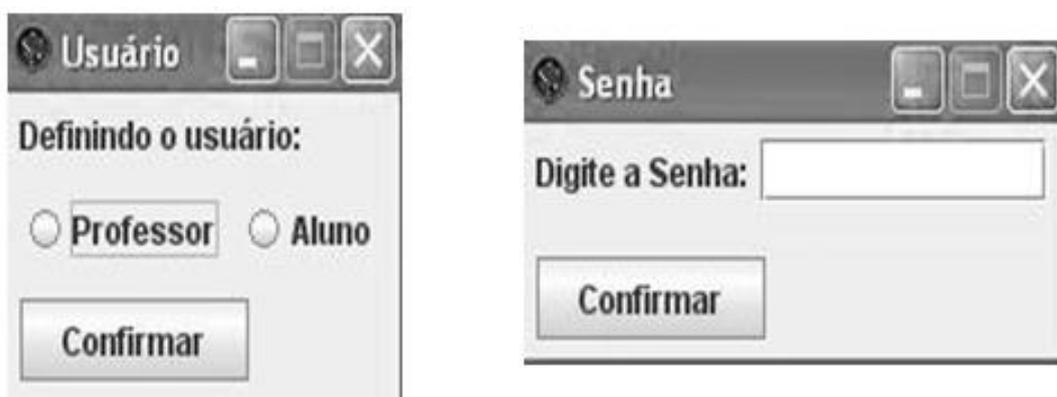


Figura 4.21 – Tela de escolha de perfil de acesso. Fonte: Autor

4.3.9.2 Ajustes dos parâmetros

Essa tela, restrita ao perfil do professor, apresenta uma lista dos parâmetros passíveis de serem monitorados, bem como faculta ao professor alterar ou ocultar os valores correspondentes a esses parâmetros. Através de Orelhas da tela, é permitido o acesso a outras funcionalidades, como alteração de senha, inserção de códigos de falhas e inserção de novos parâmetros.

A Figura 4.22 ilustra as seleções e processos correspondentes.

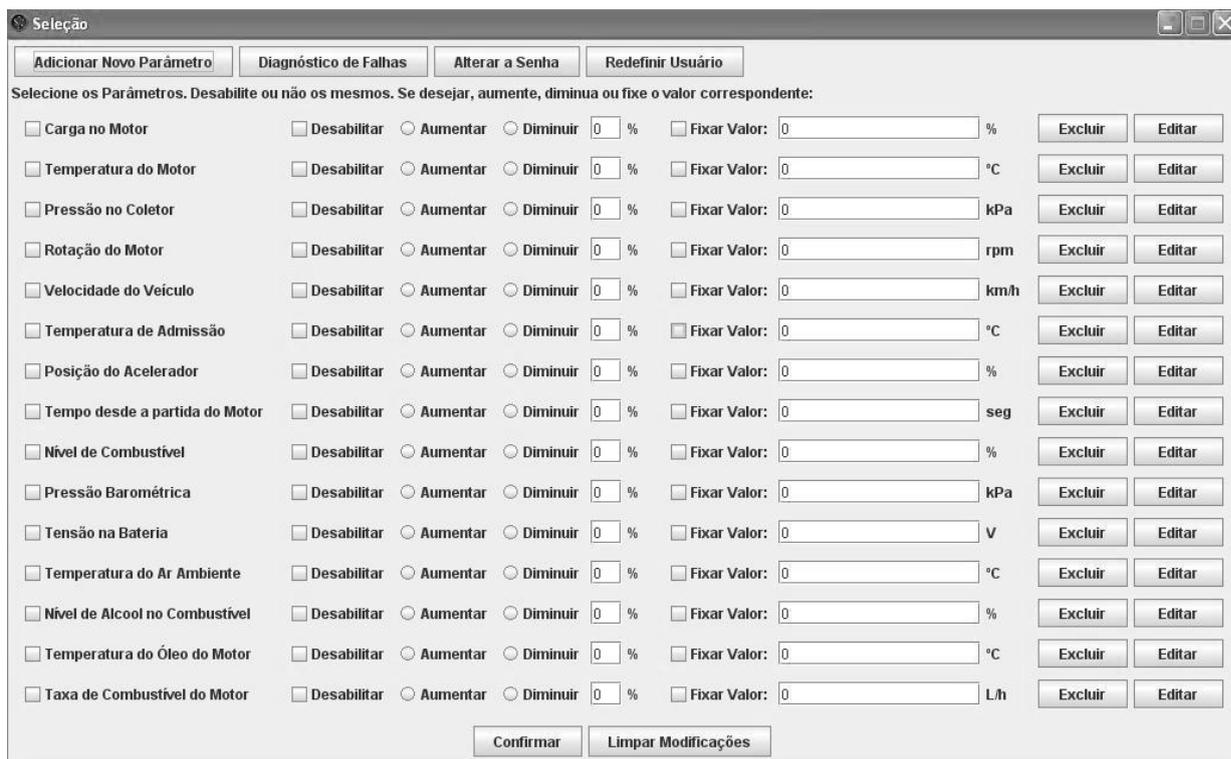


Figura 4.22 – Exemplo de tela de ajuste de parâmetros, restrita ao docente. Fonte: Autor

4.3.9.3 Leitura dos dados

Corresponde à exibição dos resultados dos parâmetros lidos com atualização periódica, conforme a Figura 4.23. O acesso a essa tela é facultado tanto ao professor tanto ao aluno. Uma tecla voltar permite que se encerre as leituras retornando a escolha de perfil.

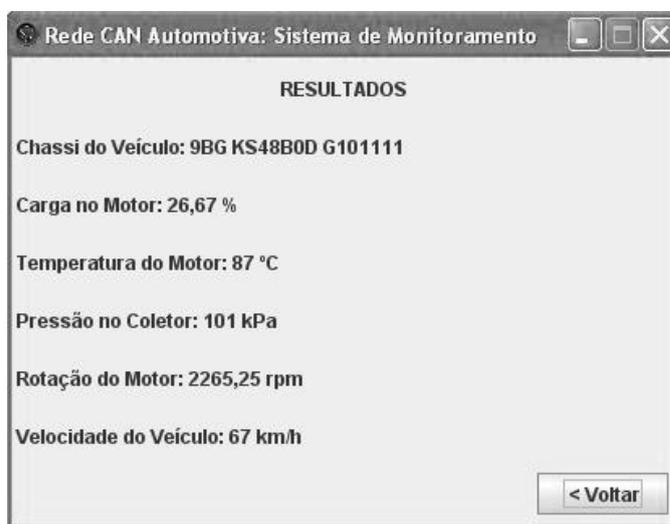


Figura 4.23 – Exemplo de tela de leitura de dados selecionados. Fonte: Autor

4.3.9.4 Inserção de novos parâmetros

Acessada pela tela de Ajuste dos parâmetros, a tela ilustrada na Figura 4.24, possibilita ao professor a de novos parâmetros com as informações de identificação do parâmetro da SAE – PID (*Parameter Id*), o nome do parâmetro, unidade de medida, número de casas decimais e respectiva fórmula de cálculo.

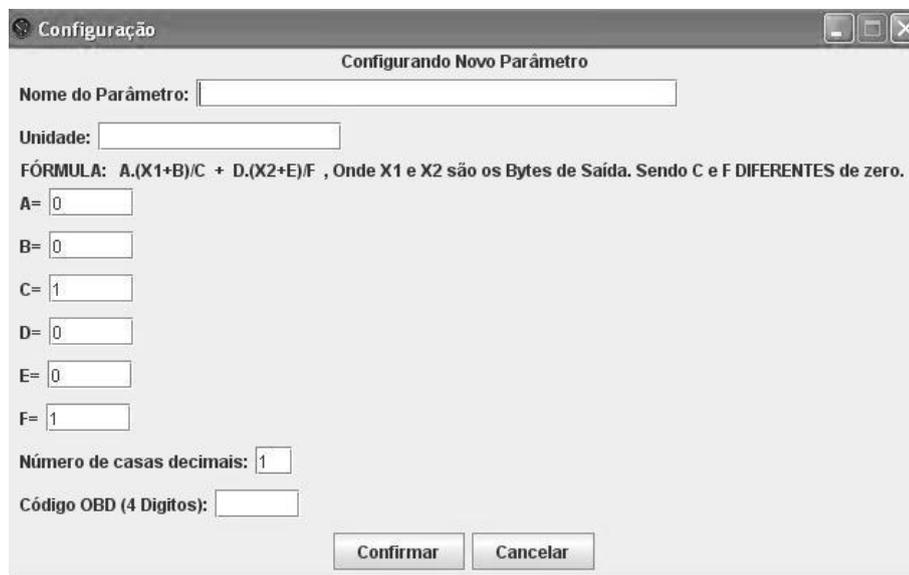


Figura 4.24 – Tela de inserção de novo parâmetro. Fonte: Autor

4.4 Validação do modelo proposto

Previamente aos testes funcionais e de usabilidade do *software scanner* automotivo, foram realizados alguns procedimentos de testes de *software* citados por Rios e Moreira (2006).

- Teste de instalação e configuração

Usando dois computadores e duas interfaces OBD/*WiFi*, foram desenvolvidos 12 testes de conexão e leitura de parâmetros com o uso de 3 veículos de fabricantes distintos. Não foi constatado nenhum evento de não conexão, leitura errônea do VIN do veículo ou parâmetros inconsistentes.

- Teste de Integridade e segurança

Verificou-se que a conexão com a interface OBD de um veículo permaneceu estável e com leituras corretas dos parâmetros, ao mesmo tempo em que outro veículo operava com outra interface. Um operador tentou também conexão com o primeiro

veículo (já conectado) por intermédio de outro PC.

A interface do primeiro veículo negou a dupla conexão, bem como o PC conectado à interface do primeiro veículo não conectou com a interface do segundo veículo, o que estabeleceu o êxito do teste efetuado.

- Teste de carga e stress

Com uma conexão de leitura de dados completa em andamento, foram efetuadas tarefas que impõem tráfego de dados à rede automotiva, a saber:

- Acionamento dos vidros e travas elétricos;
- Acionamento dos limpadores de para-brisas e acionamento da marcha á ré;
- Acionamento e desligamento intermitente das luzes;
- Download de contatos de telefone via *bluetooth*;
- Reprodução de músicas via USB;
- Programação de limitação de velocidade pelo computador de bordo.

Não foi constatada perda de comunicação ou falta de atualização dos dados online dos parâmetros durante o teste, o que se traduz no êxito do teste.

- Teste de estabilidade

O veículo Hyundai HB20 foi mantido com a ignição ligada, motor parado e conectado com o *software scanner* educacional em leitura de parâmetros por aproximadamente 4 horas e 15 minutos, quando a conexão foi interrompida devido à descarga da bateria do veículo que atingiu 9,7 Volts.

Após a perda de conexão, a bateria foi recarregada por 16 horas em carga lenta. Foi verificado se a conexão retornaria, o que foi confirmado.

O teste concluiu que a conexão permanece estável mesmo durante longos períodos até uma tensão mínima, onde provavelmente as centrais eletrônicas do veículo não consegue mais operar.

Após a conclusão e êxito desses testes, foram desenvolvidos testes funcionais e de usabilidade.

4.4.1 Teste de Conexão e compatibilidade

Nos testes iniciais de conexão e compatibilidade, foi utilizada uma interface OBD Bluetooth. Apesar de conectar com o veículo, a mesma demonstrou instabilidade ao posicionar o *notebook* fora do veículo – que é a posição mais adequada para uma atividade didática prática. A partir desse momento, tendo também por base a matriz de decisão da Tabela 4.5, optou-se por adotar a interface OBD/*WiFi* – Figura 3.2, devido à maior distância de alcance e estabilidade.

Procedimentos de identificação do VIN do modelo e leitura de parâmetros básicos foram desenvolvidos em oito veículos distintos. Em todos a conexão funcionou adequadamente, comprovado pelo número do VIN informado coincidindo com o do veículo de teste, bem como os parâmetros de tensão da bateria e rotação e temperatura do motor mostrando-se plausíveis com a situação testada. A aptidão de conexão e comunicação com 100% dos veículos testados habilitou o *software* para testes mais específicos, onde as informações coletadas pelo *scanner* educacional puderam ser confrontadas com as captadas por um *scanner* tradicional.

4.4.2 Teste de identificação do veículo

Foram conectados um *scanner* tradicional e o *scanner* educacional em um Chevrolet Onix. O objetivo é ler o código VIN do mesmo. O modelo PDL 4000 da fabricante norte-americana Sun, apesar de conectar adequadamente, não conseguiu identificar o VIN do veículo, como pode se ver na figura 4.27.

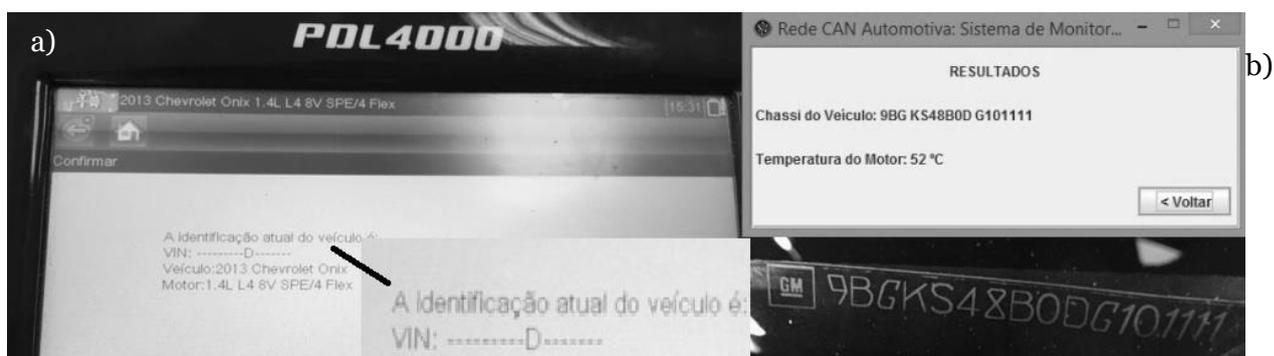


Figura 4.27 – Teste de identificação do veículo.

a) Tela do resultado obtido pelo *scanner* comercial PDL 4000; b) Tela do resultado obtido pelo *scanner* educacional desenvolvido; c) Imagem do VIN gravado no chassi do veículo. Fonte: autor

Conforme se pode ser visualizado na Figura 4.27, o número de chassi (VIN) coincidiu com o número impresso em baixo relevo pelo fabricante do veículo em teste. O fato do *scanner* tradicional não coletar essa informação, ficando dependente

do usuário informar o veículo ao ligá-lo, demonstra uma funcionalidade vantajosa do modelo proposto, o que foi apontado nas pesquisas efetuadas.

4.4.3 Teste de Leitura de parâmetros

Foram escolhidos para leitura quinze parâmetros eletrônicos em veículo Chevrolet Onix. Os dados lidos por um *scanner* tradicional e o *scanner* educacional foram comparados. A Figura 4.28 ilustra os parâmetros “temperatura do motor” e “Tensão da bateria”, em telas do *scanner* tradicional (parte superior da figura) e do *scanner* educacional (parte inferior da figura).

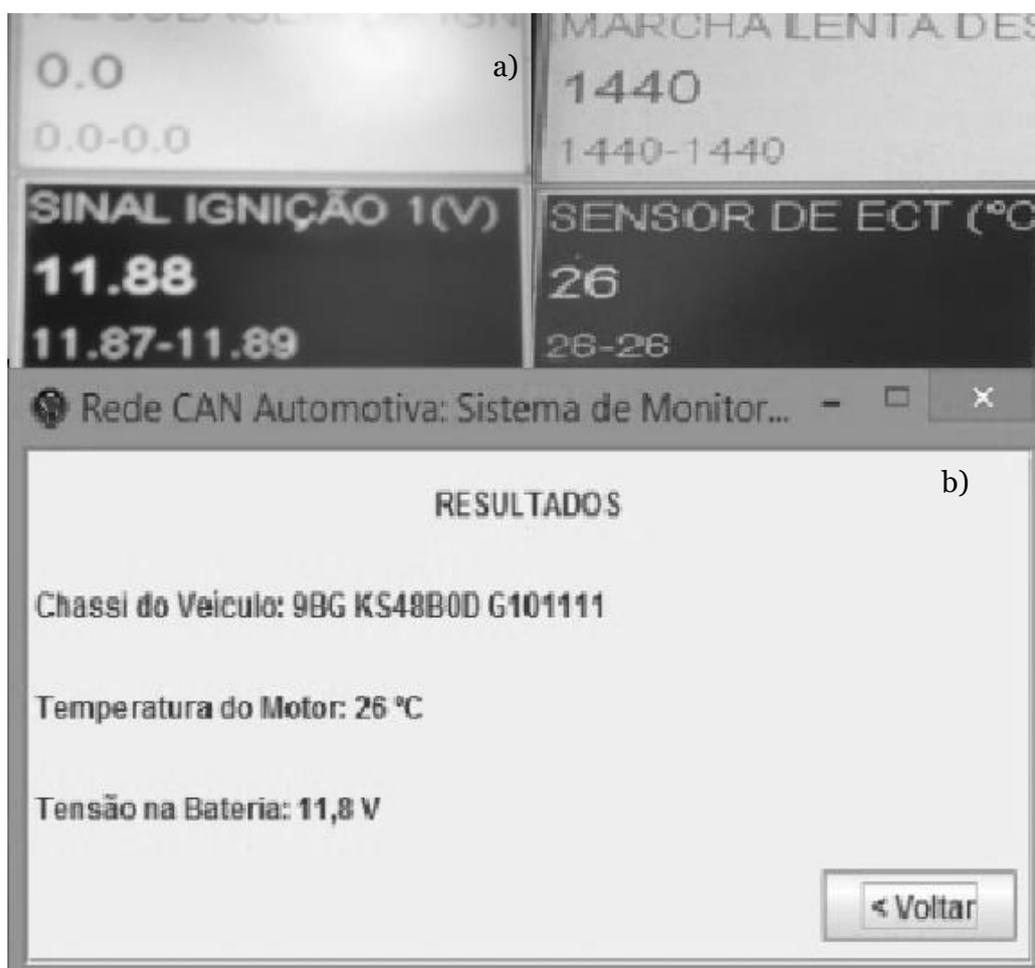


Figura 4.28 – Parâmetros Temperatura do motor e Tensão da Bateria sendo comparados
 a) Scanner tradicional e b) *Scanner* educacional. Fonte: Autor
 ECT é abreviação de *Engine Coolant Temperature* – Temperatura do líquido de arrefecimento do motor.

Com o uso de um multímetro, o parâmetro “tensão da bateria” foi medido para uma checagem extra em relação às medições dos *scanners*. A tensão medida de 11,9 Volts foi a esperada, tendo por base os valores informados pelos *scanners* – Figura 4.29. Pode se visualizar que houve similaridade entre os dados medidos pelos *scanners* e pelo multímetro, atestando a confiabilidade dos dados medidos.

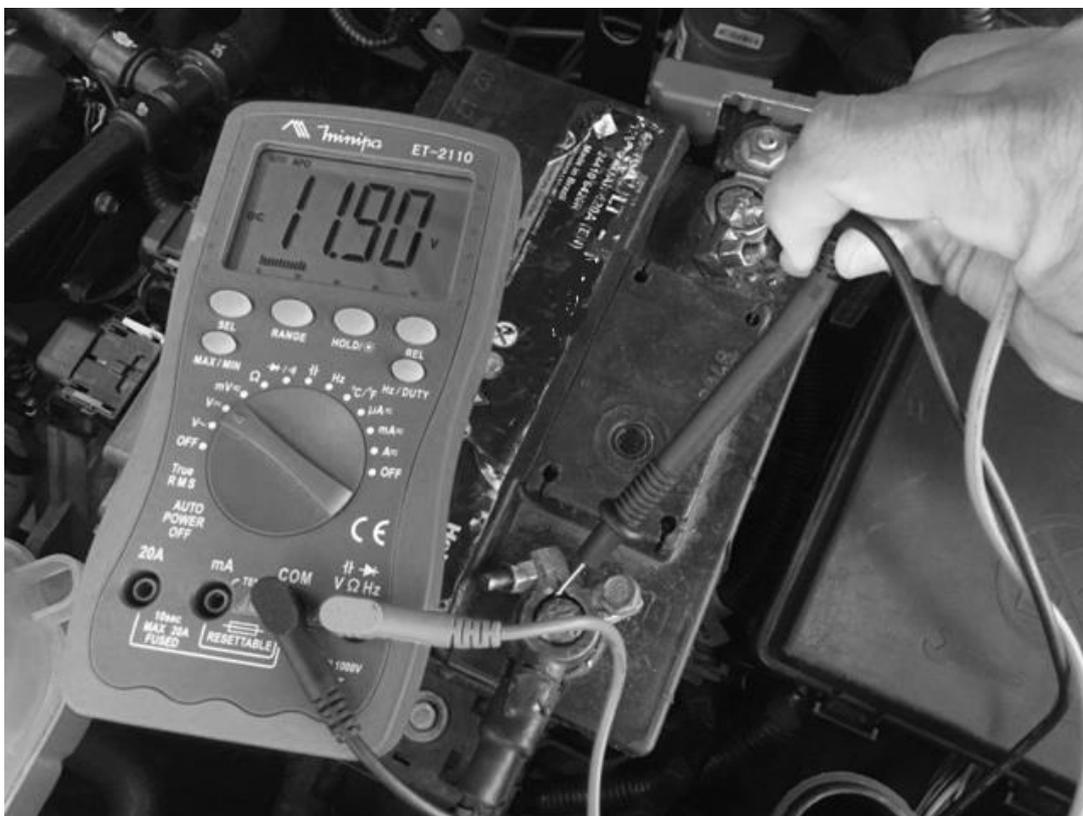


Figura 4.29 – Tensão da bateria medida diretamente na bateria com o uso de um multímetro.
Fonte: Autor

De forma semelhante foram comparados os demais parâmetros, sendo avaliado agora a plausibilidade dos valores, tendo por base as condições ambientais, de operação do motor e indicações do painel de instrumentos do veículo.

Os procedimentos efetuados estão resumidos no quadro 4.8, onde consta o veículo, parâmetro medido e *scanner* utilizado. Os dados comprovam que os valores estão condizentes com o esperado. Um fator interessante foi o parâmetro “temperatura do ar ambiente” que indicava “dado não disponível” em alguns veículos, justamente aqueles onde esse sensor inexistia sendo, portanto, uma ausência esperada.

Quadro 4.8 – Comparativo de medição de parâmetros entre scanner educacional e tradicional

Parâmetro	Chevrolet ONIX		
	Scanner Educacional	Scanner Tradicional	Medição Física / plausibilidade
Carga no Motor	2,30%	2,30%	-
Temperatura do Motor	26	26	-
Pressão no coletor	1001	1001	corresponde a pressão atmosférica, pois motor estava parado
Rotação do motor	0	0	motor estava parado
Velocidade do Veículo	0	0	veículo parado
Temperatura de admissão	26	26	condizente com a temperatura do laboratório
Posição do acelerador	3	3	condizente com a posição de repouso do acelerador
Tempo desde a partida	15	4	Ao desconectar e desligar a ignição o cronometro reinicia
Nível de combustível	4,7	4,7	Condizente com o indicador no painel
Pressão barométrica	1001	1001	corresponde a pressão atmosférica, pois motor estava parado
Tensão na bateria	11,8	11,8	11,9 - medida com mutímetro
Temperatura do ar ambiente	N/D	N/D	Veículo não possui esse sensor
Nível de álcool no combustível	97	97	Condizente com relato que o veículo foi abatecido com álcool
Temperatura do óleo do motor	31	31	Motor frio
Taxa de consumo de combustível	0	0	Motor parado

A divergência encontrada no parâmetro “Tempo desde a partida” decorre da diferença do tempo em que foram feitas as medições. Um cronômetro é acionado quando se dá a partida do motor, e assim foi feito para cada um dos *scanners* testados. Ao se trocar de *scanner* no veículo, a contagem se reinicia.

4.4.4 Testes do perfil do docente

Com alterações de parâmetros foram checados sua aplicabilidade, medindo e comparando.

4.4.4.1 Simulação de bateria com carga baixa

A Figura 4.30 demonstra a taxa negativa de 30% inserida no parâmetro “Tensão da Bateria”.

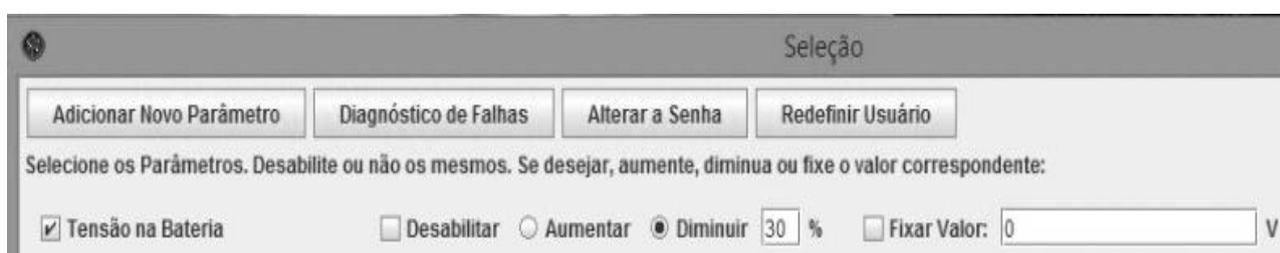


Figura 4.30 – Inserção de taxa negativa no parâmetro “Tensão da bateria”. Fonte: Autor

A inserção foi confirmada posteriormente, através da tela de leitura de dados da figura 4.31, onde se verifica uma queda de 30% ante o valor real de 11,8 Volts das

condições do teste. O resultado mostrado confirma que a modificação foi executada corretamente.



Figura 4.31 – Parâmetro “Tensão da bateria” sendo mostrado com valor diferente do real, em uma simulação se carga baixa da Bateria. Fonte: Autor

4.4.4.2 Simulação de erro no sensor de temperatura do motor

Um aumento de 99% ao valor real medido pelo sensor de temperatura do motor foi incorporado na tela de ajuste de parâmetros, conforme pode ser visualizado na Figura 4.32.

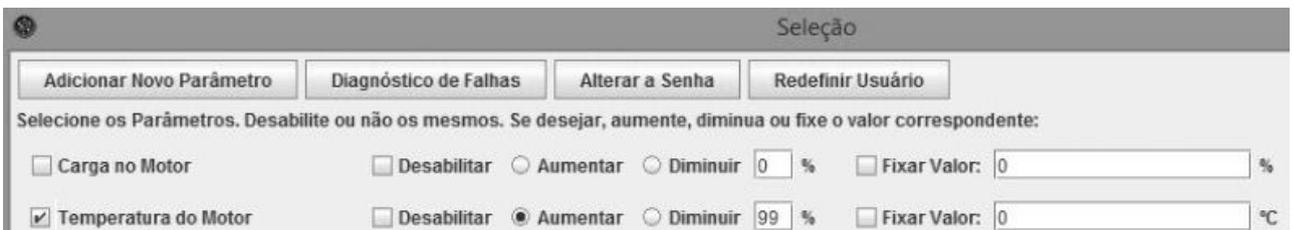


Figura 4.32 – Inserção de taxa positiva ao valor de temperatura do motor para simulação de erro no sensor de temperatura do motor. Fonte: Autor

A informação disponibilizada ao aluno é ilustrada na Figura 4.33, onde se verifica a alteração diante dos 26 graus Celsius nominais das condições do teste.



Figura 4.33 – Temperatura do motor superior à real para a simulação. Fonte: Autor

O valor encontrado demonstra a capacidade do *software* desenvolvido em simular essa importante falha, conforme relatado nas entrevistas desenvolvidas com os docentes.

4.4.4.3 Modificação de parâmetro que implicaria riscos de segurança

A modificação desenvolvida nesse item envolve parâmetro não passível de simulação com um *scanner* tradicional, uma vez que o veículo deveria estar em movimento, o que envolve riscos a todo o ambiente de aprendizagem. No perfil do docente foi fixado o valor de 100 Km/h, conforme visualizado na Figura 4.34.

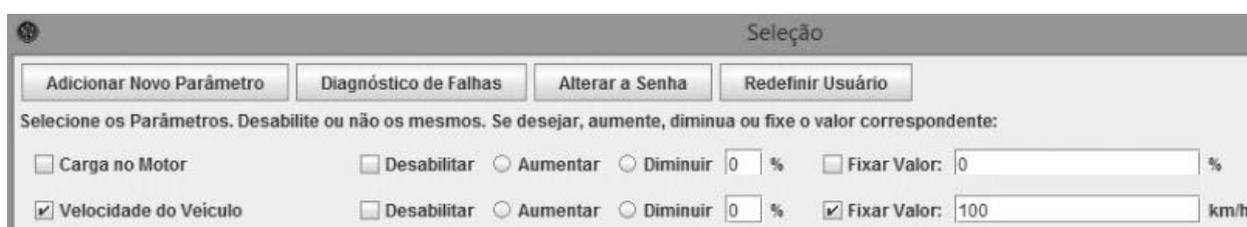


Figura 4.34 – Inserção de valor fixo para velocidade do veículo. Fonte: Autor

O resultado prático dessa inserção, pode ser visto no perfil do aluno mostrado na Figura 4.35.



Figura 4.35 – Perfil do aluno mostrando veículo a 100 km/h, sendo que o mesmo se encontra parado no laboratório. Fonte: Autor

A simulação foi bem-sucedida, confirmando um atributo do *software* desenvolvido: que é permitir desenvolver simulações que normalmente implicariam riscos.

4.4.4.4 Inserção de erros

Uma falha real foi inserida no veículo de teste para checar se o *software* a captura. Foi desconectado o eletro injetor do primeiro cilindro do motor e constato as consequências. A falha capturada pelo *software* pode ser visualizada na figura 4.36.

- Circuito do Injetor do Cilindro 1 com mau funcionamento.



Figura 4.36 – Falha no injetor captada pelo *scanner* educacional. Fonte: Autor

A respectiva luz de avaria do motor, localizada no painel de instrumentos do veículo, confirmou que a falha foi efetivamente gerada e gravada no sistema. Dessa forma foi constatado o sucesso do teste.

4.4.5 Abrangência de simulações possíveis

O *scanner* educacional desenvolvido permite a simulação de um número maior de falhas, sem risco ao operador, conforme pode ser visto no comparativo do Quadro a seguir.

As falhas mais comuns que ocorrem em sistemas eletrônicos de controle de motores automotivos estão listadas no Quadro 4.9, assim como a disponibilidade de se desenvolver simulações utilizando-se um *scanner* tradicional ou o *scanner* educacional desenvolvido.

Quadro 4.9 - Falhas em motores e suas simulações

Falha	Simulação com Scanner Educacional	Simulação com Scanner Tradicional	Observação
Sensor de temperatura da água em curto ou aberto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar sensor
Sensor de temperatura da água valor incorreto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar sensor
Sensor de temperatura do ar em curto ou aberto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar sensor
Sensor de temperatura do ar valor incorreto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar sensor
Sensor de velocidade em curto ou aberto	SIM	NÃO*	*Risco de acidente
Sensor de velocidade valor inconsistente	SIM	NÃO*	*Risco de acidente
Sensor de rotação valor incorreto	SIM	NÃO*	*Motor para de funcionar
Sensor de vazão de ar em curto ou aberto	SIM	SIM*	*Envolve remover ou alterar senso
Sensor de vazão de ar valor inconsistente	SIM	NÃO*	*Motor para de funcionar
Sensor da posição da borboleta inconsistente	SIM	NÃO*	*Modificação danifica veículo
Sensor da posição do pedal do acelerador inconsistente	SIM	NÃO*	*Modificação pode danificar veículo
Detonação no motor	SIM	NÃO*	*Simulação pode provocar danos ao motor

Como se pode verificar, algumas simulações não são possíveis de serem desenvolvidas com o *scanner* tradicional, por representar riscos de segurança ou por trazer dano ao veículo em teste, enquanto outras envolvem efetivamente modificar o veículo. Estas modificações demandam tempo, disponibilidade de componentes danificados e, por vezes, são facilmente identificadas pelos alunos, por não serem originalmente do veículo que está sendo usado na aula.

4.4.6 Avaliação do scanner educacional pelos docentes

Após breve orientação sobre o uso da ferramenta *scanner* educacional, os docentes utilizaram o *software*, sendo que durante o processo foram registrados os seus principais comentários:

- O uso do *scanner* educativo é semelhante ao tradicional;
- É menos trabalhoso, não precisa identificar o modelo do veículo e funciona com qualquer modelo;
- Pode simular mais falhas;
- Não precisa esperar o motor resfriar;
- É mais rápido;
- Interface tem custo baixo.

A possibilidade de simular falhas, leitura do VIN e possibilidade de uso em vários veículos refletiu os itens apontados anteriormente como principais deficiências do *scanner* tradicional. Os comentários refletem que o *scanner* desenvolvido atendeu aos requisitos levantados nas entrevistas, tendo o seu foco o uso educacional.

4.4.7 Simulações em veículos didáticos reais

Foi desenvolvida uma atividade de simulação de falha do sensor de temperatura do motor de um Chevrolet Onix. Foram comparadas as atividades requeridas para simulação com um *scanner* tradicional e com o *scanner* educacional, sendo que a simulação com o *scanner* tradicional envolveu modificação física do sensor – através da inserção de uma resistência em série com o sensor - enquanto a simulação com o *scanner* educacional pode ser feita pela modificação do parâmetro lido no *software*. Os resultados apurados estão na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Tempo de preparação para simulação de falha no sensor de temperatura do motor

Atividade	Tempo usando scanner tradicional (minutos)			Tempo usando scanner educacional (minutos)			Observações
	Tempo mínimo	Tempo médio	Tempo máximo	Tempo mínimo	Tempo médio	Tempo máximo	
Localizar o sensor	1	3	5	N/A			
Medir resistência	4	5	6	4	5	6	
Medir tensão com chave ligada	4	4	4	Imediato - Na tela			
Verificar comportamento da tensão com multímetro	3	4	5	Imediato - Na tela			
Verificar comportamento da tensão com osciloscópio	5	10	15	5	10	15	
Preparar falha para demonstração	15	30*	45	1	1	1	*Motor deve estar frio
Simular falha	10	10	10	1	1	1	Na tela do software
Diagnosticar falha	5	10	15	5	10min	15	
Identificar falha	5	5*	5	Imediato - Na tela			*Medições reais no veículo
Soma	52	81	110	16	27	38	

Nota-se que houve uma redução nas etapas a serem desenvolvidas, assim como uma redução de aproximadamente 50 minutos, ou 67%, no tempo total médio para preparação dessa simulação. Considerando que uma aula de atividade prática pode envolver de 3 a 5 falhas, a utilização do *scanner* educacional pode reduzir em até 4 horas o tempo de preparação para esta aula. Além disso, o uso do *scanner* educacional não requer dispêndio de tempo para retorno do automóvel às suas condições originais.

Outra vantagem do *scanner* educacional é a não alteração física dos sensores ou chicotes elétricos que possam ser facilmente identificadas pelos alunos, o que reduziria a eficácia do treinamento, já que algumas das alterações físicas exigem a remoção do sensor ou inserção de resistências em série ou paralelo com o sensor. Além disso, essas modificações físicas reduzem a vida útil do veículo didático e podem ser evitadas com o *scanner* educacional.

4.4.8 Avaliação do software Scanner automotivo educacional por docentes de montadoras e importadoras de veículos

Quatro profissionais foram entrevistados e convidados a conhecer a nova ferramenta *scanner* desenvolvida. A primeira parte da entrevista levantou o perfil dos entrevistados, conforme descrito no Quadro 4.10.

Quadro 4.10 – Perfil dos profissionais de concessionárias e importadoras entrevistados

Empresa de atuação do Entrevistado	Sexo	Idade	Formação	Experiência profissional (anos)	Experiência docente (anos)	Competências em tecnologia automotiva
Montadora de automóveis	M	36	Engenheiro Mecânico, Técnico em mecânica industrial	22 (atua desde menor aprendiz)	12	Mecânica, eletroeletrônica, Funilaria e Pintura
Importadora de automóveis	M	32	Ciências contábeis, Técnico em Eletromecânica automotiva	8	2	Mecânica, eletroeletrônica, Funilaria e Pintura
Montadora de automóveis	M	30	Administrador, Técnico em Eletromecânica automotiva	13 (atua desde menor aprendiz)	6	Mecânica e eletroeletrônica
Montadora de automóveis	M	32	Engenheiro Mecânico, Técnico em Eletromecânica automotiva	14	6	Mecânica e eletroeletrônica

O perfil encontrado na amostra é de profissionais com nível superior e boa experiência com tecnologia automotiva, sendo que três atuam na área desde a sua primeira experiência laboral. A boa experiência e o bom desempenho foram apontados por todos os entrevistados como um dos motivos que os conduziram a importante função de mentores de outros profissionais, transmitindo treinamentos desenvolvidos pelas matrizes das montadoras onde atuam. Como atuam com veículos tecnologicamente modernos, encaram nos sistemas eletroeletrônicos embarcados seus maiores desafios para disseminação de conteúdo, competências e preparação de atividades nas diversas situações de ensino aprendizagem que costumam desenvolver.

A segunda parte da entrevista estratificou as impressões com relação ao treinamento das equipes dos entrevistados e uso do *scanner* de diagnóstico, conforme sintetizado no quadro 4.11.

Quadro 4.11 – Estratificação das impressões dos docentes de concessionárias e importadoras sobre as atividades práticas

Resposta / Observação	%
Utilizo o <i>scanner</i> nas atividades de treinamento	100
O multímetro também é utilizado	100
Uso peças defeituosas ou insiro resistências ou fios para simular falhas	100
Algumas falhas são difíceis de simular por falta de peças defeituosas	100
Preparar uma simulação de falha para uma aula prática demanda tempo, muitas vezes maior que a própria simulação em si.	100
Simular falhas físicas provoca danos ao veículo de teste	100
O <i>scanner</i> é uma ferramenta interessante para práticas de sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos	100
O <i>scanner</i> tradicional não permite simular falhas sem modificar no veículo	100
Os <i>scanners</i> de diagnóstico disponíveis no mercado só conectam com mais de um modelo de automóvel mediante a compra de pacotes extras	100
O uso do <i>scanner</i> de diagnóstico em aula, motiva os alunos.	100
<i>Scanner</i> tradicional não permite simular falhas	100
Instalo peças defeituosas ou insiro resistências ou fios para simular falhas	100
Utilizo literatura técnica	75
O <i>scanner</i> foi desenvolvido para ser uma ferramenta profissional, não educacional	75
Inserir falhas físicas faz com que os alunos procurem onde o professor “mexeu no carro” e não o diagnóstico da falha em si	75
Os <i>scanners</i> de diagnóstico disponíveis no mercado são de alto custo	75
Utilizo década resistiva para substituir sensores e simular falhas	25
Os <i>scanners</i> de diagnóstico disponíveis no mercado são perfeitamente adequados para uso em atividades de aula	0

De forma similar à apresentada nas entrevistas desenvolvidas antes do desenvolvimento do *software scanner* educacional, os docentes apontaram que utilizam o *scanner* tradicional no dia a dia de suas atividades, sendo uma ferramenta que motiva os alunos. Apesar de ser indicado como ferramenta interessante para utilizar em aulas, o *scanner* tradicional foi descrito como uma ferramenta desenvolvida para uso profissional e não educacional, não permitindo simular falhas, além de citarem restrições quanto ao custo e limitações da variedade de acesso a veículos de modelos diferentes.

Os entrevistados demonstraram preocupação com o tempo dispendido para simular falhas, pois se requer modificações físicas nos veículos que também podem acarretar danos, além de despertarem a atenção dos alunos para dispositivos não

originais instalados no veículo de teste. Algumas falhas foram relatadas como de difícil simulação.

Para desenvolver suas simulações em aulas práticas, os docentes elencaram os principais sensores que costumam simular defeitos, seja pela relevância em avaliar falhas desse tipo, seja pela facilidade ou viabilidade em simulá-los. Foi questionado o tempo estimado para simular uma falha, modificando o veículo de teste e utilizando o *scanner* tradicional. No quadro resumo 4.12, pode-se verificar essas informações.

Quadro 4.12 – Sensores ou falhas simuladas com o uso do *scanner* tradicional

Sensor / falha	Docente / tempo estimado para preparar a falha em minutos				Observação
	1	2	3	4	
Sensor de temperatura do motor	40	30	40	40	-
Sensor de rotação	-	40	40	-	1 e 2 não fazem essa prática por considerarem complexa ou por possivelmente inviabilizar o funcionamento do motor
Sensor da borboleta	40	30	30	40	-
Sensor de fase	-	-	-	-	Não realizam essa prática, por não ser viável sem imobilizar o motor
Sonda lambda	-	-	30	-	1,2 e 4 não acham viável simular falha desse sensor com o <i>scanner</i> . Seria necessário usar um gerador de sinais.

Percebe-se, de forma análoga às entrevistas anteriores, uma preferência pela simulação de falha no sensor de temperatura do motor. Nos depoimentos foi relatado que esse tipo de falha, além de relativamente mais fácil de ser implementada, representa uma falha bastante comum nos veículos sendo de especial interesse que todos os técnicos compreendam esse modo de falha, seu diagnóstico e suas consequências no funcionamento de um veículo.

A popularização dos automóveis com acelerador eletrônico tornou o seu modo de falha algo também a ser investigado. Os docentes relataram que costumam abordar esse tema em suas situações de ensino aprendizagem desenvolvidas.

Dois entrevistados citaram simulações de falha em sensores de rotação, muito embora relatem dificuldade de se modificar o sinal com o uso de décadas resistivas. O problema citado é que alterar o sinal pode provocar a parada do motor, tornando a

simulação não efetiva, pois é de fácil identificação pelos alunos. Nesse sentido o sensor de fase apontado como inviável de ser simulado, pelos mesmos motivos.

O sensor de oxigênio, ou sonda lambda, foi apontado como um importante sensor a ter modo de falha simulado. Somente um docente reconheceu que realiza esse tipo de atividade, pois dispõe de um simulador de sinais dentre seus equipamentos profissionais. Os demais docentes relatam a inviabilidade de simular esse sensor pela não disponibilidade de simulador de sinais em seu ofício.

Convidados a conhecer a ferramenta *software scanner* educacional, os docentes expressaram sua impressão na terceira parte do questionário pesquisa. Conforme pode ser verificado no quadro 4.13, houve concordância quanto a importância e eficácia da ferramenta para uso didático. No quadro: (1) Discordo totalmente; (2) Discordo; (3) Não concordo nem discordo; (4) De acordo; (5) Totalmente de acordo.

Quadro 4.13 – Impressões dos docentes de concessionárias e importadoras sobre o uso e eficácia da ferramenta proposta para fins didáticos

Questionamento	Docente			
	1	2	3	4
O uso do <i>scanner</i> educacional é semelhante ao tradicional	4	5	4	5
O protótipo de <i>scanner</i> educacional demonstrado identifica o modelo do veículo e funciona com qualquer modelo	5	5	5	5
O modelo proposto permite simular mais falhas que um <i>scanner</i> tradicional	5	5	5	5
A preparação de uma aula prática de diagnóstico e simulação de falhas é mais rápida com o uso do <i>scanner</i> educacional	5	5	5	5
A captura automática do número de chassi (VIN) pelo <i>scanner</i> é uma estratégia importante para identificação adequada da literatura técnica	5	5	5	5
O modelo proposto permite simular situações de leituras de dados inconsistentes não passíveis de serem simuladas com um <i>scanner</i> tradicional	5	5	5	5
A funcionalidade de dois perfis – professor, aluno – com possibilidade de alteração de dados é interessante do ponto de vista didático	5	5	5	5

Legenda das Notas: (1) Discordo totalmente; (2) Discordo; (3) Não concordo nem discordo; (4) De acordo; (5) Totalmente de acordo

Os resultados coletados dos questionários preenchidos e entrevistas confirmaram os dados coletados nas abordagens junto a docentes do SENAI. No que tange a sistemas eletroeletrônicos embarcados, as atividades de preparação de aulas práticas, envolvendo as técnicas, ferramentas utilizadas e os desafios encontrados são bem semelhantes quando se comparam as duas amostras.

De forma semelhante, as impressões do uso e aplicação da ferramenta *software scanner* educacional também foram positivas em ambas as amostras.

Um ponto a ser destacado foi a percepção de um dos entrevistados que atua em concessionaria, que considera o *scanner* tradicional uma ferramenta de baixo custo. A percepção dos demais entrevistados foi diferente, tendo relatado o alto custo da ferramenta. Na entrevista foi questionada a razão dessa resposta, sendo que o entrevistado pontuou que os benefícios e aplicações profissionais de um *scanner* são tão vastos, que seu custo se revela de baixo diante do retorno que o mesmo possui.

Como percepção do pesquisador durante o contato com os entrevistados, verificou-se um nítido entusiasmo com a ferramenta proposta, sendo que vislumbraram aplicações da mesma nas empresas em que atuam. Embora não tenha sido objeto do questionário, tão pouco da entrevista, três deles questionaram quando o *software* estaria disponível no mercado.

4.4.9 Resumo comparativo entre os diversos modelos de scanners e o scanner proposto

No Quadro 4.14 pode se visualizar um comparativo entre diversos *scanners* comerciais e o *scanner* automotivo educacional. O modelo educacional se destaca justamente nas características mais interessantes do ponto de vista didático: o acesso mais amplo a diversas marcas e modelos, o acesso ao VIN do veículo e a possibilidade de alterar os parâmetros de leitura, com o fim de simular falhas.

Quadro 4.14 – Comparativo de *scanner* automotivos

Modelo	Custo (US\$)	Acesso a parâmetros	Acesso a códigos de falha	Leitura do VIN	Alteração de parâmetros	Acesso a diversas marcas e modelos
GM MDI	6.000,00	SIM	SIM	Somente GM	NÃO	GM
Sun PDL4000	1.900,00 básico	SIM	SIM	Alguns modelos	NÃO	Mediante compra pacotes
Alfatest Kaptor	1.700,00 básico	SIM	SIM	Alguns modelos	NÃO	Mediante compra pacotes
Tecnomotor Rasther	1.600,00 básico	SIM	SIM	Alguns modelos	NÃO	Mediante compra pacotes
Bosch KTS	5.000,00 básico	SIM	SIM	Alguns modelos	NÃO	Mediante compra pacotes
<i>Scanner</i> Automotivo educacional	Não comercial	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

O quadro ajuda a resumir as impressões coletadas durante as pesquisas em confronto com as especificações técnicas dos *scanners* estudados.

Conclusões

Revisitando a seção questões e hipóteses, em resposta à questão número 1 pudemos avaliar ao longo da pesquisa, que os docentes de sistemas eletroeletrônicos embarcados buscam utilizar-se dos recursos tecnológicos que lhe são disponibilizados. A criatividade e adaptação de ferramentas focadas na reparação permite trazer aos alunos uma aula mais interessante, através do uso de ferramentas tecnológicas como o scanner.

Mesmo com a aplicação de situações problema que envolvam simulações, os docentes afirmam a importância das aulas práticas com veículos reais. As chamadas atividades “mão na massa”, são bastante solicitadas e desejadas pelos alunos.

Dentre as ferramentas tecnológicas utilizadas, o scanner de diagnóstico é bastante citado e utilizado. A ferramenta foi desenvolvida para a reparação e diagnóstico de falhas em sistemas eletroeletrônicos automotivos, atendendo ao público a que foi destinada.

Com as entrevistas dos docentes e a observação de suas práticas, constatou-se que são realizadas modificações físicas nos veículos utilizados nas aulas, uma vez que o *scanner* tradicional mostra o que está ocorrendo no momento, não permitindo simulações. Os docentes instalam sensores defeituosos, desconectam ou curto circuitam fios e conectores, de sorte a permitir que falhas sejam simuladas nas aulas.

As atividades de simulações desenvolvidas promovem significativos desgastes nos veículos utilizados nas aulas, sendo relatado pela totalidade dos docentes que o problema é grave. Além disso, foi relatado um grande dispêndio de tempo para efetuar tais atividades, diminuindo a produtividade do processo.

Outro problema citado foi que as falhas inseridas são facilmente identificadas pelos alunos, pois deixam vestígios físicos, além de que algumas falhas são inviáveis de serem feitas por limitações técnicas ou questões de segurança. Nesse aspecto foi relatado a necessidade de se ter uma ferramenta de diagnóstico que permita executar simulações e atividades didáticas.

No que tange a questão 2, foram levantados os requisitos para um scanner com essa aplicação didática sugerida. Essa atividade foi desenvolvida por intermédio de entrevistas, observação de uso da ferramenta tradicional e comparações. Desses resultados foi desenvolvido um modelo de *scanner* automotivo educacional. O modelo foi apresentado aos docentes, que puderam utilizá-lo e compará-lo com o tradicional, descrito nas pesquisas relatadas.

A nova ferramenta foi muito bem recebida pelos docentes, tendo atingido aos

requisitos propostos, gerando inclusive grande expectativa para que seu uso seja liberado, podendo aplicar o modelo imediatamente em suas atividades didáticas.

O *software* desenvolvido permite simular falhas sem modificar fisicamente o veículo. Isso é possível através de alterações feitas pelos docentes por base nos dados coletados em tempo real pelo modelo na rede automotiva do veículo em teste. A conexão é feita pelo protocolo OBD, padrão em todos os veículos atuais. Essa característica permite que o mesmo tenha ampla aplicação, sem necessidade de constantes atualizações.

A identificação do VIN (*Vehicle Identification Number*) também foi um atributo atingido pelo *software* desenvolvido, sendo apontado pelos docentes como importante para o uso correto da literatura técnica e identificação de peças.

Outro atributo demonstrado junto aos docentes foi a significativa redução no tempo de preparo das simulações, permitindo uma maior produtividade das atividades docentes, preservando a motivação dos alunos com o uso de uma ferramenta computacional.

As simulações efetuadas pelo docente com o *scanner* proposto permitem também ampliar as aplicações possíveis, através de situações problema até então inviáveis de serem desenvolvidas, seja por questões técnicas, seja por riscos de segurança.

5.1 Contribuições

O *scanner* proposto pode ter aplicação imediata nas aulas desenvolvidas pelo pesquisador e pelos docentes que foram entrevistados. As vantagens de seu uso foram exploradas nesse trabalho, sendo o aumento na produtividade, redução no desgaste dos veículos, aumento na segurança das aulas e ampliação das opções de simulações, as mais evidentes.

Espera-se também que a pesquisa estimule novos estudos visando aprimorar ainda mais as ferramentas disponíveis para treinamento na área automotiva, permitindo um maior desenvolvimento de mão de obra no setor.

5.2 Oportunidades para pesquisas e desenvolvimentos futuros

Durante os testes da ferramenta *software scanner* educacional, foram identificadas algumas oportunidades de desenvolvimento de forma a aprimorá-la em pesquisas futuras. Listamos abaixo as sugestões evidenciadas nas entrevistas e possíveis encaminhamentos para futuras pesquisas e desenvolvimentos.

- *Software* com versão para *android* e *iOs* – esse desenvolvimento permitirá que o docente e os alunos utilizem celulares e tablets de outras plataformas que não *Windows*[®]. Essa aplicação facilita o uso e amplia sua abrangência;
- *Permitir a criação de um banco de dados de situações problema* – esse desenvolvimento permitiria aos docentes manter salvas em seu computador determinadas práticas planejadas, incrementando ainda mais a produtividade, além de permitir troca de informações entre docentes que utilizem o mesmo *software*;
- Acesso a outros sistemas, como *airbags* e freios *ABS* – não há uma padronização da *SAE* para outros sistemas, de forma que para que o *software scanner* educacional desenvolvesse simulações com esses sistemas é necessário identificar em cada veículo os códigos enviados e respectivas fórmulas de cálculo. Embora seja um trabalho muito amplo e pouco efetivo para uso didático, devido à vasta quantidade e variedade de modelos existentes no país, tal atividade poderia ser empregada em algum trabalho de pesquisa ou estudo da rede *CAN* automotiva, servindo como um interessante exercício;
- Interação com *software* de osciloscópio – o uso osciloscópio por interface *USB* em conjunto com o scanner poderia implementar medições reais junto com simulações;
- Inclusão de gráficos nas medições – a inclusão de gráficos aos parâmetros medidos proporcionaria uma melhor visualização de itens que modificam bastante com o tempo, além de servir de comparativos a medições captadas no osciloscópio;
- Permitir conexão em rede com outro computador, de forma que o docente possa remotamente inserir ou remover falhas;
- Inserir banco de dados de componentes dos veículos de teste, para consulta dos sinais esperados e de localização de componentes;
- Permitir apagar códigos de falha e acionar atuadores - a inclusão dessa rotina foi sugerida por alguns entrevistados. Para essa importante função deverá ser estudada os protocolos comuns para essa função, pois em determinado

sistemas isso não é padronizado. O acionamento de atuadores depende de inserção de checagens de segurança, para impedir que o motor ou algum sistema do veículo sejam danificados pelo teste ou que o mesmo traga algum risco aos usuários.

5.3 *Divulgação da pesquisa*

Ao longo da pesquisa, os resultados preliminares e ferramentas desenvolvidas foram divulgados em três oportunidades distintas.

Apresentação de artigo “Desenvolvimento Tecnológico dos Automóveis: Aplicação de Dispositivos Eletrônicos de Diagnóstico na área de Educação” no IV Workshop de Pesquisa, tecnologia e Inovação, conforme certificado da Figura 5.1 (CAMARA e SILVA, 2014).



Figura 5.1 – Certificado de artigo apresentado em Workshop

Registro do *software* – o *software scanner* automotivo educacional foi registrado no INPI, conforme cópia do documento de registro ilustrado na Figura 5.2.

Protocolo 060
 LO: 15hs AM
 01/12/14

INPI INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 PROTEÇÃO DE MARCAS

PEDIDO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR

DE JÚLIO CÉSAR CHAVES CÂMARA MORENO
 Chefe da SEOTR / Bahia
 Mat.: SIAPE - 0449486

01/12/2014 058140000060
 10-15 PASA
 BR 51 2014 001496 7

IDENTIFICAÇÃO DO PEDIDO (Para registro no INPI)
 Número do Pedido 01/12/2014 058140000060
 10-15 PASA
 Protocolo, Data e Hora
 BR 51 2014 001496 7

DADOS DO AUTOR DO PROGRAMA

Nº de Autores 2 Se mais de um, preencha a "Continuação", com todos os dados solicitados neste Quadro. Date e assinhe.
 CPF* 613.299.085-20
 Nome JÚLIO CÉSAR CHAVES CÂMARA

Figura 5.2 – Registro do *Software* junto ao INPI

Artigo científico “Desenvolvimento de um *scanner* automotivo para aplicação educacional” na revista IEEE *Latin America*.

O desenvolvimento da pesquisa contribuiu para criar a oportunidade de disseminar uma nova ferramenta didática, contribuindo para melhorar as atividades dos docentes de tecnologia automotiva, tanto localmente tanto em outras localidades.

Referências

- ABDI, A. B. d. D. I. Estudo Prospectivo Setorial Automotivo. Relatório Final. Julho 2009. Disponível em: www.abdi.com.br. Acesso em: 20 de julho de 2016.
- ANASTASSOVA, Margarita; BURKHARDT, Jean-Marie. Automotive technicians' training as a community-of-practice: Implications for the design of an augmented reality teaching aid. *Applied ergonomics*, v. 40, n. 4, p. 713-721, 2009. *Applied ergonomics*, p. 713-721, 2009.
- ANFAVEA. Anuário estatístico 2016. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/anuario.html>. Acesso em 11/10/2016.
- BARBER, Jamie. Skill upgrading within informal training: lessons from the Indian auto mechanic. *International Journal of Training and Development*, v. 8, n. 2, p. 128-139, 2004.
- BARBIER, René. L'écoute sensible dans la formation des professionnels de la santé. In: Conférence à l'École Supérieure de Sciences de la Santé. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br>. Acessado em 20 de março de 2016.
- BELO, Valdeci Pereira. AutoDiag-OBDII Sistema para Diagnóstico Automático de Falhas em Veículos Automotores OBDII. Dissertação de Mestrado. UFMG, 2003
- BISHOP, Richard. *Intelligent vehicle technology and trends*. 2005.
- BONNICK, Allan. *Automotive computer controlled systems*. Routledge, 2007.
- BORCHARDT MIRIAN; SELBITTO, M. Serviços de pós-venda para produtos fabricados em base tecnológica. *Revista Produção On Line*, v. 8, n. 2, p. 1901, 1998.
- BORSCI, Simone; LAWSON, Glyn; BROOME, Simon. Empirical evidence, evaluation criteria and challenges for the effectiveness of virtual and mixed reality tools for training operators of car service maintenance. *Computers in Industry*, v. 67, p. 17-26, 2015.
- BOSCH, Robert. *Automotive Handbook 4th*. Robert Bosch GmbH, 1996.
- BOSCH, Robert GMBH. *Gasoline-engine management*. Alemanha: SAE International 1.ed., 1999. 370p;
- BOYS, Robert. *Safe-by-wire: the leading edge in vehicle airbag control. Vehicle networks and software, electrical wiring harnesses, and electronics and systems reliability*, 2004.
- BRAWIJAYA. *Micrometer Simulator*. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Brawijaya. Acesado em 10 de Agosto de 2016.
- CAMARA, J. C. C. ; Silva, Valeria L. . DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS AUTOMÓVEIS: APLICAÇÃO DE DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS DE DIAGNÓSTICO AUTOMOTIVO NA ÁREA DE EDUCAÇÃO. In: IV Workshop de Pesquisa, Tecnologia e Inovação, 2014, Salvador. Anuário de trabalhos apresentados no IV Workshop de Pesquisa, Tecnologia e Inovação PTI- Desafios e oportunidades para o desenvolvimento industrial do estado da Bahia. Salvador: SENAI-Cimatec, 2014. v. 1. p. 42-51.

- CARDOSO, Adalberto Moreira. *Trabalhar, verbo transitivo: destinos profissionais dos deserdados da indústria automobilística*. FGV Editora, 2000.
- CARVALHO, E. Globalização e estratégias competitivas na indústria automobilística: uma abordagem a partir das principais montadoras instaladas no Brasil. *Gestão e Produção*, v. 12, n. 1, p. 121–133, 2005.
- CESVI, C. d. E. e. S. V. Ranking Índice de Furto. CESVI, São Paulo. Setembro 2012. URL: www.cesvibrasil.com.br. Acessado em 20 de Julho de 2016.
- CHANDLER, Kenotebook; WALKOWICZ, Kevin; EUDY, Leslie. *New York City Transit Diesel Hybrid-Electric Buses: Final Results*. DOE/NREL Transit Bus Evaluation Project, v. 1, 2002.
- CHOUGULE, R.; Rajpathak, D.; Bandyopadhyay, P.; “An integrated framework for effective service and repair in the automotive domain: An application of association mining and case-based-reasoning”, *Computers in Industry*, 62 (2011) 742.
- CLARK, Kim B.; FUJIMOTO, Takahiro. *Product development performance: Strategy, organization, and management in the world auto industry*. Harvard Business Press, 1991.
- CONTRAN. Resolução nº 24, de 21 de maio de 1998. URL: www.denatran.gov.br/resolucoes.htm. Acessado em 20 de Julho de 2016.
- CONTRAN. Resolução no. 245. Abril 2007. URL: www.denatran.gov.br/resolucoes.htm. CONTRAN. Resolução no. 311. Abril 2009. URL: www.denatran.gov.br/resolucoes.htm. CONTRAN. Resolução no. 312. Abril 2009. URL: www.denatran.gov.br/resolucoes.htm. Acessado em 20 de Julho de 2016.
- CUBAN, Larry. *Teachers and machines: The classroom use of technology since 1920*. Teachers College Press, 1986.
- DE ALMEIDA, Nelson Morato Pinto. *Da prática multidisciplinar à ação transdisciplinar: O novo perfil do profissional de oficina de manutenção automotiva com a introdução das novas tecnologias nos veículos automotores*. CETRANS - Centro de Educação Transdisciplinar, 2015
- DE SOUZA, Marcelo Pires; DE ANDRADE, Ricardo; TOMIOKA, Jorge. *VULNERABILIDADE EM SISTEMAS AUTOMOTIVOS*. *Blucher Engineering Proceedings*, v. 2, n. 1, p. 360-372, 2015.
- DENTON, Tom. *Automobile electrical and electronic systems*. Routledge, 2004.
- DENTON, Tom. *Advanced automotive fault diagnosis*. Routledge, 2012.
- Departement of Physics,
- DIAS, C. Grupo focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. *Informação e Sociedade: estudos*, v. 10, n. 2, 2005.
- DU BOIS, Paul et al. *Vehicle crashworthiness and occupant protection*. 2004.
- ELM327 OBD Interpreter datasheet. www.elmelectronics.com acessado em Junho 2015
- EMADI, Ali; JACOBIOUS, Thomas M. Interprofessional projects in advanced automotive power systems: An integrated education and research multidisciplinary approach. *Education, IEEE Transactions on*, v. 47, n. 3, p. 356-360, 2004.

- ERSOY, Sezgin; KÜÇÜK, Haluk. The effect of a new teaching methodology on learning performances of automotive-mechatronics students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 2, n. 2, p. 310-316, 2010.
- FERREIRA, L. S. As mudanças no setor automotivo e a nova identidade do mecânico de automóveis. Julho 2011. XV Congresso Brasileiro de Sociologia.
- FERREIRA, Laura Senna. Trabalho, estigmas e trapaças: a profissão do mecânico automotivo. *Revista Cronos*, v. 15, n. 2, p. 155-171, 2015.
- FERREIRA, Laura Senna. Processos de racionalização e novos desenhos identitários: a reestruturação da indústria da reparação automotiva e do ofício do mecânico. *Sociedade e Estado*, v. 31, n. 1, p. 237-258, 2016.
- FILHO, A. A modernização da indústria automobilística nacional a partir da década de 90. *Revista Iluminart*, v. 1, n. 1, 2009.
- GIETELINK, Olaf et al. Development of advanced driver assistance systems with vehicle hardware-in-the-loop simulations. *Vehicle System Dynamics*, v. 44, n. 7, p. 569-590, 2006.
- GUGLIELMINO, Emanuele et al. Semi-active suspension control: improved vehicle ride and road friendliness. Springer Science & Business Media, 2008.
- GUO, H. Automotive signal diagnostics using wavelets and machine learning. *vehicular technology. IEEE Transactions*, v. 49, n. 5, p. 1650-1662, 2000.
- HANSSON, Hans et al. BASEMENT: An architecture and methodology for distributed automotive real-time systems. *Computers, IEEE Transactions on*, v. 46, n. 9, p. 1016-1027, 1997.
- HUANG, Matthew. *Vehicle crash mechanics*. CRC press, 2002.
- JIE, Hu et al. Developing PC-Based Automobile Diagnostic System Based on OBD System. In: *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2010 Asia-Pacific. IEEE*, 2010. p. 1-5.
- Khangura, K. S., N. V. Middleton, and M. M. Ollivier. "Vehicle anti-theft system uses radio frequency identification." *Vehicle Security Systems, IEE Colloquium on. IET*, 1993.
- KIENCKE, Uwe; NIELSEN, Lars. *Automotive control systems: for engine, driveline, and vehicle*. 2000.
- KIM, Ji-Hoon; SONG, Jae-Bok. Control logic for an electric power steering system using assist motor. *Mechatronics*, v. 12, n. 3, p. 447-459, 2002.
- KRUEGER Systems - ICircuit Circuit Simulator. Krueger Systems - Software Development & IT Consulting. Acessado em 2 de Setembro de 2016.
- LARMAN, Craig. *Utilizando UML e padrões*. Bookman Editora, 2002.
- LEE, Young Seo; KIM, Jin Ho; JEON, Jae Wook. Diagnostic gateway based on DoIP for automotive systems. In: *Consumer Electronics (ISCE 2014), The 18th IEEE International Symposium on. IEEE*, 2014. p. 1-2.
- LEEN, Gabriel; HEFFERNAN, Donal; DUNNE, Alan. Digital networks in the automotive vehicle. *Computing and Control Engineering Journal*, v. 10, n. 6, p. 257-66, 1999.

- LEEN, Gabriel; HEFFERNAN, Donal. Expanding automotive electronic systems. *Computer*, v. 35, n. 1, p. 88-93, 2002.
- LUO, Jianhui et al. Integrated model-based and data-driven diagnosis of automotive antilock braking systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, v. 40, n. 2, p. 321-336, 2010.
- MALVEZZI, Fernando; DE CAMPOS, José Roberto Augusto; NETO, Octavio Mattasoglio. Uma experiência da aplicação do ensino baseado em problemas em motores de combustão interna. COBENGE, 2009.
- MANZINI, E. Entrevista semi-estruturada: Análise de objetivos e de roteiros. UNESP, 2003.
- MARQUES, Marco Antonio; FRANCO, Lucia Regina Horta Rodrigues. CAN Automotivo Sistemas de Monitoramento. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá, 2004
- MATTOS, P. A entrevista não-estruturada como forma de conversação: razões e sugestões para sua análise. *Revista de Administração Pública*, 2005.
- MCCORD, Keith. *Automotive Diagnostic Systems*. CarTech Inc, 2011.
- NAMBURU, Setu Madhavi et al. Systematic data-driven approach to real-time fault detection and diagnosis in automotive engines. In: *Autotestcon, 2006 IEEE*. IEEE, 2006. p. 59-65.
- NAVET, Nicolas et al. Trends in automotive communication systems. *Proceedings of the IEEE*, v. 93, n. 6, p. 1204-1223, 2005.
- NIAZI, M. Awai Khan et al. Development of an On-board Diagnostic (OBD) Kit for Troubleshooting of Compliant Vehicles. In *Emerging Technologies (ICET), 2013 IEEE 9th International Conference on*, 1-4
- NOLTE, Thomas; HANSSON, Hans; BELLO, Lucia Lo. Automotive communications-past, current and future. In: *2005 IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*. IEEE, 2005. p. 8 pp.-992.
- OICA. Anuário estatístico 2015. Disponível em: <http://www.oica.net/category/production-statistics>. Acesso em: 11/10/2016
- PARK, Sang; LEE, Sang Yub. Development of On-Board Diagnosis via CAN for a HVI (Human Vehicle Interface) technology. 10th IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications.. 2012, Korea Electronics Technology Institute. Seongnam-si, Korea
- PERIER, L. Can-do solutions for car multiplexing. ST Microelectronics, 1998
- Portal O Mecânico. Mão de obra em Extinção. Disponível em: <http://omecanico.com.br/mao-de-obra-em-extincao/>, 2015. Acesso em: 20 de Outubro de 2016.
- POSITRON. Alarmes Automotivos. Catálogo 2016. Disponível em: www.positron.com.br. Acesso em: 20 de Julho de 2016.
- PRESSMAN, Roger S. Engenharia de software. AMGH Editora, 2009.
- PTC - Parametric Technology Corporation. Service Information Delivery: The Key Driver for Aftermarket Success. Site: www.ptc.com, 2008. Acessado em 20 de Julho

de 2016.

RAHMAN, M. Electric power assisted steering for automobiles. Universidade de New South Wales, Austrália, 2003

RAMADAN, Montaser N.; AL-KHEDHER, Mohammad A.; AL-KHEDER, Sharaf A. Intelligent anti-theft and tracking system for automobiles. *International Journal of Machine Learning and Computing*, v. 2, n. 1, p. 83, 2012.

RIBBENS, W. B. *Understanding Automotive Electronics*. Boston, USA: SAE, 2008.

RIOS, Emerson; MOREIRA, Trayahú. *Teste de software*. Alta Books Editora, 2006.

ROBINSON, Jeffrey A.; MCDONALD, Gary C. Issues related to field reliability and warranty data. *Data quality control: Theory and pragmatics*, p. 69-89, 1991.

ROCHA, J. R. P. *A Gestão do Desenvolvimento de Produto via APQP na Indústria Automobilística*. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) — USP, São Paulo, 2009.

SAE J218 – Passenger Car Identification Terminology. SAE, 1981

SAE J1979 – Standards and reporting requirements of On-Board Diagnostic (OBD) regulations. SAE, 2006

SANGIOVANNI-VINCENTELLI, Alberto. Integrated electronics in the car and the design chain evolution or revolution?. In: *Proceedings of the conference on Design, Automation and Test in Europe-Volume 1*. IEEE Computer Society, 2005. p. 532-533.

SANTOS, Max Mauro Dias et al. *Metodologias de projeto para sistemas de controle via redes*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SANTOS, M. M. *Tecnologias de redes de comunicação para sistemas automotivo*. *Revista Saber Eletrônica*, n. 426, p. 44–16. 2010

SCHMIDT, Albrecht et al. *Automotive user interfaces: human computer interaction in the car*. In: *CHI'10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2010. p. 3177-3180.

SONG, Hui; ZHU, Sencun; CAO, Guohong. Svats: A sensor-network-based vehicle anti-theft system. In: *INFOCOM 2008. The 27th Conference on Computer Communications*. IEEE. IEEE, 2008.

SOUZA, A. *Pesquisa de satisfação de clientes como forma de análise da qualidade dos serviços de manutenção de veículos: Um estudo comparativo*. UFRJ, 1999.

STONE, J. R. The neglected majority - revisited. *Journal of Career and Technical Education*, v. 21, n. 2, 2005.

TAHAT, A. Said, JAOUNI, J. and QADAMANI, W. "Android-based universal vehicle diagnostic and tracking system," *Consumer Electronics (ISCE)*, 2012 IEEE 16th International Symposium on, Harrisburg, PA, 2012, pp. 137-143. doi: 10.1109/ISCE.2012.6305105

TORRES, R. L. *A indústria automobilística brasileira: uma análise da cadeia de valor*. Tese (Doutorado em Economia) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2011.

TOYOTA. *Electronic Fuel Injection*. Toyota motor Corporation. Japão, 1997. 125p

VANDERMERWE, Sandra; RADA, Juan. Servitization of business: adding value by adding services. *European Management Journal*, v. 6, n. 4, p. 314-324, 1988.

VONG, C.M.; Wong, P.K.; Wong, K.I.; “Simultaneous-fault detection based on qualitative symptom descriptions or automotive engine diagnosis”, *Appl. Soft. Computing*, 2014.

XIE, Long. Study on automotive embedded system design of engine, brake and security system= Jidosha no enjin bureki sekyuryiti kumikomi shisutemu sekkei ni kansuru kenkyu. 2006.

ZURAWSKI, Richard (Ed.). *Embedded systems handbook*. CRC Press, 2005.

Bibliografia

AMARAL, Rinaldo Antunes; SODRÉ, José Ricardo. Influência de parâmetros de operação do motor nas emissões de aldeídos por um veículo a etanol. ABCM – Associação Brasileira de Engenharias e Ciências Mecânicas, 2000.

COSTA, Carlos Alberto. A Aplicação da Linguagem de Modelagem Unificada (UML) para o suporte ao projeto de sistemas computacionais dentro de um modelo de referência. Revista Gestão e Produção, Universidade Federal de São Carlos, v. 8, n. 1, p. 19-36, 2001.

DE LA PARRA, Hector Zelaya; MAGNUSSEN, Freddy; BOSGA, Sjoerd. Challenges for electric machines and power electronics in automotive applications. In: Ecologic Vehicles and Renewable Energies Conference EVER, Monaco. 2009. p. 26-29.

FARMER, Michael E.; JAIN, Anil K. Occupant classification system for automotive airbag suppression. In: Computer Vision and Pattern Recognition, 2003. Proceedings. 2003 IEEE Computer Society Conference on. IEEE, 2003. p. I-756-I-761 vol. 1.

FERREIRA, Laura Senna. As mudanças no setor automotivo e a nova identidade do mecânico de automóveis. Questões de Sociologia (Debates Contemporâneos), p. 147, 2014.

FIAT TREINAMENTO ASSISTENCIAL. Sistema de Injeção/Ignição IAW-1AB. Betim, 1996. 66p

FLEMING, William J. Overview of automotive sensors. Sensors Journal, IEEE, v. 1, n. 4, p. 296-308, 2001.

GM DO BRASIL - Novo Omega BCM. General Motors do Brasil: São Caetano do Sul, 1999. 136p;

GRIMM, Volker et al. A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. Ecological modelling, v. 198, n. 1, p. 115-126, 2006.

HEISLER, Heinz – Advanced Engine Technology . Reino Unido: SAE International, 2005. 794p;

MENNA, Gustavo Covizzi - Simulador de Ambiente Automotivo para Injeções Eletrônicas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, 2004. 178p

MILHOR, Carlos Eduardo. Sistema de desenvolvimento para controle eletrônico dos motores de combustão interna ciclo Otto. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MONTANARI, Gino; DAMASCENO, Fernando. SFS–Software Flexfuel Sensor. Prêmio FINEP de, 2004.

SZWARCFITER, Lila. Opções para o aprimoramento do controle de emissões de poluentes atmosféricos por veículos leves no Brasil: uma avaliação do potencial de programas de inspeção e manutenção e de renovação acelerada da frota. Tese de Doutorado. UFRJ, 2004. 275p.

TURNER, John. Automotive sensors. Momentum Press, 2009.

Apêndice A – Dados das pesquisas

Para desenvolver a pesquisa, foram executadas duas séries de pesquisas. Uma anterior ao desenvolvimento da ferramenta *Scanner* automotiva educacional, com o intuito de levantar dados sobre os pontos fortes e fraquezas das ferramentas atuais, bem como os requisitos para o desenvolvimento de uma ferramenta novo, com foco educacional.

A segunda série de pesquisa buscou avaliar a ferramenta propostas, suas aplicações, vantagens e limitações. A mesma foi realizada após o desenvolvimento do novo *scanner*.

As pesquisas foram desenvolvidas no laboratório de tecnologia automotiva da faculdade SENAI CIMATEC, junto a seis docentes da instituição que atuam diretamente no ensino de disciplinas que envolvem práticas com sistemas eletroeletrônicos embarcados em automóveis.

A.1 Roteiro para pesquisa orientada

As perguntas a seguir formam a base para as entrevistas realizadas junto a seis docentes de tecnologia automotiva, com o intuito de identificar as potencialidades e oportunidades de melhoria das ferramentas computacionais utilizadas para as aulas práticas de sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos.

1. Qual o procedimento adequado pelo senhor para a preparação e execução de aulas práticas envolvendo essa competência específica?
2. Quais ferramentas o senhor normalmente dispõe para a realização dessas práticas?
3. O senhor conhece a ferramenta *scanner*?
4. Costuma utilizar o *scanner* nas aulas práticas de sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos?
5. Quais procedimentos o senhor executa para o planejamento e execução de aulas práticas com o uso do *scanner*?
6. De que forma o senhor utiliza o *scanner* e como o senhor envolve os alunos nessas práticas?
7. Quais vantagens que o *scanner* lhe proporciona no desenvolvimento das

aulas?

8. O senhor poderia citar alguma (s) característica (s) do *scanner* que, de certa forma, poderia ser modificada (s) para tornar sua aula mais produtiva? Por favor, explique como essa característica interfere em sua aula.
9. Que funcionalidades o senhor acredita que, uma vez incorporadas ao *scanner*, poderiam te proporcionar melhor produtividade nas aulas. Por favor, explique como essa funcionalidade pode te trazer um benefício ao senhor ou aos alunos.
10. Como o senhor avalia a receptividade da ferramenta *scanner* perante os alunos? Em algum aspecto, o senhor poderia destacar que a receptividade poderia ser melhor?
11. Se o senhor pudesse idealizar um *scanner* ideal para uso didático, como esse equipamento seria? Quais seriam suas funcionalidades?

A.2 Questionário para docentes de montadoras e importadoras

O questionário a seguir foi aplicado a docentes que atuam em treinamento e supervisão de equipes de técnicos de concessionárias e importadoras de veículos.

Questionário – Pesquisa

“Desenvolvimento de um software *Scanner* educacional para aplicação na área automotiva”

Prezado professor, primeiramente gostaria de lhe agradecer pela disponibilidade para participar dessa pesquisa que será muito importante para o desenvolvimento da minha pesquisa. Aqui apresento um questionário composto de 3 partes, de acordo com o descrito.

Muito Obrigado!

Júlio Câmara – Doutorando em Modelagem Computacional da Faculdade SENAI CIMATEC

Parte I

Perfil do docente

Nome: _____

Sexo: _____ Idade _____

Formação – Ensino Fundamental Ensino Médio Técnico Graduado

Pós Graduado

Anos de experiência profissional: _____. Experiência com docente: _____

Áreas em que atua/atuou: _____

Qual o perfil de alunos / treinandos com que atua:

Profissionais da área Iniciantes.

Quais tópicos de tecnologia automotiva ensina?

Parte II

Com relação às suas atividades atuais de planejamento e uso dos *scanners* de diagnósticos em atividades práticas de ensino.

1) Qual o procedimento utilizado pelo senhor para preparação das aulas práticas?

2) Como é utilizado o *scanner* de diagnóstico em suas aulas práticas?

3) Quais falhas são usualmente simuladas com o uso do *scanner* em suas aulas práticas? Qual o tempo estimado em minutos que o senhor dispensa para preparar essa simulação?

- Sensor de temperatura defeituoso. _____ minutos;
- Sensor de rotação com falha _____ minutos;
- Sensor da posição da borboleta _____ minutos;
- Sensor de fase _____ minutos;
- Outros: _____ Minutos.

4) Existe alguma falha importante de ser simulada com o *scanner* para garantir um bom aprendizado e que normalmente não é desenvolvida por não ser possível ou demandar tempo excessivo ou por trazer riscos ao veículo de teste?

5) Existe alguma deficiência que o senhor apontaria no uso do *scanner* como ferramenta didática? Se sim, quais?

6) O *scanner* é uma ferramenta interessante para práticas de sistemas eletroeletrônicos embarcados automotivos? Sim / Não

7) O *scanner* tradicional permite que se insiram falhas e defeitos sem realizar qualquer modificação no veículo? Sim / Não

8) Os alunos ficam motivados quando as aulas envolvem práticas com veículos reais? Sim / Não

9) Os *scanners* de diagnóstico disponíveis no mercado são perfeitamente adequados para uso em atividades de aula práticas em sistemas eletroeletrônicos embarcados? Sim / Não

10) Os *scanners* de diagnóstico disponíveis no mercado são de baixo custo? Sim / Não

11) Os *scanners* de diagnóstico disponíveis no mercado permitem conexão com qualquer tipo de automóvel que tenha o conector padrão, não sendo necessário nenhum tipo de atualização ou pacote específico a depender do fabricante ou modelo

que será testado? Sim / Não

12) O uso de *scanner* de diagnóstico em atividades de docência motiva os alunos.
Sim / Não

Parte III

Com relação ao *Scanner* educacional proposto pelo pesquisado, responda as questões de 1 a 5, conforme a legenda. (1) Discordo totalmente; (2) Discordo; (3) Não concordo nem discordo; (4) De acordo; (5) Totalmente de acordo

- 1) O uso do *scanner* educacional é semelhante ao tradicional. _____
- 2) O protótipo de *scanner* educacional demonstrado identifica o modelo do veículo e funciona com qualquer modelo. _____
- 3) O modelo proposto permite simular mais falhas que um *scanner* tradicional. _____
- 4) A preparação de uma aula prática de diagnóstico e simulação de falhas é mais rápida com o uso do *scanner* educacional. _____
- 5) A captura automática do número de chassi (VIN) pelo *scanner* é uma estratégia importante para identificação adequada da literatura técnica. _____
- 6) O modelo proposto permite simular situações de leituras de dados inconsistentes não passíveis de serem simuladas com um *scanner* tradicional. _____
- 7) A funcionalidade de dois perfis – professor, aluno – com possibilidade de alteração de dados é interessante do ponto de vista didático. _____

Apêndice B – Recursos Utilizados

B.1 Recursos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa

Para o desenvolvimento da pesquisa foram necessários alguns recursos pessoais e materiais, de forma a poder realizar testes e experimentos, conforme Quadro B.1.

Quadro B.1 – Recursos utilizados na pesquisa

Recurso	Descrição	Custo de utilização
Scanner Automotivo tradicional	Equipamento que se conecta aos sistemas eletroeletrônicos de um automóvel para troca de informações. Na pesquisa foram utilizados o MDI da GM e o PDL4000 da Sun, equipamentos disponíveis nos laboratórios do SENAI CIMATEC.	R\$ 0,00. Disponibilizado pelo SENAI
Interfaces de comunicação entre PC e porta OBD do veículo	Dispositivos que permite que um PC troque informações com um veículo através de sua porta de comunicação OBD. Foram adquiridas 4 unidades, sendo 2 Wifi, uma Bluetooth e uma USB	US\$ 110,00. Importado pelo próprio pesquisador
Veículos com porta OBD	Automóveis que foram utilizados para desenvolvimento das atividades de ensino aprendizagem através de simulações com o uso do <i>scanner</i> . Foram utilizados oito automóveis disponíveis nos laboratórios do SENAI CIMATEC e do próprio pesquisador (Chevrolet Onix 2013; Renault Sandero 2013; Renault Duster, Volkswagen Gol 2011; Ford Focus 2014; Ford Ecosport 2015; Honda Fit 2015, Hyundai HB20 2015).	R\$ 0,00. Disponibilizado pelo SENAI ou do próprio pesquisador
Notebook	Para a instalação e teste do software <i>scanner</i> automotivo educacional, será utilizado um <i>notebook</i> i3 com sistema operacional <i>Windows</i> ® 8.1 do próprio pesquisador	R\$ 0,00. <i>Notebook</i> do próprio pesquisador
Softwares/aplicativos	Para o desenvolvimento do software <i>scanner</i> automotivo educacional, serão utilizadas versões gratuitas para PC de softwares para programação, emulação e execução na linguagem Java	R\$ 0,00. Versões gratuitas
Docentes para entrevistas e desenvolvimento das atividades de simulação	As entrevistas e simulações serão desenvolvidas durante as atividades de treinamento desenvolvidas na área automotiva do SENAI CIMATEC, respeitando-se um agendamento prévio de forma a não interferir nas atividades rotineiras desenvolvidas pelos docentes.	Não se aplica

Apêndice C – Manual do Usuário

C.1 Manual do usuário do software Scanner automotivo educacional

O software *scanner* educacional é um aplicativo para PC que permite, por intermédio de uma comunicação com um veículo através de uma interface OBD/*WiFi*, acessar parâmetros e códigos de falha da rede CAN automotiva de um veículo.

Com dois perfis de acesso – professor e aluno – o software permite simular falhas e dados inconsistentes de leitura sem a necessidade de quaisquer alterações físicas no veículo de teste. Ao professor é facultado alterar, fixar ou omitir parâmetros previamente ao acesso dos alunos, o que permite um melhor planejamento de suas atividades práticas, com maior segurança e produtividade.

A desnecessidade de alterar fisicamente o veículo, além de poupar tempo ao docente, garante a integridade dos equipamentos.

C.1.1 Hardware necessário

1 Computador com *Windows*® XP ou superior, comunicação *WiFi*;;

1 Interface OBD / *WiFi*. Existem diversos modelos no mercado, como o ilustrado na Figura C.1.



Figura C.1 – Interface OBD / *WiFi*

C.1.2 Instalação

Instale a Máquina Virtual JAVA - JAVA JRE;

Clique no arquivo *OBD Scanner*, conforme ícone da figura C.2.



Figura C.2 – Ícone do software

C.1.3 Utilização do software

Conecte a interface OBD WiFi no conector OBD do veículo que será utilizado na simulação, conforme figura C3.



Figura C3 – Interface OBD/WiFi conectada ao conector OBD do veículo

Nas configurações WiFi do seu computador, localize o hardware OBDWiFi. Conecte ao mesmo;

Após a conexão ter sido bem sucedida, clique no arquivo *OBD Scanner* – Figura C.2;

Na tela inicial – Figura C.4, insira os dados de IP e porta da interface utilizada – consulte o manual ou *datasheet* da interface utilizada para verificar essa informação. Uma vez digitada, essa informação seguirá armazenada, só sendo necessário alterar em caso de substituição da interface.

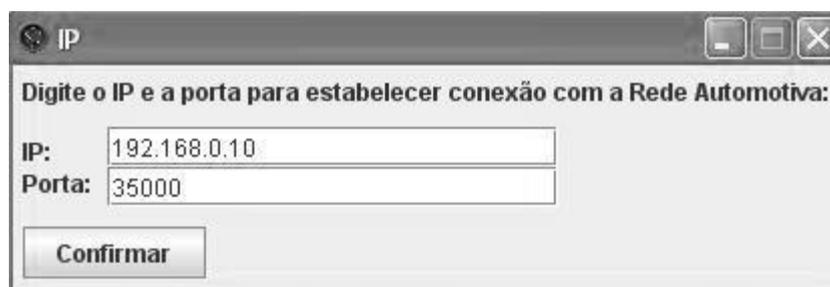


Figura C.4 – Tela de configuração do IP e porta da interface OBD / WiFi

C.1.3.1 Perfis de Usuário

Uma vez estabelecida a conexão com o veículo, o software requisita a escolha do perfil de usuário, com liberação de acessos distintos, o qual pode ser visto na figura C.5.

- Professor (acesso mediante senha)
 - Leitura de parâmetros;
 - Leitura de códigos de falha;
 - Alteração de parâmetros – multiplicação por percentual, omissão do parâmetro ou escolha de valor fixo;
 - Inserção de novos parâmetros OBD;
 - Edição de códigos de falha;
 - Mudança de senha.

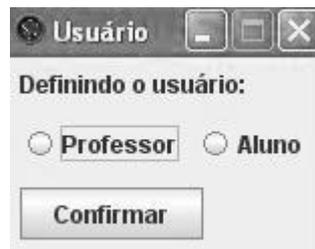


Figura C.5 – Tela de escolha do perfil do usuário

- Aluno (acesso livre)
 - Seleção de parâmetros para leitura – somente estão disponíveis os parâmetros liberados no perfil do professor;
 - Leitura de parâmetros – submetidos à liberação e modificação executadas no perfil do professor;
 - Leitura de códigos de falha - submetidos às inserções no perfil do professor.

C. 1.3.2 Leitura de parâmetros

Tela que permite a leitura de parâmetros OBD *on line* com o funcionamento do veículo. A informação inicial refere-se ao VIN – *Vehicle Identification Number*. As informações são coletadas através dos protocolos OBD por meio da interface OBD *WiFi*. A figura C.6 ilustra uma tela de leitura de parâmetros.

Os dados mostrados refletem as modificações efetuadas pelo docente, em seu perfil.

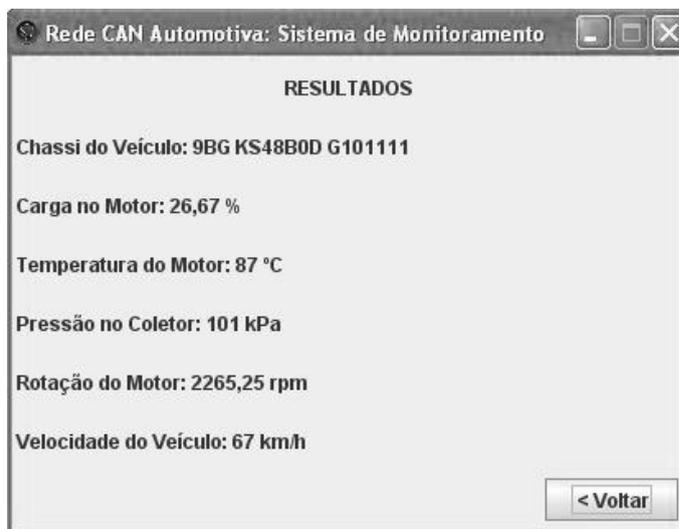


Figura C.6 – Tela de leitura de parâmetros

C.1.3.3 Seleção e modificação de parâmetros

Tela exclusiva ao perfil do professor. Nela é possível omitir ou não um parâmetro, multiplica-lo por uma constante ou fixar um valor. Visualiza-se a unidade utilizada. Na figura C.7 pode-se visualizar a tela de seleção e modificação de parâmetros.

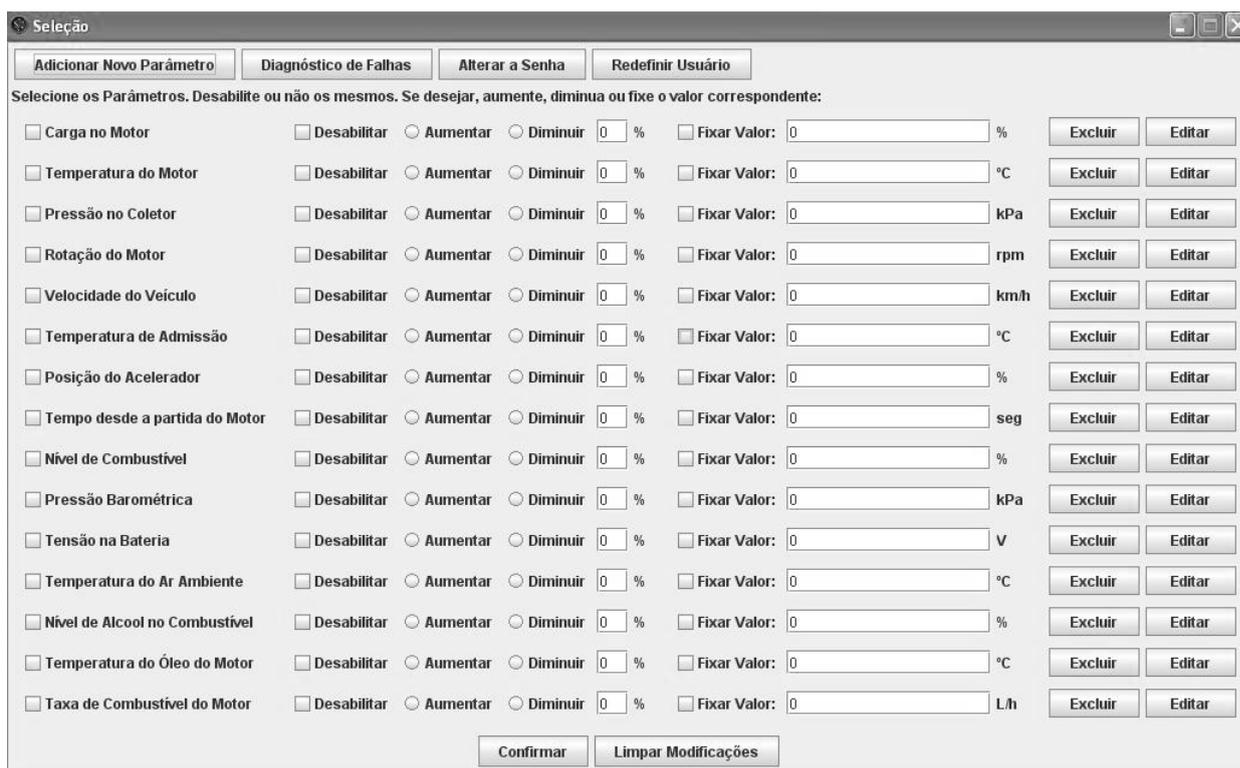
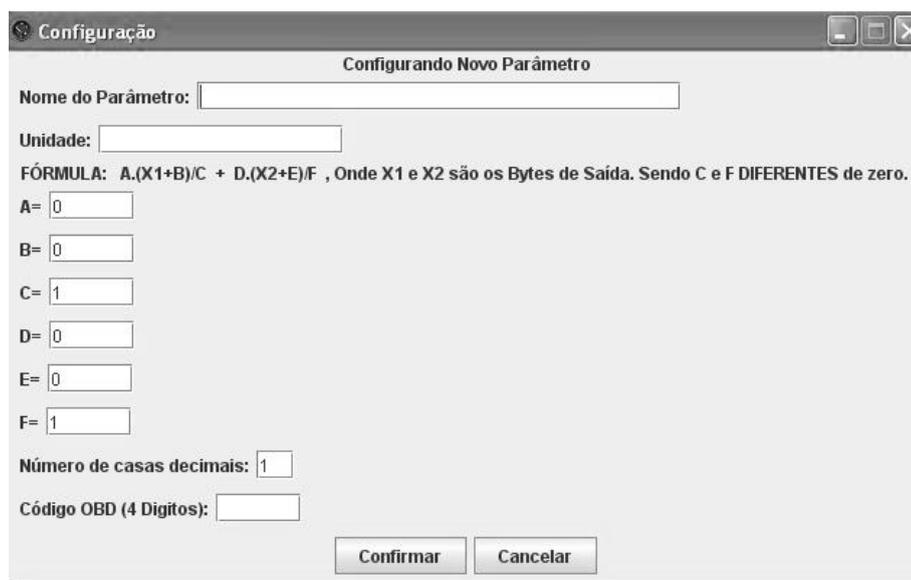


Figura C.7 – tela de seleção e modificação de parâmetros

Na tela de seleção de parâmetros é possível ainda:

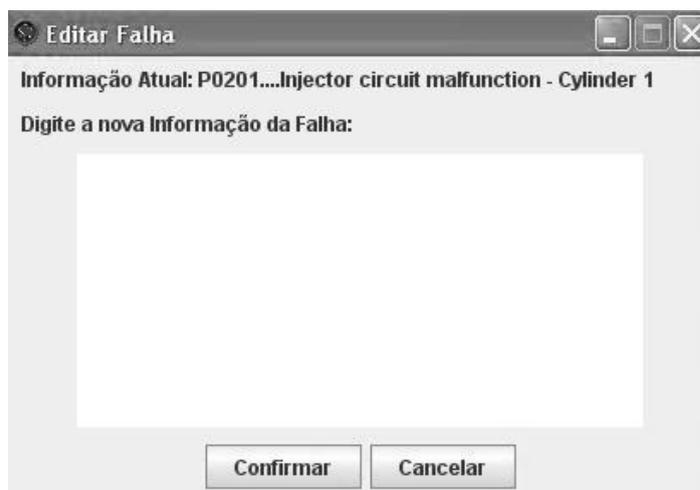
- Adicionar um novo parâmetro OBD – insira os dados referentes a esse parâmetros nos campos indicados, consultando esses dados na norma SAE J1979 – Figura C.8.



The screenshot shows a window titled "Configuração" with the subtitle "Configurando Novo Parâmetro". It contains several input fields: "Nome do Parâmetro:", "Unidade:", "FÓRMULA: A.(X1+B)/C + D.(X2+E)/F , Onde X1 e X2 são os Bytes de Saída. Sendo C e F DIFERENTES de zero.", "A=" (0), "B=" (0), "C=" (1), "D=" (0), "E=" (0), "F=" (1), "Número de casas decimais:" (1), and "Código OBD (4 Dígitos):". At the bottom are "Confirmar" and "Cancelar" buttons.

Figura C.8 – Inserção de novo parâmetro OBD.

- Verificar e editar códigos de falhas – serão informados os códigos e um texto sucinto relatando a natureza da falha – Figura C.9.



The screenshot shows a window titled "Editar Falha". It displays "Informação Atual: P0201...Injector circuit malfunction - Cylinder 1" and a prompt "Digite a nova Informação da Falha:" followed by a large empty text area. At the bottom are "Confirmar" and "Cancelar" buttons.

Figura C.9 – Verificação e edição de códigos de falha

- Alteração da senha – a senha inicial é 123456 e pode ser alterada a qualquer momento.
- Redefinição de usuário – retorna à tela de escolha de perfil.

C.1.4 Problemas, erros e soluções

- 1) Erro de seleção do IP e porta

Causa possível: Não há comunicação com o veículo.

- Cheque se a interface está corretamente encaixada no conector OBD do veículo;
- A ignição deverá estar ligada;
- A tensão mínima para operação da rede CAN é de 9,6 Volts. Caso a bateria do veículo esteja muito descarregada, a conexão não será possível – recarregue a bateria.

2) Número VIN não identificado ou não coincide com o VIN real do veículo

Causa possível: O VIN cadastrado nas centrais difere do VIN real do veículo.

- Provavelmente o veículo teve a central de controle do motor (PCM) ou a central gateway da rede CAN substituída por de outro veículo ou programada incorretamente. Para a programação correta é necessário o uso de um *scanner* proprietário do fabricante do veículo. Algumas centrais, por motivo de segurança, não admitem uma segunda programação.

3) Inserção de código de falha não aceita

Causa possível: o código OBD inserido não foi reconhecido pelo veículo.

- Alguns códigos de falha não são compatíveis com alguns veículos, em especial naqueles em que o erro em questão é referente a algum sensor ou atuador inexistente naquela versão de veículo testada. Escolha outro código de falha para a simulação desejada.

Apêndice D – Termos de livre consentimento

Modelo de livre consentimento assinado pelos docentes entrevistados ao longo da pesquisa.

Eu..... autorizo minha participação no projeto de pesquisa intitulado **DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE SCANNER EDUCACIONAL PARA APLICAÇÃO NA ÁREA AUTOMOTIVA**, sob responsabilidade do Engenheiro e pesquisador Júlio César Chaves Câmara, RG xxxxxxxx SSP BA, vinculada como aluno do Doutorado em Modelagem Computacional da Faculdade SENAI CIMATEC, sob orientação da Profa. Dra. Valério Loureiro.

Declaro que fui informado tratar-se de um estudo que pretende analisar os desafios envolvidos na realização de aulas práticas envolvendo Sistemas Eletroeletrônicos embarcados automotivos e percepções à cerca do uso de scanners de diagnóstico tradicionais e de um novo modelo de scanner proposto.

Fui informado de que a participação consistirá em participar de uma entrevista e de ser acompanhado durante o teste do novo modelo de scanner, onde serão coletadas algumas impressões durante seu uso.

Fui informado que os dados coletados nesta pesquisa serão divulgados única e exclusivamente para fins acadêmico-científico, ressaltando inclusive que não há riscos profissionais e nem socioemocionais para os participantes deste projeto de pesquisa.

Fui informado que os resultados serão encaminhados para publicação em revistas especializadas e apresentações em eventos científicos com o propósito de contribuir para o desenvolvimento da ciência e da sociedade. Contudo, fica firmada a garantia de sigilo das informações que possam identificar os participantes, assegurando o anonimato a eles.

O pesquisador garantiu que acompanhará todo o desenvolvimento da pesquisa e estará à disposição para qualquer esclarecimento adicional, que se fizer necessário, antes, durante ou depois da realização da pesquisa, deixando para contato, telefone, e e-mail (Telefone: xxxxx, e-mail: xxxxxxx).

Fui informado(a) que este termo de consentimento é emitido em duas vias, para que eu possa ficar com uma via e o pesquisador com a outra.

O pesquisador esclareceu que, se eu desejar, posso cancelar a presente autorização, sem qualquer tipo de prejuízo sobre mim.

Estou ciente de que a participação neste projeto é livre e voluntária, assino abaixo confirmando a autorização solicitada.

_____, ____ de _____ de 2016.

Assinatura do Participante

Júlio César Chaves Câmara

Pesquisador Responsável

Desenvolvimento de um scanner educacional para simulação de falhas e treinamento de profissionais da área automotiva

Júlio César Chaves Câmara

Salvador, 13 de Dezembro de 2016.