
*Desenvolvimento de um sistema de aquisição e tratamento de
dados para veículo baja SAE*

William Pereira

William Pereira

Desenvolvimento de um sistema de aquisição e tratamento de dados para veículo baja SAE

Relatório de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Graduação em Ciência da Computação, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Roberto Silvio Ubertino Rosso Jr.

Doutor

Joinville

2017

William Pereira

Desenvolvimento de um sistema de aquisição e tratamento de dados para veículo baja SAE

Relatório de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Ciência da Computação da
UDESC, como requisito parcial para a obtenção do
grau de BACHAREL em Ciência da Computação.

BANCA EXAMINADORA

Roberto Silvio Ubertino Rosso Jr.

Doutor

Charles Christian Miers

Doutor

Douglas Wildgrube Bertol

Doutor

Resumo

PLACEHOLDER

Eu gosto de carros. Desde criança minha paixão era correr nos circuitos virtuais de Gran Turismo, nas pistas noturnas de Need For Speed Underground e nas maluquices de Top Gear 3000. Quando menor, sabia que para ser piloto era necessário muito dinheiro e minha família não possui tais recursos, então eu sonhava em ser um mecânico de carros, para poder mexer com os carros mais rápidos e os tornar-lós ainda mas rápidos, fazer com que a corrida não acabasse.**FAZER UM RESUMO DE VERDADE** **Palavras-chave:** *Performance, Sensoriamento, Telemetria.*

Abstract

PLACEHOLDER

I like cars. Since I was a kid my passion was to run in the virtual race tracks of Gran Turismo, in the night circuits of Need For Speed Underground and in the craziness of Top Gear 3000. When little, I knew it was needed a lot of money to be a motorsport race pilot and my family didn't had the resourcer to, so I dreamed to be a car mechanic, so I would be able to customize the fastest cars and make them go even faster, making sure the race never stop. **MAKE A REAL ABSTRACT** **Keywords:** *Performance, Data Acquisition, Telemetry*

Conteúdo

Lista de Abreviaturas	7
1 Introdução	8
1.1 Estrutura do trabalho	10
2 Fundamentação Teórica	11
2.1 Baja SAE	11
2.2 Sensores	12
2.2.1 Temperatura do motor	13
2.2.2 Frequência de rotação do motor	14
2.2.3 Velocidade do veículo	15
2.2.4 Nível do combustível	16
2.2.5 Temperatura do câmbio CVT	16
2.2.6 Deslocamento do amortecedor	18
2.3 Microcontroladores	18
2.4 Software	20
3 Trabalhos Relacionados	21
4 Projeto/Proposta de Solução	30
4.1 Objetivos	30
4.1.1 Objetivo Geral	30
4.1.2 Objetivos Específicos	31
5 Pré Ensaio	33

5.1	Pré Ensaio	33
6	<i>Considerações Finais</i>	34
6.1	Fortemente considerável	34
	Bibliografia	35

Lista de Figuras

2.1	Diagrama do sistema elétrico usados atualmente no baja.	13
2.2	Vela automotiva.	14
2.3	Sensor de velocidade MTE 73020.	15
2.4	Sensor de velocidade conectado próximo ao freio traseiro.	15
2.5	Câmbio CVT.	17
2.6	Sensor MLX90614 e seu funcionamento.	17
2.7	Sensor de deslocamento do amortecedor SHARP GP2Y0A21YK0F.	18
2.8	Diagrama de blocos do microcontrolador ATmega328/ATmega328p.	19
3.1	Exemplo de entrada <i>On-Board Diagnostics</i>	26
4.1	Diagrama com o esquema geral do sistema.	31

Lista de Tabelas

4.1	Conceitos do cenário estudado	30
-----	---	----

Lista de Abreviaturas

ADC	<i>Analogic to Digital Converter</i>
ECU	<i>Engine Control Unit</i>
RPM	<i>Rotação/Revoluções por Minuto</i>
SCOB	<i>Sistema de Controle On-Board</i>
SD	<i>Solid Disk</i>
UDESC	<i>Universidade do Estado de Santa Catarina</i>
TCC	<i>Trabalho de Conclusão de Curso</i>

1 Introdução

A área de telemetria, aquisição de dados e sensoramento em geral de um veículo é usada de forma extensiva em competições automobilísticas aonde amostragem em tempo real é necessária para centenas de sensores que permitem aos engenheiros manterem o rastreamento da performance do *powertrain*, parâmetros de dirigibilidade como configurações de suspensão e temperatura dos pneus (ANDRIA, 2015). Estes dados são fundamentais para que os engenheiros e pilotos consigam acertar o carro a fim de obter tempo de voltas mais rápidos, além de melhor manutenção do carro de forma geral.

Alguns problemas do cenário de veículos *off-road* podem ser levantados, (ARAÚJO, 2006) trás alguns avisos sobre problemas que são comumente encontrados em situações de extremo esforço para o conjunto mecânico e eletrônico, como em uma prova de enduro do Baja SAE. Estes problemas devem ser levados em consideração na hora de montagem do sistema de aquisição de dados e também do *software*, além de levantados nos processos de engenharia de *software* quando se comenta sobre os requisitos do sistema (como tratamento de dados). Os problemas encontrados são:

- Interferência eletro-magnética: Os picos de tensão produzidos pela centelha da vela podem interferir no microcontrolador se o mesmo não for bem isolado;
- Temperatura do *cockpit*: Depende muito da hora de realização do enduro e local, mas em regiões mais quentes como no nordeste e em horários como 12 e 14 horas, a temperatura interna do *cockpit* pode ficar muito elevada e esta pode comprometer qualquer circuitaria que seja sensível a calor e não esteja protegida;
- Vibração: Pela natureza de uma prova *off-road*, existe muita vibração. Este problema pode acarretar em mal contato entre circuitos e placas;
- Lama

Foram então levantados junto com o grupo Velociraptor os componentes que seriam monitorados. Os seguintes itens foram levantados:

- Frequência de rotação;

- Velocidade do veículo;
- Nível do combustível;
- Relação de transmissão;
- Temperatura do câmbio CVT;
- Rolagem da carroceria;
- Deslocamento do amortecedor;
- Deslocamento da suspensão;
- Temperatura do disco de freio;

Os dados serão recebidos no computador de boxe a partir do *SCOB* e transmitidos do cartão *SD* interno para a plataforma para atualização dos dados.

1.1 Estrutura do trabalho

2 Fundamentação Teórica

Nesta sessão serão descritos alguns dos conceitos essenciais para a compreensão do trabalho. Inicialmente será explicado como funciona a organização Baja SAE e as provas a quais os carros são submetidos, além de um breve resumo da história da equipe Velociraptor. Também são descritos alguns detalhes técnicos de quais sensores são/devem ser aplicados no percurso do trabalho além de informações sobre os microprocessadores estudados para servir como base do *SCOB* vão ser discutidas. Por último é feito uma análise de práticas de engenharia de *software* que podem ajudar na construção do sistema que será proposto.

2.1 Baja SAE

A categoria Baja, organizado pela SAE (*Society of Automotive Engineers*), é uma categoria de *motorsport* feita para estudantes de engenharia aprofundarem seu conhecimento na área com um projeto real, no qual toda a construção do veículo deve ser realizada, bem como sua documentação e busca por patrocinadores para viabilização do projeto. Os carros a serem montados devem, por regulamento, (BRASIL, 2017) serem feitos de uma estrutura tubular de aço, fibra de vidro, carbono ou kevlar (ARAÚJO, 2006), com quatro ou mais rodas e motor padrão de 10HP. Também segundo o regulamento o carro deve suportar uma pessoa de até um metro e noventa de altura e 113,4 quilogramas de peso. Todo o sistema de suspensão, freio, transmissão e chassi é projetado e executado pela equipe participante.

As provas realizadas pelos veículos em um torneio , segundo (BRASIL, 2016) são:

- Segurança;
- Motor;
- Conforto;
- Frenagem;
- Suspensão;
- Capacidade de tração;

- Dirigibilidade; e
- Enduro.

Além destas provas a equipe também deve realizar uma apresentação com o projeto completo do veículo, contando pontos para o torneio. A equipe que obtiver a maior quantidade de pontos nas provas citadas acima ganha o torneio.

2.2 Sensores

Os sensores, junto com atuadores, são os métodos em que circuitos elétricos conseguem se comunicar com o mundo físico realizando algumas tarefas como fazer uma medida de alguma grandeza. Em Fraden (2016) o sensor é definido como "um dispositivo que recebe um estímulo e responde com um sinal elétrico". Existem diversos tipos de sensores e tipos de variações específicas para cada área de uso, sensores de posição como os potenciômetros, sensores de velocidade angular como tacômetros com rotores dentados, sensores de proximidade com uso de sensores óticos e assim por diante (KILIAN, 2001).

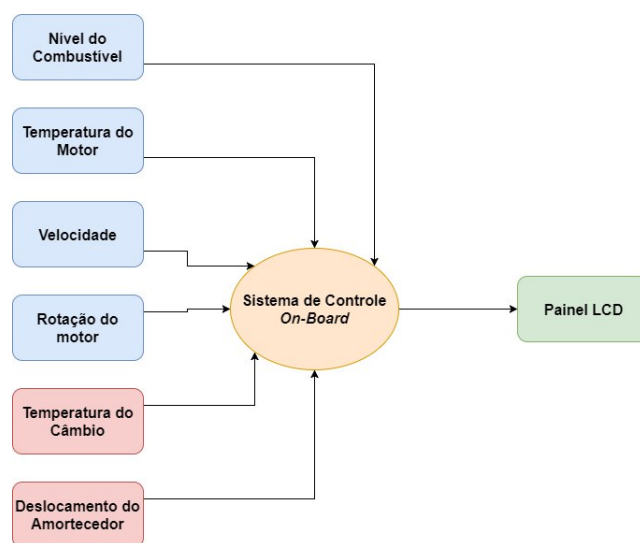
Os sensores presentes em um veículo se dividem em duas categorias (CHANDIRAMANI; BHANDARI; HARIPRASAD, 2014) - aqueles que são feitos para o conforto do passageiro e aqueles feitos para garantir o funcionamento devido da parte dinâmica do veículo. O primeiro é importante para a lista de opcionais do carro consequentemente agradar ao consumidor comum. O segundo é crítico ao engenheiro em alto nível, sem impacto imediato para o público em geral.

Um bom exemplo de como o sensoriamento pode ajudar no desempenho de uma equipe de automobilismo em tempo real é dado por Araújo (2006). Quando superaquecido, o motor fica fora do seu regime ideal de trabalho, causando um maior desgaste dos componentes internos e por consequência uma perda de rendimento, o autor continua e comenta que quando o motor esta numa temperatura muito abaixo da ideal, o rendimento também sofre alteração, porque o consumo de combustível aumenta e o torque é menor em relação a um motor ajustado. Para manter o processo dentro de uma faixa desejada, sensores de temperatura do óleo devem ser instalados, com eles é possível manter um histórico da faixa de funcionamento do motor e além de manter o piloto constantemente atualizado da temperatura do motor do seu veículo, o que permite que o piloto tenha mais liberdade em forçar o carro para melhorar o tempo de volta

ou dirigir mais cautelosamente, a fim de evitar desgaste excessivo nas peças e melhor consumo de gasolina, fatores que devem ser levados em consideração em uma prova de automobilismo.

O projeto do veículo *off-road* do grupo Velociraptor já conta atualmente com alguns sensores. A Figura 2.1 mostra o esquema do sistema elétrico usado atualmente no veículo. Os espaços em azul são sensores utilizados na competição, os espaços em vermelho são sensores usados para testes.

Figura 2.1: Diagrama do sistema elétrico usados atualmente no baja.



Fonte: Autor.

As subseções a seguir explicam o funcionamento destes sensores.

2.2.1 Temperatura do motor

O motor deve operar em uma temperatura ideal abaixo de 110°C para desempenhar bem o seu papel. Se sobreaquecidas, as peças do conjunto começam a operar de forma incorreta e isto pode ocasionar rompimento da junta de vedação da galeria de óleo, diminuição da espessura do óleo e em casos de exposição prolongada a sobreaquecimento, travamento do pistão dentro da câmara do motor. Para evitar casos como estes citados acima é importante ter a informação sobre a temperatura do motor, com a informação o piloto pode forçar menos o motor na prova para manter a temperatura estável ou o carro pode ser parado para uma manutenção de emergência.

Para realizar a aquisição desta grandeza é utilizado um sensor termistor de coeficiente negativo de temperatura.

2.2.2 Frequência de rotação do motor

A revolução/rotação por minuto (RPM) é uma grandeza que indica quantas rotações por minuto um certo objeto realiza, sendo em torno de si mesmo ou em torno de um outro objeto. No contexto do automobilismo, a RPM é a quantidade de vezes em que um motor realiza um giro completo, movendo o virabrequim que esta conectado a uma transmissão. Esta transmissão esta conectada a um eixo e consequentemente o eixo está conectado a roda. Esta é uma ideia básica de como funciona o sistema de conversão de um fenômeno químico (combustão do motor) em força física e o que o RPM trata neste meio.

Para fazer aquisição desta grandeza, é utilizado uma técnica que envolve a vela. A vela, que pode ser vista na Figura 2.2, está presente em todos os carros movidos a motores de combustão, sua função é causar a centelha que começa o processo de explosão do combustível misturado com ar na câmara interna do motor.

Figura 2.2: Vela automotiva.



Fonte: Google Imagens.

A vela produz uma centelha a cada ciclo de explosão da gasolina e esta centelha é produzida a partir de uma carga de energia de 15V. A carga de energia é capturada por uma bobina em volta do fio elétrico da vela e conectada a uma entrada digital do microprocessador. Quando ocorrer a centelha é executada uma interrupção no programa do microprocessador e incrementado um valor em uma variável reservada para o RPM. Esta variável ainda deve ser tratada antes de ser passada para o painel pois a centelha da vela é ativada uma vez a cada ciclo do motor, porém dentro de um ciclo completo (admissão, compressão, explosão e exaustão) é realizado dois giros do virabrequim, ou seja, duas RPM. Depois de ter o valor multiplicado por dois, o valor é demonstrado no painel.

2.2.3 Velocidade do veículo

A velocidade do veículo é a grandeza que indica a quão rápido um veículo se move de um ponto A para um ponto B. Para aquisição desta grandeza é utilizado um sensor MTE 73020 que pode ser visto na Figura 2.3. Este sensor vai acoplado perto do eixo do veículo e captura a rotação do mesmo graças ao efeito Hall, esta rotação é transformada em uma onda quadrática com frequência proporcional a velocidade do veículo (MTE-THOMSON, 2017) e que deve ser tratada de acordo com a sua aplicação. Este sensor é utilizado em carros da marca GM.

Figura 2.3: Sensor de velocidade MTE 73020.



Fonte: MTE-THOMSON.

No Baja Velociraptor o sensor está acoplado ao eixo traseiro, próximo ao motor, e captura a rotação do freio traseiro que está conectado ao eixo, como pode ser visto na Figura 2.4. Toda vez que um dente do freio passa próximo ao sensor o mesmo emite um sinal quadrático que está conectado ao microprocessador no SCOB. A frequência recebida pelo SCOB é tratada, levando em consideração o tamanho da roda e número de dentes no freio, resultando na fórmula matemática a seguir:

Figura 2.4: Sensor de velocidade conectado próximo ao freio traseiro.



Fonte: UDESC Baja Velociraptor.

$$V = \frac{S_{vel}}{N_{freio}} \times 2\pi r \times \frac{3.6km}{h}$$

Aonde V é a velocidade final mostrada no painel, S_{vel} é o número de vezes que o sensor produziu um sinal quadrático, N_{freio} é a quantidade de dentes presente no freio customizado do baja Velociraptor, $2\pi r$ é fórmula da área da roda e $\frac{3.6km}{h}$ transforma o resultado de metros por segundo para quilômetros por hora.

2.2.4 Nível do combustível

O combustível é utilizado para causar a explosão controlada dentro do motor de combustão. Medir a quantidade ainda disponível no tanque de gasolina dele é essencial para que possam ser tomadas decisões como manter o veículo na pista ou chamar o veículo para os boxes. A técnica mais comum utilizada para tirar esta grandeza é a boia, como pode ser visto em alguns trabalhos analisados ((NUNES, 2016) e (ARAÚJO, 2006)) mas esta técnica não pode mais ser aplicada nas competições devido a novas regras de competição que não permitem uso de fios dentro de motores ou tanques de combustível (BRASIL, 2017).

Para se adequar a estes novos regulamentos, foi utilizada uma nova técnica de medida da grandeza. Esta técnica consiste em utilizar uma boia dentro do tanque de gasolina com um ímã e 5 sensores capacitivos fixados pelo lado

2.2.5 Temperatura do câmbio CVT

O motor a combustão de um veículo gera torque e potência, porém esta entrega é linear e pode ser ineficaz dependendo do terreno em que o veículo se encontra. Para contornar esta situação e ter o torque sempre desejado, é adicionada uma transmissão ao veículo. A transmissão converte a saída de torque e potência com o objetivo de manter o motor o mais próximo possível da hipérbole de tração ideal (NAUNHEIMER, 2011).

O tipo de transmissão escolhida para o baja Velociraptor foi uma caixa de câmbio CVT (*Continuously Variable Transmission*). Para a equipe, a informação da temperatura da transmissão é importante para o projeto do veículo pois o câmbio CVT possui componentes sensíveis como a correia utilizada no sistema. Na Figura 2.5 é possível visualizar um exemplo de câmbio CVT, a correia é o objeto pintado de vermelho e o rompimento da mesma por fatores

como desgaste excessivo causaria falha total do sistema.

Figura 2.5: Câmbio CVT.



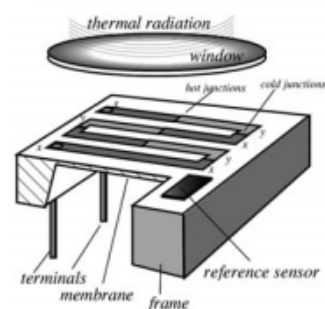
Fonte: Google Imagens.

Para obter essas informações do câmbio foi utilizado um sensor MLX90614 (Figura 2.7(a)). Este sensor, da categoria termopilha, opera utilizando o mesmo princípio de um sensor termopar. Um termopar simples é um dispositivo de baixa sensibilidade que responde a mudanças da casa de 1°C com uma mudança de dezenas de μV , um sensor de termopilha é uma cadeia de termopares conectados, tipicamente 50 a 100 junções, para obter um sinal de 50 a 100 vezes mais forte. O sensor opera com uma membrana com uma capacidade térmica baixa devido a seu tamanho, e esta membrana varia de temperatura de acordo com a radiação térmica para que desta forma a temperatura seja calculada gerando uma voltagem correspondente (FRADEN, 2016). A Figura 2.7(b) exemplifica este processo descrito. A saída deste sensor é analógica e vai conectada a entrada analógica do microcontrolador.

Figura 2.6: Sensor MLX90614 e seu funcionamento.



(a) Sensor MLX90614.
Fonte:Google Imagens



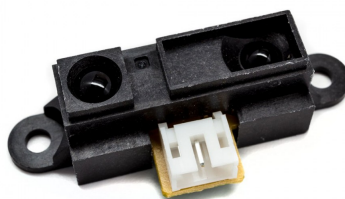
(b) Exemplo do funcionamento.
Fonte:(FRADEN, 2016)

2.2.6 Deslocamento do amortecedor

O amortecedor, que está contido no conjunto da suspensão, tem o papel de controlar o carro de forma a manter as rodas do veículo em constante contato com o solo, trazendo melhor desempenho para o mesmo. Este sensor de deslocamento de amortecedor é utilizado em bancada para testes com o mesmo. Para fazer os teste foi criado um instrumento semelhante a um amortecedor em altura, que fica acoplado ao lado do amortecedor e é fixado ao mesmo. Quando o amortecedor sofre tensão o esforço também é transmitido para o instrumento e nele é realizada a aquisição da grandeza. Estes dados adquiridos ajudam na tomada de decisão da configuração da suspensão, escolhendo entre uma suspensão mais rígida ou mais suave dependendo do terreno, calibragem dos pneus, etc...

É utilizado um sensor GP2Y0A21YK0F da SHARP como pode ser visto na Figura 2.7 para fazer a aquisição do deslocamento do amortecedor. Este sensor

Figura 2.7: Sensor de deslocamento do amortecedor SHARP GP2Y0A21YK0F.



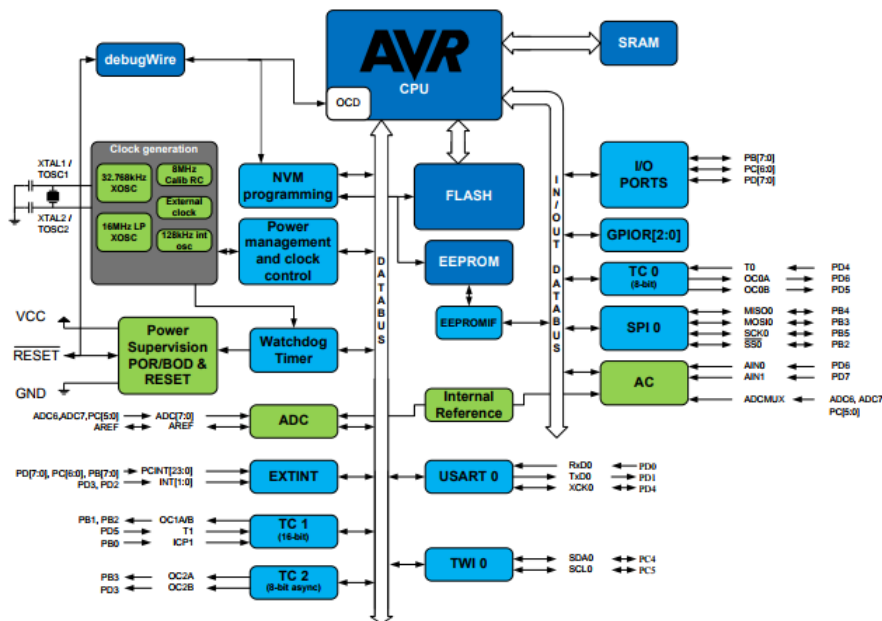
Fonte: SHARP.

2.3 Microcontroladores

Os microcontroladores são os dispositivos de maior importância dentro de um sistema embarcado, sendo considerados o coração de um projeto que envolva soluções remotas (RANI, 2010). O microcontrolador possui várias funções integradas dentro de um único chip e com baixo consumo de energia. Dentro dele é possível encontrar uma unidade de processamento, uma unidade de memória para usabilidade geral, pinagem para operações gerais de entrada e saída e entradas/saídas para protocolos seriais como I^2C . A Figura 2.8 é um exemplo a arquitetura de um microcontrolador usado em diversas placas de desenvolvimento, o ATmega328/ATmega328p. Ele utiliza arquitetura Harvard, ou seja, o acesso a memória de dados

é separado da memória de programa.

Figura 2.8: Diagrama de blocos do microcontrolador ATmega328/ATmega328p.



Fonte: Atmel.

Em Rani (2010) é citado alguns fatores que são levados em conta na escolha do microcontrolador para o projeto discutido no artigo, porém tais critérios podem ser revistos e redimensionados para a aplicação no baja Velociraptor. Os critérios de maior relevância são:

- Baixo consumo de energia;
- Quantidade suficiente de entradas/saídas para periféricos; e
- Programável em C.

Além destes critérios citados, o **custo** também é um fator que deve ser levado em conta para a escolha do microcontrolador. Estes critérios levam a construção da Tabela onde podem ser vistas

A utilização de uma *PC Board* é uma ideia que pode ser incluída no projeto da equipe da UDESC de baja SAE. Porém os contras desta possibilidade devem ser bem avaliados. Um outro problema, além do custo já citado, é o tamanho. Um *Raspberry Pi 3 Model B* tem dimensões 85mm x 56mm x 17mm, já um *Arduino Nano V3.0* possui dimensões 45mm x 18mm. Levando em consideração o fato de que ainda é produzido um *shield* sobre o equipamento e ele é introduzido em uma caixa que fica entre o volante e a coluna frontal do veículo

2.4 Software

3 Trabalhos Relacionados

Nesta seção será comentado sobre alguns trabalhos que possuem um objetivo similar ou utilizam tecnologias similares.

O trabalho de Calderón, Ruiz e Bohórquez (2013) propõe uma solução de telemetria para um veículo de competição elétrico. A proposta se assemelha a este trabalho proposto no quesito de manter a equipe em questão atualizada dos dados providos do carro, a diferença é que o veículo é movida a energia limpa, elétrica. Este requisito altera também algumas das grandezas a serem analisadas pelo sistema, nele são verificados fatores como amperes por hora, voltagem, velocidade e distância percorrida. Infelizmente o trabalho não comenta como é feita a coleta dos dados pelos sensores, apenas comentando que existe um equipamento que faz o mesmo. Para parte de telemetria, os desenvolvedores comentam que trabalharam com foco em resolver dois problemas: Robustez sobre todo o circuito de provas e segurança dos dados, além de redução do ruído. Portanto duas tecnologias foram analisadas para a transmissão dos dados embarcados do veículo até os computadores da equipe, a de radio frequência e a rede móvel de celular (GSM). A última foi escolhida devido a "(...) Impossibilidade de garantir a comunicação entre todos os circuitos devido aos formatos e obstáculos encontrados no terreno...", também é comentado que foram realizados testes e todos os circuitos possuem cobertura de sinal móvel. Por último é desenvolvido um *software* para receber os dados provenientes do veículo. O sistema de aquisição de dados teve seu funcionamento dividido em quatro blocos, sendo eles: configuração do aplicativo e do canal transmissão de dados usado; informações específicas da direção do piloto e do circuito percorrido; valores numéricos dos dados técnicos mais importantes para a manutenção do veículo em tempo real; representação gráfica de toda a informação recebida durante todo o processo da prova. Com isto e o tratamento das informações, o programa apresenta para a equipe de boxes informações como:

- Consumo de energia;
- Voltagem da bateria;
- Velocidade;
- Distância percorrida;

- Eficiência energética.

Todas estas informações disponíveis são relevantes, porém o artigo não se entra em detalhes quanto a construção do sistema de aquisição, o que poderia aumentar em muito a relevância deste trabalho para o projeto proposto. Como é comentado, existe um indício de emprego de técnicas de engenharia de *software* na criação do sistema de aquisição de dados, porém por não ser o foco do trabalho, as mesmas não são citadas.

Outro trabalho que também possui um carro movido a energia limpa e propõe um sistema de aquisição de dados é Taha (2010). O sistema é feito para um carro que utiliza um motor elétrico e deve ser capaz de percorrer distâncias de mais de 3000 quilômetros no evento *World Solar Challenge*. O equipamento utilizado pela equipe foi o CompactRIO em conjunto com o *software* Labview da National Instrument para aquisição dos dados e a criação da plataforma de tratamento de dados, respectivamente, além do módulo de transmissão por rádio frequência MaxStream (atualmente Digi) Xstream. Como todos os dispositivos usados pela equipe são fornecidos por uma fabricante externa, pouco é discutido sobre como os sensores operam no ambiente. O artigo demonstra um pouco sobre a arquitetura do sistema montado, utilizando os equipamentos citados e fala dos resultados, também não comentando sobre como foi feita a abordagem de criação do *software* e que requisitos ele deve suprir. Um dado interessante visto neste artigo é que para coletar dados de seis termopares, dois transdutores de corrente, um grupo de bateria e um tacômetro, foi necessário 363,3 kilobytes de dados por hora, assim um cartão SD de dois gigabytes seria suficiente para armazenar uma longa bateria de treinos.

O artigo de Katzourakis (2012) é mais abrangente, ele utiliza um sistema de aquisição de dados e telemetria para estudar o comportamento de motoristas ao volante de carros convencionais. O estudo de comportamento visto no artigo não é verificado por não ser o foco, porém a parte de instrumentação faz algumas menções muito interessantes. Os testes feitos para as análises de dirigibilidade possuem alguns sensores construídos pelos autores, como o de posição do acelerador e sensores para cada roda a fim medir sua velocidade individual (útil em casos de derrapagem), e outra parte dos dados são capturados com um equipamento chamado Racelogic VBOX, ele tira alguns dados como aceleração de 0 a 100 e distância percorrida utilizando GPS. Para as entradas analógicas foi comprado um sistema de aquisição de dados da National Instruments modelo USB-6211 USB M Series (ou, como é chamado no artigo, NI-DAQ), onde tais entradas são direcionadas a ele. Para os sensores de velocidade das rodas foi

utilizada uma placa de prototipagem AVR-P40-USB-8535 da Olimex em conjunto com um microcontrolador Microchip da família ATMega32. O *software* criado tem um código produzido na linguagem C/C++, e o programa tem como objetivo se comunicar com a placa de prototipagem AVR e o sistema de aquisição de dados NI-DAQ, além de outros periféricos citados no texto do artigo. Tendo estes dados, o *software* trata esses valores e disponibiliza para o usuário em tempo real, além de armazenar os dados em um arquivo de texto para análises posteriores. O *software* tem taxa de atualização de 100 Hz, sendo a taxa de amostragem do NI-DAQ de 100Hz e a taxa de amostragem dos sensores de roda de 20Hz no qual o valor final mostrado ao usuário é o último dado recebido dos sensores. O artigo apresenta um diagrama, esquematizando o funcionamento do *software*, e além da parte de sensoriamento ainda existem os algoritmos criados para o estudo de comportamento, aumentando o nível de complexidade total do sistema. Apenas o diagrama não seria suficiente para manter a equipe de desenvolvimento atualizada do progresso do *software* proposto, mas como o foco do texto não está na engenharia de *software*, esta parte não se encontra discutida por completo. As taxas de atualização apresentadas nesse artigo dão uma ideia de um problema que será encontrado no trabalho proposto, alguns sensores podem ter taxas de atualização diferentes de outros (como temperatura do motor e RPM) o que deve ser ajustado com filtros no *firmware* do SCOB que será desenvolvido em conjunto com a equipe Velociraptor.

Outro artigo revisado foi Chandiramani, Bhandari e Hariprasad (2014), este traz uma solução de aquisição de dados com um SCOB customizado para fórmula SAE, porém o sistema é de uso geral na área veicular, podendo ser instalado em quaisquer outros modelos. O artigo não é muito específico em como e quais sensores são usados, ele coloca alguns exemplos como um sensor para temperatura (LM35) e como é feito um filtro matemático a partir da mediana de 100 valores para obter um resultado mais confiável. O foco do artigo é na parte de telemetria, nesta área é discutida uma solução para qual protocolo *wireless* utilizar para o fim sensoriamento veicular. Algumas opções são descartadas no começo, como *Bluetooth* e infravermelho, devido ao alcance limitado e a necessidade de manter contato direto entre os nós, o que é inviável em um circuito automobilístico. Então foram estudados dois outros protocolos, o WiFi e ZigBee. O artigo comenta que ambos possuem alcance mínimo para o cenário, ambos trabalham na frequência 2.4GHz e podem ter seus dados encriptados. Contudo o ZigBee foi escolhido devido a melhor relação de consumo de energia, além de segundo o autor, ser mais simples de se instalar uma malha de rede ZigBee. A vantagem do WiFi é maiores taxas de transferência, porém no sistema analisado este requisito não era prioritário.

Estes dados não estão mais no escopo de projeto do trabalho proposto, porém este era um dos requisitos comentados pela equipe de baja SAE da UDESC, este artigo tem informações que podem ser muito úteis para um trabalho futuro no campo da telemetria veicular.

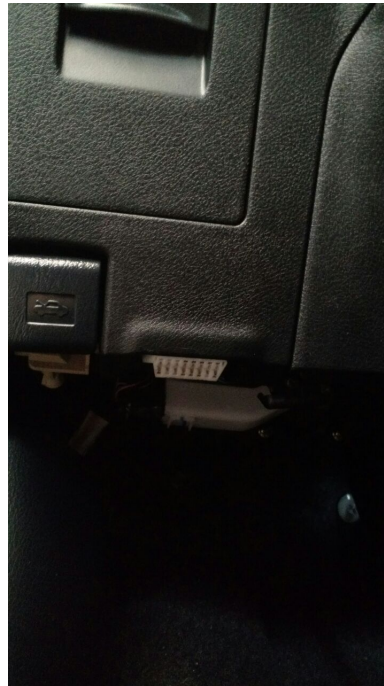
Um estudo feito por Araújo (2006) traz várias informações sobre o sistema eletrônico do Paraibaja, equipe de baja da Universidade Federal de Campina Grande. O artigo não é focado em telemetria e aquisição de dados, portanto não existe *software* para ser analisado, mas este artigo comenta como a equipe fez para montar seu painel de instrumentos e o *firmware* que esta contido nele, este mesmo possui alguns sensores e técnicas de utilização interessantes que apesar da data devem ser levados em consideração. A equipe trabalhou com o velocímetro, tacômetro, termômetro, medidor de nível de combustível e indicador de nível de óleo. Todos esses sensores foram ligados a um microcontrolador AT89S8252 para manipulação dos dados e exibição das medidas no *display* do painel. Para a visualização destas mesmas informações o sistema conta com um *display* de sete segmentos e LEDs indicadores (para RPM e superaquecimento do motor). O artigo então comenta como são utilizados os sensores para retirada de informação, o termômetro por exemplo, utiliza uma sonda de alumínio acoplada ao cárter do motor, mesmo processo utilizado atualmente pela equipe Velociraptor. Essa sonda, além de ser feita de alumínio, também tem seu interior preenchido com pasta térmica, o que garante uma boa condutividade térmica e uma medição mais próxima do valor real. Outro dado interessante é que o valor considerado para superaquecimento do motor é 120°C, caso este valor seja ultrapassado, um LED indicativo no painel é acendido para informar o piloto. Saber este valor é essencial para a escolha dos sensores de temperatura, pois os sensores possuem uma faixa de medição que deve ser levado em consideração antes de sua escolha. Ambas as medições de combustível e do nível do óleo são feitas com boias dentro dos seus respectivos recipientes. Esta técnica é comumente utilizada em carros de rua, porém novas regulamentações do baja SAE (BRASIL, 2017) não permitem o uso de cabos e fios na parte interna de recipientes como o tanque de gasolina, inviabilizando esta técnica em veículos atuais da categoria. Para fazer a medida das revoluções por minuto do motor para tacômetro, é utilizada uma técnica que tira proveito da vela, equipamento que libera a centelha para iniciar a combustão interna do motor. Como o motor possui quatro ciclos definidos (admissão, compressão, explosão e exaustão), a vela libera a centelha para a queima no momento em que o combustível está comprimido, assim causando a explosão que movimenta o pistão que conseqüentemente movimenta o virabrequim. Neste processo a vela necessita de uma tensão de aproximadamente 12KV e este pico pode ser capturado por uma bobina, e este sinal capturado pode ser convertido em RPM se estiver

dentro de uma janela de tempo adequada. O sistema foi testado em pista nas provas e é reportado que ocorreram mal contato e vários *bugs* no *firmware*. Os autores então fazem algumas recomendações sobre as adversidades encontradas em um evento da baja SAE (estes detalhado anteriormente na seção 1) e recomendam que o sistema de acoplamento com os sensores deve ser isolado e a caixa que acomoda o SCOB deve possuir blindagem eletrostática, junto com vedação contra água e lama.

Dois artigos do mesmo autor foram estudados ((ANDRIA, 2015) e (ANDRIA, 2016)) e possuem temas semelhantes e pertinentes, porém Andria (2015) será focado no texto a seguir. Este sistema de aquisição de dados e monitoramento com telemetria foi especificamente produzido para carros convencionais, pois ele utiliza uma entrada de leitura de dados padrão na maioria dos carros convencionais de rua. A *On-Board Diagnostics* (Figura 3.1) é uma entrada presente geralmente na parte inferior do painel dos veículos e fornece informações diretamente da ECU do mesmo. Além de ser uma entrada padrão, os protocolos de interfaceamento para a aquisição dos dados também são padronizados e independente de montadora, sendo esta porta muito utilizada em oficinas para aquisição de diagnósticos preliminares do veículo. Além desta fonte de informações, o autor também utiliza um sensor de movimento MPU6050 para medir aceleração lateral e velocidade angular. Todos estes dados são enviados para um SCOB que diferente da maioria dos outros artigos aqui citados, consiste em um Raspberry Pi. Isto é importante pois o artigo cita algumas vantagens de se ter uma *PC Board* para processamento dos dados recebidos. Uma das vantagens é o poder de processamento superior em relação a um microcontrolador o que dependendo dos requisitos do projeto pode ser fundamental. Outra vantagem é a possibilidade de utilização de linguagens interpretadas como Python e Ruby, tudo graças ao ambiente que suporta um sistema operacional completo. Uma última vantagem comentada é a possibilidade de uso de um sistema gerenciador de bancos de dados integrados com o SCOB para *backup* de informações e otimização do uso de memória para armazenamento de dados, além de aumento na confiabilidade dos mesmos. Porém uma desvantagem que não é levantada mas deve ser levada em consideração é o aumento do custo monetário do projeto, com o preço de um Raspberry Pi sendo aproximadamente dez vezes o preço de um Arduino Nano (Novembro de 2017). O *software* desenvolvido para este projeto utiliza Labview e funciona via internet com uma interface web. Os dados são guardados dentro do SCOB e quando requisitado pelo computador são baixados, caso o computador não consiga fazer o carregamento das informações do SCOB, ele utiliza os dados presentes no servidor local. Existe um sistema de usuários para controle das informações e os dados dos sensores são divididos em categorias e

podem ser visualizados em tabelas e gráficos. Nos testes, a taxa de amostragem de dados foi fixada em 100Hz e é comentado no artigo que o gargalo do sistema nesse quesito é o sistema *On-Board Diagnostics*, que varia de carro para carro. Não é comentado nenhum tipo de planejamento ou análise de requisitos na parte do *software* e também não é apresentado nenhum diagrama explicando o sistema corrente.

Figura 3.1: Exemplo de entrada *On-Board Diagnostics*.



Fonte: Autor.

Uma discussão mais profunda sobre o uso destas placas e de outras é feita na seção 2.3.

Os últimos trabalhos a serem revisados são os que tiveram propostas mais relevantes e similares às propostas neste trabalho. Os trabalhos de conclusão de curso analisados ((DIAS, 2010), (NUNES, 2016) e (PEREIRA, 2012)) tem propostas para criação de um sistema de telemetria para a modalidade baja/fórmula SAE com um cenário similar ao deste trabalho. Primeiramente, Dias (2010) tem como foco a pesquisa, projeto e execução da parte de *hardware* do sistema de telemetria, deixando a parte de *software* para um segundo trabalho. Já Nunes (2016) utiliza parte do que já foi projetado em outros anos na equipe Car-Kará para projetar um sistema completo de telemetria com duas ECUs, incluindo *software* e *hardware*. Por último Pereira (2012) trás uma abordagem diferenciada no qual é proposta uma revisão do projeto de elétrica da equipe de fórmula SAE da USP para introdução de conceitos de engenharia de *software*.

Em Dias (2010) é construído um sistema protótipo para toda a parte de eletrônica, instrumentação e telemetria do veículo UFVBaja. Os sensores que são instalados no veículo são de temperatura, combustível, bateria, velocidade e rotação do motor. O texto trás uma revisão de conceitos de elétrica, principalmente da parte de microcontroladores, visto que essa é a área abordada pelo trabalho. É comentado sobre conversores analógico-digital, comunicação serial assíncrona, microcontroladores, USB e transceptores sem fio. Este último possui algumas informações sobre o protocolo ZigBee, este que é usado para enviar e receber dados entre os sistemas do veículo e dos boxes. É comentado que o protocolo oferece um excelente imunidade a interferências e a pode hospedar mais de 65 mil dispositivos, além de possuir taxas de transferências de dados entre 20Kbps e 250Kbps. Depois de explicar estes conceitos iniciais, o trabalho explica quais e como funcionam os transdutores utilizados no mesmo. Para grandeza de velocidade e RPM foi escolhido um transdutor indutivo acoplado no eixo do motor para a rotação e na roda dianteira para a velocidade. Um fato curioso é que no veículo baja da equipe Velociraptor, a medida da grandeza é feita na roda traseira, não na dianteira, isto é interessante pois aqui é comentado que a medida é tirada da roda dianteira devido ao fato do motor estar acoplado ao eixo traseiro e em casos de derrapagem o medidor de velocidade iria indicar um falso valor, porém também existe o problema de manutenção na roda dianteira, visto que acoplar sensores no eixo frontal é mais complicado por questões de apoio para os sensores. Para o nível de combustível é utilizado um transdutor de pressão diferencial, este fica acoplado na derivação da mangueira de combustível entre o tanque e o carburador do motor. O calculo do nível de combustível é feito levando em conta a pressão que a gasolina exerce no fundo do tanque. Para medir a temperatura do motor é utilizado um sensor LM35 na carcaça externa do motor. Para se obter a tensão da bateria não existe um sensor específico, porém o trabalho utiliza o sinal proveniente da bateria, conectado diretamente em um canal ADC do microcontrolador. No *firmware* do microcontrolador é realizado um cálculo com uma constante restauradora e assim é obtido o decaimento da tensão. Este cálculo de tensão da bateria não é gerado atualmente no Velociraptor e pode ser adicionado ao *software* de tratamento de dados porém como um extra para testes, pois a bateria usada em provas é calculada previamente para durar o tempo de prova. A configuração do SCOB possui um microcontrolador PIC16F877A e um PIC16F628A, ambos da Microship, a programação dos mesmos é feita em linguagem C. Para utilizar o protocolo ZigBee, é empregado o uso do módulo Xbee-PRO. Este módulo tem potência de transmissão de 100mW e alcance de 1,6 quilômetros sem contar com obstáculos segundo o autor. O sistema de boxes é independente e portátil, contando com um painel LCD de duas linhas e 16 colunas e

LEDs para alertar sobre alguns dados específicos. Apesar de funcionar sem um computador, os dados recebidos pelo modulo Xbee-PRO podem ser enviados pelo microprocessador para um computador via USB, e lá eles podem ser tratados para análise. Após estabelecida conexão com USB, são enviados pacotes com letras (que indicam a grandeza) e números (que indicam os valores medidos) e cada grandeza é separada por um caractere especial "\$". O trabalho é finalizado com uma discussão de resultados e algumas sugestões de aprimoramento como troca dos microcontroladores citados por outros com maior numero de periféricos além de maior poder de processamento e melhoria de precisão da medida do nível do combustível. Ambas as sugestões devem ser acatadas com a utilização dos microcontroladores mais recentes disponíveis no mercado e um método de medida de nível de combustível diferente do citado no trabalho (detalhes na seção 2.2.4).

O trabalho de Nunes (2016) cria um sistema para aquisição de dados de um veículo baja, utilizando protocolo de comunicação CAN entre os múltiplos SCOBs presentes. O sistema tem uma proposta de utilização de arquitetura distribuída. São utilizados dois microcontroladores para aquisição de dados, diferentemente da maioria dos trabalhos revisados até agora. Um fica na parte dianteira e outro na traseira, também existe um terceiro microcontrolador, porém este só reúne as informações mais importantes e disponibiliza em um painel digital. O trabalho cita algumas vantagens de se usar um sistema distribuído como diminuição no tamanho do chicote elétrico devido ao SCOB estar próximo aos sensores, facilidade de inserir novos módulos e maior robustez contra falhas elétricas. O último fator citado (robustez) é questionável pois a adição de novos sistemas aumentam a complexidade da manutenção do equipamento. Também são citados pontos negativos na utilização desta arquitetura, estes seriam o maior custo monetário para o projeto e maior complexidade de preparo do equipamento com uso do protocolo CAN. Os sensores utilizados no trabalho trabalham com grandezas como RPM, temperatura, nível do combustível, tensão da bateria e velocidade. As técnicas de medida das grandezas dos sensores de RPM, temperatura do motor, tensão da bateria e velocidade do veículo são as mesmas das citadas no trabalho de Dias (2010), a única diferença encontrada está no nível de combustível, que é medido com um boia automotiva. Depois é comentado sobre o uso do protocolo CAN, tempo de bit e quadro de dados de uma mensagem do protocolo. O autor então comenta sobre a implementação e experimento, falando sobre os testes realizados sobre o sistema em bancada e em campo. O código dos SCOBs é feito em C e são utilizados dois Arduino Uno para a aquisição de dados dos sensores e um Arduino Mega para disponibilização dos dados no painel principal. O trabalho não possui um *software* para tratamento dos dados recebidos e análise dos

mesmos e também, contrário ao que o título indica, não existe um sistema de telemetria para os dados, apenas da aquisição dos mesmo. A ideia de utilização de múltiplos microprocessadores pode ser levada em consideração, principalmente devido ao tamanho de algumas plataformas como Arduino Nano e Raspberry Pi Zero, uma discussão sobre as plataformas de prototipagem e microcontroladores utilizados pode ser vista na seção 2.3.

O último trabalho é de Pereira (2012). Diferentemente dos outros, este não tem como objetivo criar um sistema de aquisição de dados de sensores de forma alguma, mas ele utiliza um sistema já concebido previamente e sugere conceitos de engenharia de *software* que podem ser empregados neste meio do automobilismo. O objetivo em utilizar estes conceitos é adotar um padrão para ser seguido e facilitar a adequação do *software* a evoluções. São apresentados alguns modelos de processo como modelo em cascata, desenvolvimento evolucionário e engenharia baseada em componentes, e por fim é demonstrado modelo feito especificamente para atender as necessidades desse projeto. O modelo criado possui uma execução de processos em circulo, aonde é inicialmente feita uma especificação dos *software*, em cima dela é produzido um código, depois são realizados teste e por último é realizada uma manutenção, para logo após reiniciar o ciclo para implementar novas funcionalidade. As quatro fases citadas acima são especificadas no texto, a fase de especificações do *software* tem os requisitos do mesmo levantados e avaliados, ela pode ser detalhada em quatro outras fase, de estudo de viabilidade, de elicitação e análise de requisitos, especificações dos requisitos e validação dos requisitos. A etapa de projeto de *software* faz uma análise também é dividida em quatro fases, primeiro é feito um projeto de arquitetura, depois projeto de componentes, projeto de estrutura de dados e por último o projeto do algoritmo. A etapa de testes é na qual o sistema é avaliado, verificando se ele esta de acordo com os requisitos estudados. Por último a etapa de manutenção consiste em adequar e manter o ambiente criado nas últimas etapas, reparando defeitos de *software*, adaptando-o para novos ambientes operacionais e adicionando funcionalidades. O trabalho especifica alguns pontos dentro das etapas comentadas acima, porém elas são relativas ao modelo adotado pelo autor e não são de uso geral. Finalizando, o autor conclui que para trabalhos futuros é possível atingir padrões como ISO9126 de qualidade, além de controle de custos através da verificação de diversas propostas de arquitetura. Este projeto trouxe uma nova perspectiva ao trabalho, a ideia de adicionar conceitos de engenharia de *software* ao projeto adiciona em muito o que pode ser oferecido a equipe de baja da UDESC Velociraptor. A discussão feita sobre os conceitos de engenharia de *software* podem ser vistas na seção 2.4.

4 Projeto/Proposta de Solução

Os conceitos revisados até este momento serão utilizados para a criação de uma proposta de solução computacional para a equipe baja Velociraptor. Revisando, a equipe tem como principal problema não conseguir obter informações que interessam a cada setor do veículo de maneira **intuitiva, simplificada, modular e com armazenamento**. Estes três conceitos são detalhados na Tabela 4.1 a seguir:

Tabela 4.1: Conceitos do cenário estudado

Conceito	Descrição
Intuitiva	Demonstração dos dados com gráficos e valores absolutos
Simplificada	Um sistema para aquisição para todos os dados dos sensores reunindo as informações de todos os setores do veículo
Modular	Preparado para expansão e atualização com novas tecnologias
Armazenamento	Armazena os dados retirados dos sensores para análises futuras

4.1 Objetivos

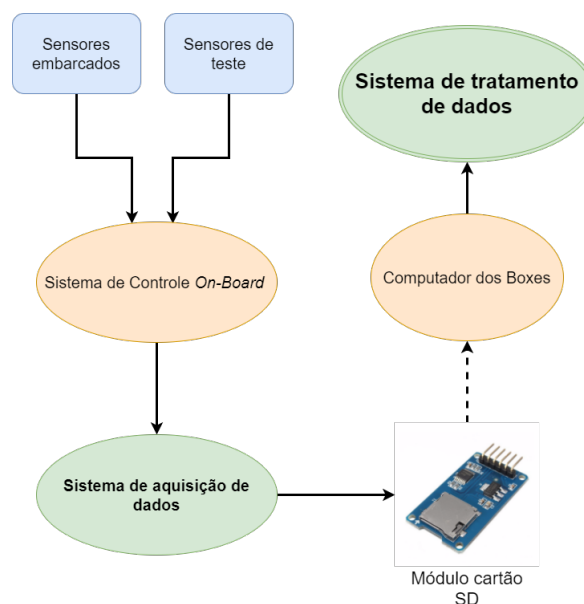
Os objetivos que devem nortear o trabalho a fim de sanar os problemas levantados podem ser subdivididos em objetivo principal, que é a meta final do trabalho, e objetivos secundários, que servem para medir a acurácia das medidas tomadas no curso do trabalho.

4.1.1 Objetivo Geral

Produzir um sistema que forneça a equipe informações que irão ajudar aos setores do veículo (suspensão dianteira, suspensão traseira, freio, transmissão, eletrônica) em testes de bancada, bem como fornecer dados de uso geral da equipe como média do consumo de gasolina em prova para análises posteriores.

O sistema é dividido em duas frentes: a parte de **aquisição** dos dados, feito junto ao SCOB com base nos dados recebidos via sensores revisados na seção 2.2, esta parte já existe atualmente no baja Velociraptor, porém ela deve ser atualizada para acompanhar os avanços do novo *software*; a parte de **tratamento** dos dados é o foco deste trabalho, nesta parte os dados serão armazenados de um cartão SD no SCOB e quando conectados a computadores de boxes, seus dados ali contidos são lidos por um *software* que permite visualização de gráficos e mostra de valores absolutos de maior importância. A Figura 4.1 é um diagrama explicando o esquema geral do sistema, desde a aquisição dos dados pelos SCOBs e tratamento nos boxes com o *software*. Os balões em azul indicam os sensores, os balões em laranja indicam *hardware* e balões em verde indicam *software*.

Figura 4.1: Diagrama com o esquema geral do sistema.



Fonte: Autor.

4.1.2 Objetivos Específicos

- O sistema deve ser independente em relação ao meio em que os dados são transportados do SCOB para os boxes; Desta forma em atualizações futuras o método atual de transferência de dados pode ser substituído por telemetria;
- O *software* deve ser independente de sistema operacional;
- O *software* deve possuir informações específicas para cada área da engenharia automobilística;

-
- O *software* deve ser construído de forma a facilitar a manutenção evolutiva, preparado para chegada de novos sensores;
 - Deve ser criada e atualizada uma documentação do *software*;
 - Deve se instaurar uma cultura de utilização de engenharia de *software* para facilitar manutenções adaptativas e manutenções corretivas.

5 Pré Ensaio

5.1 Pré Ensaio

aqui vai um ensaio sobre o projeto final =D

6 Considerações Finais

6.1 Fortemente considerável

aqui vai alguma consideração final =D

Bibliografia

ANDRIA, G. et al. Design and implementation of automotive data acquisition platform. In: *2015 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings*. 2015. p. 272–277. ISSN 1091-5281.

ANDRIA, G. et al. Development of an automotive data acquisition platform for analysis of driving behavior. *Measurement*, v. 93, n. Supplement C, p. 278 – 287, 2016. ISSN 0263-2241. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224116303943>>.

ARAÚJO, T. V. et al. Projeto mini baja como estudo de para instrumentação eletrônica. In: *XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*. 2006. p. 1776–1790.

BRASIL, S. *Estudantes de engenharia constroem 30 carros off-road para competição*. ago 2016. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/noticia/noticia-sae-brasil/Post/4151/Estudantes-de-engenharia-constroem-30-carros-off-road-para-competi>>.

BRASIL, S. *Regulamento*. jun 2017. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil/regras>>.

CALDERÓN, A. G.; RUIZ, G. G.; BOHÓRQUEZ, A. C. G. Gprs telemetry system for high-efficiency electric competition vehicles. In: *2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27)*. 2013. p. 1–7.

CHANDIRAMANI, J. R.; BHANDARI, S.; HARIPRASAD, S. A. Vehicle data acquisition and telemetry. In: *2014 Fifth International Conference on Signal and Image Processing*. 2014. p. 187–191.

DIAS, J. E. A. Trabalho de conclusão de curso, *Eletrônica, Instrumentação e Telemetria do Veículo UFVBAJA*. Viçosa: UFV, dezembro de 2010. 50 p.

FRADEN, J. *Handbook of modern sensors: Physics, designs, and applications*. 2016. 1–758 p. ISSN 1098-6596. ISBN 9783319193038.

KATZOURAKIS, D. I. et al. Race-car instrumentation for driving behavior studies. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 61, n. 2, p. 462–474, Feb 2012. ISSN 0018-9456.

KILIAN, C. *Modern Control Technology: Components and Systems*. Delmar Thomson Learning, 2001. (Student Material TV Series). ISBN 9780766823587. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=h35SAAAAMAAJ>>.

MTE-THOMSON. *Catálogo Eletrônico - 73020*. nov 2017. Disponível em: <<https://cate.mte-thomson.com.br/produto/detalhes/73020>>.

NAUNHEIMER, H. et al. *Automotive transmissions: Fundamentals, selection, design and application*. 2011. ISSN 14337851. ISBN 9783642162138.

NUNES, T. F. Trabalho de conclusão de curso, *Telemetria de um veículo Baja SAE através de rede CAN*. Natal: UFRG, junho de 2016. 49 p.

PEREIRA, R. M. R. Trabalho de conclusão de curso, *Processos de Software para Implementações de Especificações Relacionadas ao Projeto Fórmula SAE/EESC/USP*. São Carlos: USP, novembro de 2012. 87 p.

RANI, B. S. et al. A survey to select microcontroller for sathyabama satellite's on board computer subsystem. In: *Recent Advances in Space Technology Services and Climate Change 2010 (RSTS CC-2010)*. 2010. p. 134–137.

TAHA, Z. et al. Application of data acquisition and telemetry system into a solar vehicle. In: *2010 Second International Conference on Computer Engineering and Applications*. 2010. v. 1, p. 96–100.